

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

Допущено до захисту

“__” _____ 2026р.

Зав. кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

В.В. Дідур

(підпис)

(ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)

перший (бакалаврський)

(назва освітнього ступеня)

тема проекту: «Проект відділення шиномонтажної станції технічного
обслуговування машино-тракторного парку з розробкою пристрою для
демонтажу та транспортування коліс»

Виконав: студент 3 курсу, групи 33-к-ім

освітньої програми бакалавр

спеціальності 208 «Агроінженерія»

Сокирко Юрій Юрійович

(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗРОБКА ШИН РЕМОНТНОГО КОМПЛЕКСУ	7
1.1. Технологічна схема ремонту пневматичних шин.....	7
1.2. Обґрунтування вибору виробничого оснащення.....	11
1.3. Просторове компонування проєктної зони	13
1.4. Висновки за розділом	15
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ПРОЄКТУВАННЯ ПІДЙОМНО- ТРАНСПОРТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ МОНТАЖУ ВАНТАЖНИХ КОЛІС.....	16
2.1. Дослідження аналогів підйомно-транспортних пристроїв для СТО	16
2.2. Опис конструкції та функціонування проєктованого пристрою	21
2.2.1. Будова та компонування універсального візка	22
2.2.2. Робочий цикл та особливості експлуатації конструкції	23
2.4. Розрахунок міцності та експлуатаційної надійності візка	25
2.4.1. Розрахунок основних параметрів гвинтового механізму	25
2.4.2. Перевірка міцності силових елементів візка.....	28
2.4.3. Перевірка міцності різьбових з'єднань пристрою.....	33
2.4.4. Визначення параметрів міцності шпонкового з'єднувального вузла	34
2.5. Висновки за розділом	35
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
3.1. Оцінка організації охорони праці.....	37
3.2. Встановлення вимог безпеки при шиномонтажних роботах.....	40
3.3. Заходи з мінімізації виробничих ризиків та покращення умов праці	42
3.4. Висновки за розділом	44
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	45
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

ВСТУП

Автомобільний транспорт в Україні займає важливе місце у функціонуванні національної економіки та забезпеченні мобільності населення. Його універсальність дає можливість ефективно об'єднувати різні галузі господарства в єдину транспортну систему держави. На сьогоднішній день саме автомобільним транспортом здійснюється понад 80% перевезень пасажирів, перевозиться близько 60% нафтових продуктів, здійснюється понад 65% усіх інвестицій у розвиток транспортної мережі [1].

Станом на сьогодні автомобільний парк України налічує понад 12 млн одиниць техніки, серед яких близько 10,5 млн становлять легкові автомобілі, понад 1,3 млн — вантажні транспортні засоби та близько 250 тис. — автобуси різних класів. Розвиток транспортної галузі супроводжується впровадженням новітніх технічних рішень, використанням альтернативних видів палива, удосконаленням електронних систем керування та підвищенням вимог до безпеки й економічності транспортних засобів. У зв'язку з цим особливого значення набуває питання підтримання техніки у працездатному стані. У процесі експлуатації автомобілі та тракторна техніка зазнають значних механічних навантажень, впливу вібрацій, корозії та природного зношування деталей. Це призводить до поступового погіршення технічного стану вузлів і агрегатів, зниження надійності машин та збільшення витрат на їх експлуатацію. Основним засобом підтримання працездатності транспортних засобів є система технічного обслуговування та ремонту, яка дозволяє своєчасно виявляти несправності, попереджати відмови та відновлювати ресурс деталей і механізмів.

Практика експлуатації транспортної техніки показує, що витрати на підтримання її працездатності протягом усього строку служби значно перевищують початкову вартість виготовлення. Саме тому особливо актуальними є питання підвищення ефективності ремонтного виробництва, впровадження сучасних технологій відновлення деталей, механізації

трудомістких процесів та створення спеціалізованих дільниць технічного сервісу. Сучасні транспортні засоби характеризуються складною конструкцією, поєднанням механічних, гідравлічних та електронних систем, що потребує застосування високотехнологічного обладнання та кваліфікованого персоналу під час виконання ремонтних робіт. Одним із найбільш трудомістких напрямів технічного сервісу є обслуговування та ремонт коліс, шин і демонтаж великогабаритних вузлів, що безпосередньо впливає на безпеку руху та ефективність експлуатації техніки.

Основними напрямками розвитку системи технічного сервісу на сучасному етапі є підвищення надійності відновлених деталей, комплексна механізація виробничих процесів, застосування сучасного діагностичного обладнання, удосконалення організації ремонтних робіт та зниження витрат на обслуговування техніки за рахунок раціонального використання ресурсів.

У даному дипломному проєкті розглядається питання підвищення ефективності роботи шляхом проєктування спеціалізованої дільниці ремонту, дефектації та відновлення шин, а також розробки універсального візка демонтажу та транспортування коліс. Реалізація запропонованих рішень дозволить знизити трудомісткість ремонтних робіт, підвищити рівень безпеки праці, скоротити простої техніки та забезпечити більш ефективне використання машинно-тракторного парку підприємства.

РОЗДІЛ 1

ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗРОБКА ШИНОРЕМОНТНОГО КОМПЛЕКСУ

1.1. Технологічна схема ремонту пневматичних шин

Пневматичні шини вантажних автомобілів є складними високотехнологічними елементами колісного ходу, які класифікуються за кількома базовими конструктивними та експлуатаційними ознаками (рис. 1.1).

Залежно від внутрішньої структури, автомобільні покришки поділяються на радіальні та діагональні. Радіальні шини вирізняються тим, що їхні нитки корду розміщені перпендикулярно до осі обертання колеса, що сприяє тривалому терміну служби та покращеним адгезійним властивостям. Натомість, у діагональних покришках нитки корду розташовуються перехресно, що хоч і збільшує міцність боковин, проте дещо знижує їхню еластичність. Виходячи з візерунка протектора, гуму розподіляють на шосейну, універсальну та для бездоріжжя. Шосейні варіанти є оптимальними для руху по твердих дорожніх покриттях, універсальні підходять для різноманітних умов використання, а позашляхові ефективні на важких ділянках та бездоріжжі.

Залежно від пори року, розрізняють літні, зимові та всесезонні покришки. Літні шини демонструють найкращі характеристики в теплу пору року, зимові ж зберігають свою гнучкість і зчеплення за низьких температур, тоді як всесезонні намагаються поєднати в собі ключові риси обох типів. Згідно з функціональним призначенням, гуму класифікують на ту, що встановлюється на керовану вісь, на ведучу вісь та на причіпну техніку. Кожен із цих різновидів має свої особливі вимоги до рівня зчеплення, граничного навантаження та показників опору коченню. Серед основних технічних характеристик покришок виділяють їхні габаритні параметри, індекс максимально допустимого навантаження, індекс швидкості та рекомендований внутрішній тиск.

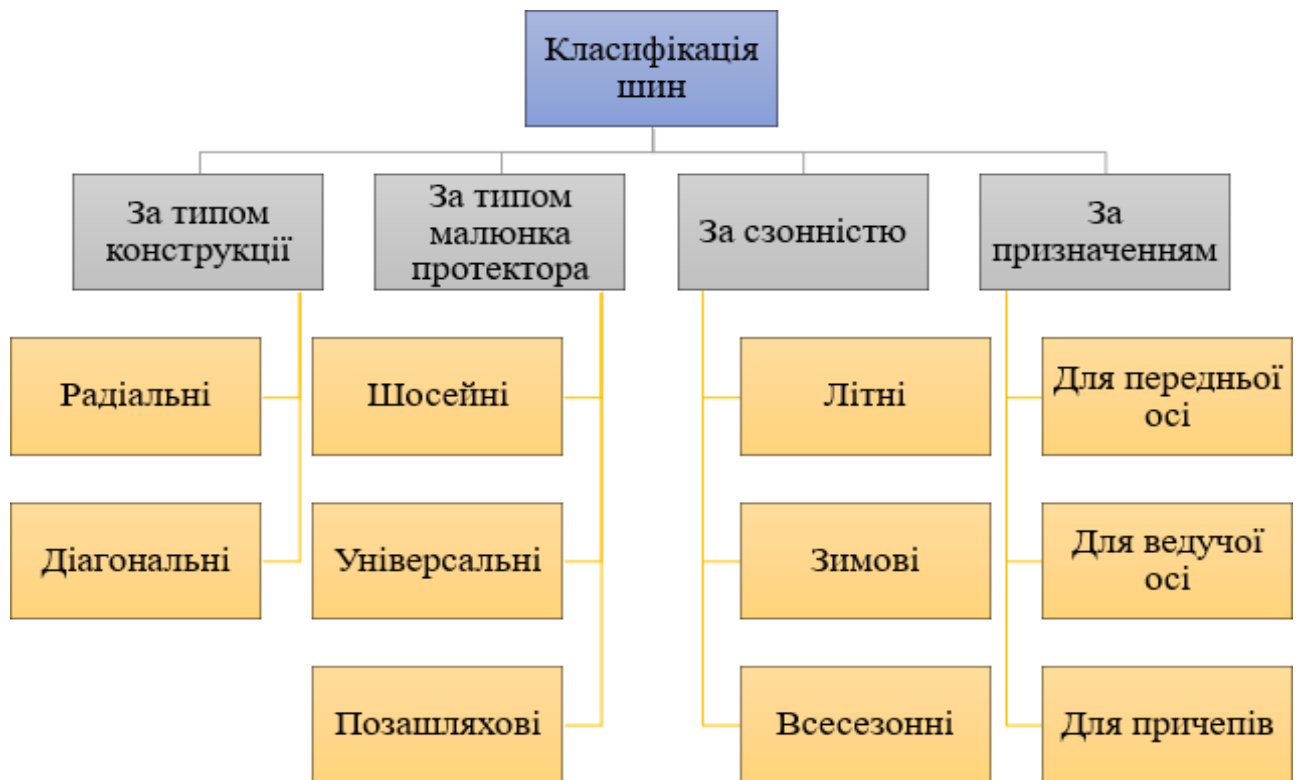


Рис. 1.1. Систематизація пневматичних шин

Специфіка конфігурації протектора суттєво різниться залежно від фірми-виробника. Для наочності в таблиці 1.1 наведено типові профілі провідного світового виробника Bridgestone. До ключових технічних параметрів, що визначають експлуатаційний ресурс шини, належать її геометричні розміри (посадковий діаметр, ширина та висота профілю), індекси граничної вантажопідйомності та швидкості, а також номінальний внутрішній тиск.

Технологічний процес відновлення колісних вузлів на проєктованій ділянці базується на чітко визначеній послідовності взаємопов'язаних операцій, що забезпечує якість та безпеку виконання ремонтних робіт. Спочатку здійснюється приймання колісного вузла та його попереднє очищення, під час якого проводиться візуальний огляд і видалення забруднень та сторонніх включень, що можуть ускладнювати подальшу діагностику.

Диференціація профілів вантажних шин за осями

Причіпна вісь	Рульова осі	Універсальне застосування	Тягова вісь
 R164	 R227	 M723	 M729
 R164 II	 R295	 M840	 L355
 R184	 R294	 R187	 M711

Далі виконується технічна діагностика, яка передбачає виявлення пошкоджень протектора, каркаса та можливих проколів чи порізів. Контроль герметичності здійснюється шляхом перевірки під тиском із зануренням у водну ванну або використанням мильного розчину. Після цього проводяться демонтажно-підготовчі операції, що включають розбирання колеса на шиномонтажному обладнанні, видалення пошкоджених ділянок гуми та шорсткування поверхні в зоні ремонту для забезпечення належної адгезії матеріалів. Наступним етапом є ремонт та вулканізація, під час яких

підбираються відповідні ремонтні матеріали (латки, армовані пластири), наноситься спеціальний клей-активатор і виконується холодний або гарячий ремонт. За необхідності застосовується локальна термічна обробка на вулканізаційному обладнанні. Після завершення ремонтних операцій здійснюється технічний контроль і складання: перевіряється герметичність відремонтованої ділянки, виконується монтаж шини на диск, накачування до нормативного тиску та обов'язкове динамічне балансування колеса. Завершальним етапом є документальне оформлення виконаних робіт, що передбачає їх реєстрацію в обліковій документації та видачу готового виробу замовнику.

Узагальнено технологічний процес обслуговування колісних систем на станціях технічного обслуговування (СТО) наведена у формі структурно-блокової схеми (рис. 1.2). Слід відзначити, що технологічна схема ремонту пневматичних шин на проєктованій дільниці сформована як чітко структурований та взаємопов'язаний комплекс операцій, який охоплює весь цикл від первинного приймання до видачі готового виробу. Початкові етапи, що включають приймання колісного вузла, очищення та технічну діагностику, забезпечують виявлення дефектів і визначення подальшої придатності шини до ремонту. Це дозволяє своєчасно відокремити придатні для відновлення елементи від тих, що підлягають списанню.

Подальші демонтажно-підготовчі операції створюють необхідні умови для якісного виконання ремонтних робіт, зокрема забезпечують доступ до пошкоджених ділянок та формують оптимальну поверхню для нанесення ремонтних матеріалів. Етапи безпосереднього ремонту, включаючи застосування латок, армованих пластирів та вулканізаційних процесів, спрямовані на відновлення герметичності та міцності конструкції шини відповідно до експлуатаційних вимог. Завершальні операції технологічного процесу, такі як контроль якості, складання, накачування та динамічне балансування, забезпечують стабільність роботи колеса в умовах навантаження та високих швидкостей. Особливу увагу приділено фінальному етапу

документального оформлення, що дозволяє здійснювати облік виконаних робіт і підвищує організованість виробничого процесу.

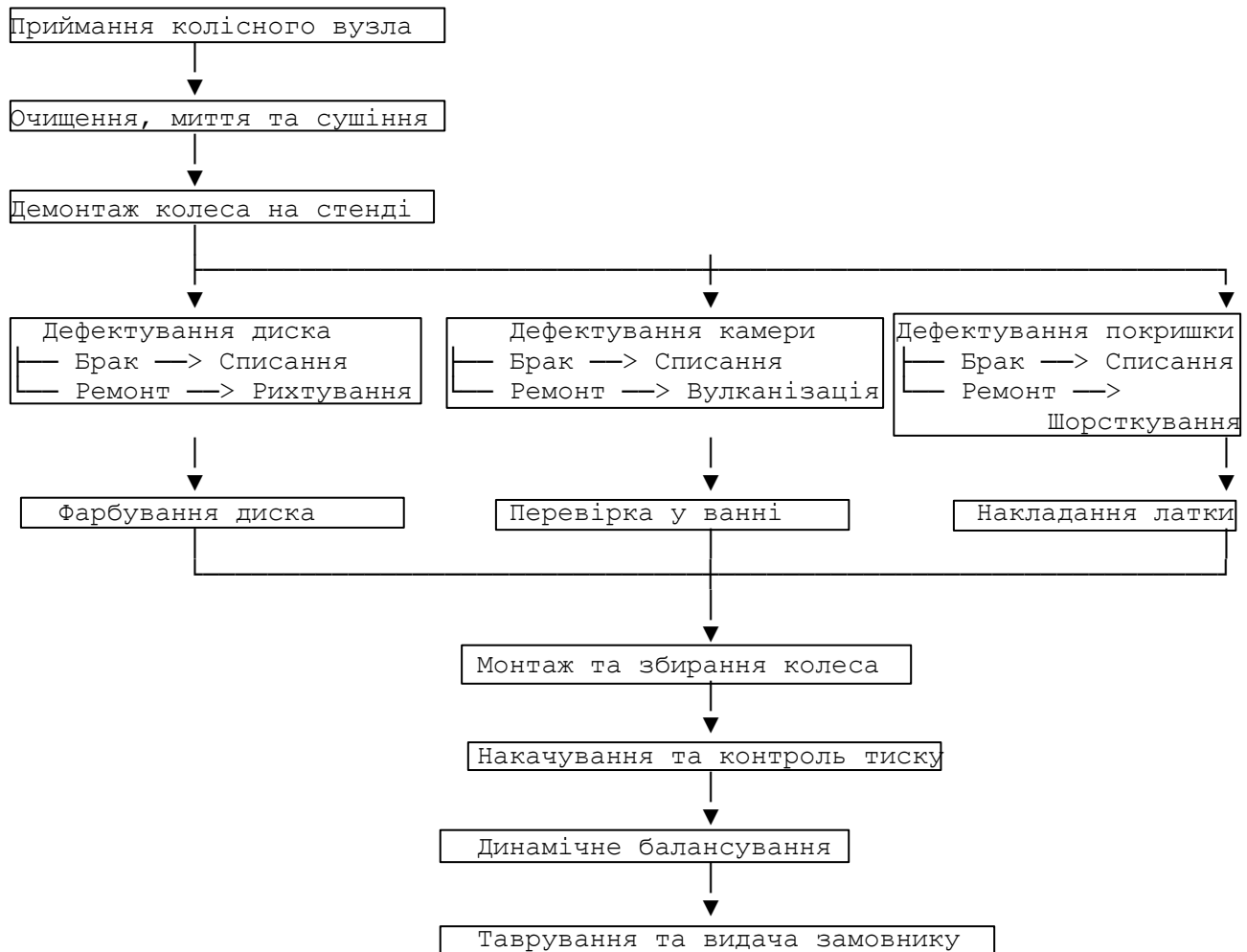


Рис. 1.2. Блок-схема технологічного процесу обслуговування та ремонту коліс

Таким чином, запропонована технологічна схема забезпечує комплексний підхід до відновлення шин, підвищує ефективність роботи шиномонтажної дільниці та сприяє покращенню експлуатаційної надійності колісних вузлів у цілому.

1.2. Обґрунтування вибору виробничого оснащення

Рациональна організація виробничого процесу на шиномонтажній дільниці безпосередньо залежить від правильного добору технологічного обладнання та допоміжного оснащення. Саме технічна оснащеність визначає

рівень продуктивності, якість виконання ремонтних операцій, безпеку праці персоналу та загальну ефективність функціонування проєктованої зони.

Формування комплексу обладнання здійснюється на основі нормативно-технічної документації для автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування, з урахуванням характеру виконуваних робіт, інтенсивності навантаження та умов експлуатації виробничих площ. Особливу увагу приділено специфіці шиномонтажних і шиноремонтних операцій, які потребують точності, безпечності та використання спеціалізованих технічних засобів.

У структурному плані все обладнання доцільно поділяти на дві взаємопов'язані групи. До першої належить основне технологічне устаткування, яке забезпечує виконання базових виробничих операцій: монтажно-демонтажні стенди, балансувальні машини, вулканізаційні пристрої, компресорне обладнання та діагностичні установки. До другої групи відносять допоміжні засоби організації робочих місць, зокрема інструментальні візки, верстаки, стелажі, пневмоінструмент та інше оснащення, що забезпечує зручність, ергономіку та безперервність виробничого процесу.

Кількість одиниць основного обладнання визначається розрахунковим шляхом на основі річного обсягу виконуваних робіт та режиму роботи дільниці. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальне завантаження техніки та уникнути як дефіциту, так і надлишку виробничих потужностей. Це, у свою чергу, сприяє раціональному використанню інвестиційних ресурсів та підвищенню економічної ефективності проєкту:

$$N_o = T_o / (D_{r.z} \cdot t_{3m} \cdot c \cdot \eta \cdot P) \quad (1.1)$$

Де t_{3m} — номінальна тривалість однієї робочої зміни, виміряна в годинах;

T_o — сукупний річний обсяг певного виду робіт, виміряний у людино-годинах.;

$D_{r.z}$ — кількість робочих днів зони технічного обслуговування та поточного ремонту протягом року;

η — коефіцієнт ефективності використання устаткування, який визначається як співвідношення фактичного часу функціонування обладнання до загальної тривалості робочої зміни. Для подальших розрахунків приймається значення 0,75;

c — кількість робочих змін, що функціонують у зазначеній зоні;

P — технологічно обґрунтована кількість робітників, які одночасно задіяні та виконують операції на даній одиниці обладнання, чел.

Застосування цієї методики дозволяє уникнути штучного перевищення капітальних витрат на закупівлю зайвих верстатів, забезпечує їх оптимальне завантаження протягом робочого дня та створює умови для безперебійного виконання всього спектра послуг автосервісу.

1.3. Просторове компонування проєктної зони

Для забезпечення раціонального розташування технологічного обладнання, безпечного переміщення персоналу та дотримання санітарно-гігієнічних норм необхідно розрахувати площу проєктованої шиномонтажної ділянки. Розрахунок технологічної площі об'єкта проєктування здійснюється за методом питомих коефіцієнтів щільності розставлення устаткування:

$$F = (F_{OB} \cdot N) \cdot K_{ПЛ}, \quad (1.2)$$

Де $K_{ПЛ}$ — коефіцієнт щільності розташування обладнання в проєктній площині, значення якого становить 4;

F_{OB} — сукупна площа основного технологічного обладнання в плані, що дорівнює 17,72 м²;

N — кількісний показник місць для розміщення транспортних засобів.

Підставивши чисельні значення у формулу (1.2), отримаємо теоретичну площу ділянки:

$$F = (17,72 \cdot 1) \cdot 4 = 70,88 \text{ м}^2.$$

Згідно з інженерними вимогами щодо проєктування автосервісних підприємств, розраховане теоретичне значення площі необхідно адаптувати та

прив'язати до архітектурно-планувальних особливостей існуючої капітальної споруди центральної ремонтної майстерні. Будівля має фіксований крок будівельних конструкцій (колон і стін), де внутрішня довжина обраного прольоту становить 12 м.

З метою мінімізації капітальних витрат на перепланування та капітальне будівництво, для організації ділянки виділяється стандартний прямокутний блок розмірами 12х6 м. Таким чином, фактична площа проєктованого підрозділу становитиме:

$$F_{\text{ф}} = 12 \cdot 6 = 72,00 \text{ м}^2.$$

Збільшення площі відносно теоретично визначеного значення становить менше 2 %, що знаходиться в межах допустимого інженерного відхилення ($\pm 10\%$) і відповідає нормативним вимогам проєктування виробничих приміщень. Відповідно до вимог будівельних норм (ДБН) та рекомендацій щодо організації виробничих будівель, конструктивні параметри елементів споруди приймаються з урахуванням кліматичних умов регіону розташування підприємства. Зокрема, товщина зовнішніх цегляних стін становить 510 мм (два цегляні ряди), а внутрішніх перегородок — 380 мм (півтори цегли).

Розміри дверних прорізів визначаються необхідністю безперешкодного переміщення великогабаритного технологічного обладнання, зокрема шиномонтажних та балансувальних стендів, а також коліс вантажних автомобілів. У проєкті передбачено встановлення двостулкових технологічних дверей розмірами 1400×2200 мм. Для забезпечення нормативного рівня природного освітлення (КПО) запроєктовано віконні блоки розмірами 2153×2450 мм. Висота виробничого приміщення приймається рівною 4,8 м, що обумовлено необхідністю безпечної експлуатації підйомно-транспортного обладнання, зокрема пересувних кранів. Такий параметр забезпечує достатній робочий простір для переміщення вантажів над рівнем освітлювальних приладів та гарантує безпечні умови виконання робіт із важкими колісними вузлами.

Внутрішнє планування ділянки виконується з урахуванням технологічної послідовності операцій — від миття та дефектування до монтажу й балансування коліс. Це дозволяє організувати раціональні вантажопотоки без перетинів та зворотних переміщень деталей. Робочі місця для слюсарних і шліфувальних операцій розміщуються поблизу віконних прорізів, що забезпечує максимальне використання природного освітлення та підвищує ергономічність виробничого середовища.

1.4. Висновки за розділом

У другому розділі кваліфікаційної роботи виконано комплексний технологічний розрахунок та обґрунтовано основні проєктні рішення щодо модернізації виробничо-технічної бази з метою розширення номенклатури послуг автосервісу. За результатами проведених досліджень сформульовано такі узагальнені висновки.

Здійснено підбір технологічного обладнання та виробничого оснащення. Відповідно до прийнятих технологічних рішень і виконаних розрахунків сформовано номенклатуру сучасного ремонтно-діагностичного устаткування, вимірювальних засобів та допоміжного інструменту для агрегатних, моторних і шиноремонтних підрозділів. На основі цього складено зведену відомість технологічного оснащення. Виконано просторове планування виробничої ділянки. За методом питомих коефіцієнтів визначено розрахункову площу об'єкта проєктування на рівні 70,88 м². З урахуванням параметрів існуючої будівлі виконано прив'язку планувальних рішень до габаритів приміщення 12×6 м із фактичною площею 72,0 м². Компонування обладнання здійснено з дотриманням вимог будівельних норм, ергономіки робочих місць, нормативів природного освітлення та правил охорони праці.

РОЗДІЛ 2

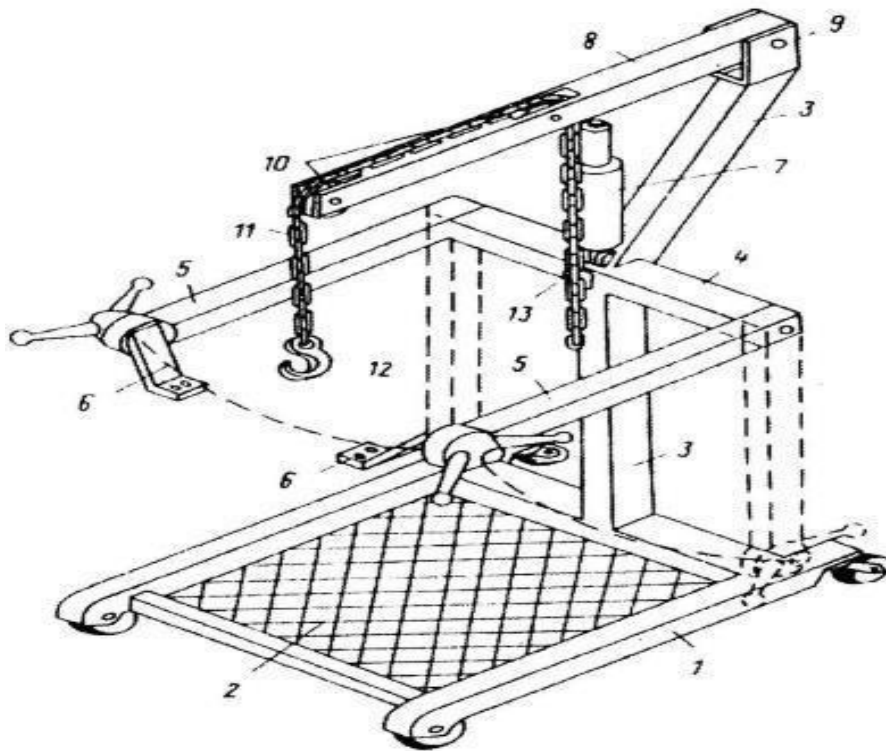
КОНСТРУКТОРСЬКЕ ПРОЄКТУВАННЯ ПІДЙОМНО- ТРАНСПОРТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ МОНТАЖУ ВАНТАЖНИХ КОЛІС

2.1. Дослідження аналогів підйомно-транспортних пристроїв для СТО

Важливим критерієм під час організації та виконання робіт із технічного обслуговування і поточного ремонту автомобільного транспорту на станціях технічного обслуговування є забезпечення високої якості технологічних операцій. З метою підвищення продуктивності розбірно-складальних процесів, зниження фізичної трудомісткості та покращення умов праці під час маніпулювання великогабаритними вузлами й агрегатами розроблено різноманітні конструкції мобільних підйомно-транспортних пристроїв і спеціалізованих візків. Проведення аналізу існуючих технічних рішень дає можливість визначити їхні конструктивні переваги та недоліки для подальшого проєктування удосконаленого пристрою.

Перший розглянутий аналог [10] являє собою мобільний пристрій, призначений для демонтажу, транспортування та встановлення великогабаритних агрегатів транспортних засобів у зоні ремонту. Конструкція містить пересувну опорну платформу на колісних опорах, на якій жорстко закріплена вертикальна стійка. До стійки шарнірно приєднана підйомна стріла, переміщення якої здійснюється за допомогою силового гідроциліндра. На стрілі встановлено несучий елемент для фіксації та утримання вантажу. Особливістю конструкції є використання Т-подібної стійки, у середній частині якої передбачено змінні робочі елементи. Дані елементи одним кінцем шарнірно закріплені на поперечині стійки, а на їхніх вільних кінцях встановлені спеціальні захвати для утримання агрегатів. На стрілі за допомогою напрямних роликів змонтовано тяговий ланцюг, що фіксується відносно стійки. На кінці

Пристрій призначений для використання в умовах ремонтних майстерень і станцій технічного обслуговування, які мають обмежені виробничі площі та не оснащені стаціонарними вантажопідіймальними механізмами мостового або козлового типу. Загальне компонування конструкції наведено на рисунку 2.1. Конструкція пристрою інтегрує П-подібний опорний елемент (1), що має монолітну нижню основу (2) для досягнення необхідної структурної жорсткості та стійкості.



До її складу також входить Т-подібна вертикальна колона (3), горизонтальний ригель (4) якої динамічно сполучений зі змінними модулями (5). Зазначені змінні модулі (5) оснащені фіксаторами (6), призначеними для надійного закріплення демонтованих агрегатів. Інтегрована телескопічна опора (7), що з'єднана з ригелем (4) та робочим маніпулятором (8), забезпечує

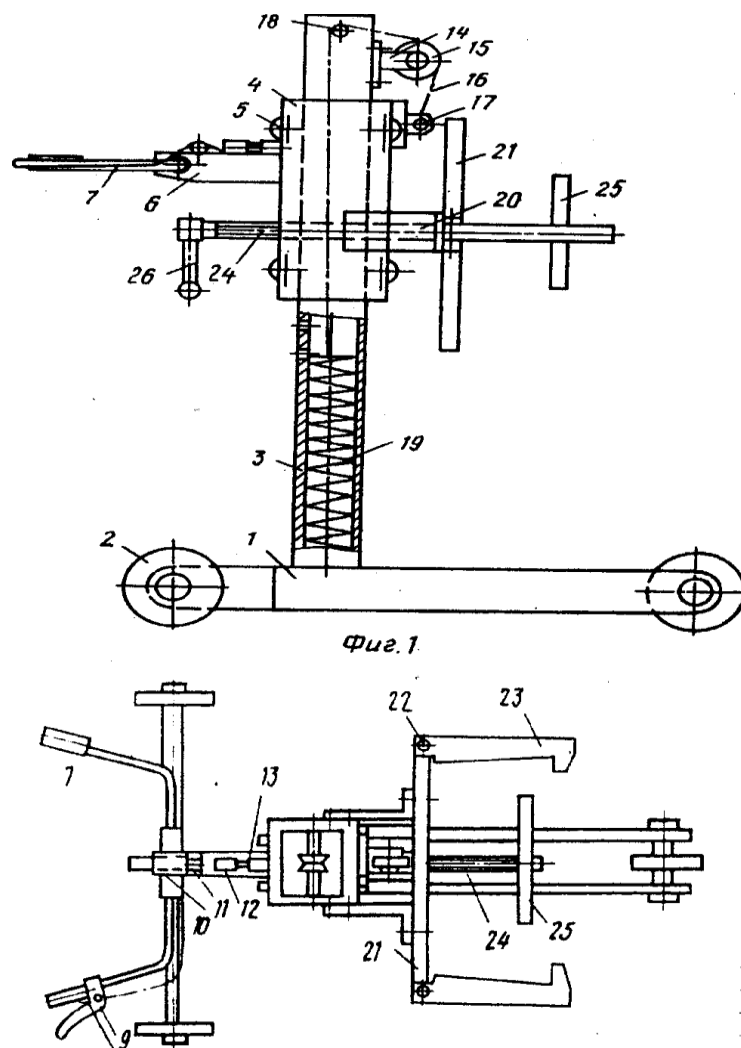
можливість регулювання висоти підйому. Маніпулятор (8) здійснює ротаційний рух навколо осі (9), дислокованої у верхньому сегменті колони (3). На маніпуляторі фіксується ланцюговий елемент (11) з інтегрованим вантажозахоплювальним гаком (12), траєкторія руху якого визначається напрямними роликками (10). З метою стабілізації ланцюгового механізму у заданому положенні, на колоні передбачено механічний фіксуючий пристрій (13). Загалом, комбінація телескопічної опори, маніпулятора та ланцюгової підвіски створює функціональний підйомний механізм пристрою.

Принцип дії даного механізму полягає в тому, що після демонтажу фіксуючих елементів цільового вузла від несучої конструкції транспортного засобу, компонент вилучається з відповідного силового або трансмісійного відсіку шляхом використання підйомального пристрою. З метою реалізації допоміжних технологічних процесів, таких як дренаж відпрацьованих рідин, очищення або діагностика дефектів, компонент може бути розміщений на нижній платформі (2) опорної конструкції або ж іммобілізований у підвищеному положенні із застосуванням фіксуючих елементів (6), розміщених на кронштейнах (5). Монтаж відремонтованого вузла на транспортний засіб виконується в реверсному технологічному порядку. Ключовими недоліками даної конструктивної розробки є великі геометричні параметри, що ускладнюють його транспортування в обмежених виробничих зонах, обмежена маневреність ходової частини з колесами в умовах навантаження, а також зростання трудовитрат, пов'язаних з ручним налаштуванням та конфігурацією змінних функціональних компонентів.

Другим розглянутим аналогом є спеціалізований пересувний пристрій для виконання монтажно-демонтажних операцій [11], конструктивна схема якого наведена на рисунку 2.2. Основу установки становить мобільний візок на колісних опорах, на якому закріплено вертикальну порожнисту стійку з рухомою кареткою, що переміщується за допомогою роликкових напрямних.

У кронштейні стійки шарнірно встановлена рукоятка керування (7) із робочим важелем (8). Через сталевий гнучкий трос (10) важіль кінематично

з'єднаний із фіксувальним механізмом (12), розташованим у напрямній втулці (13), жорстко приєднаний до каретки. У верхній частині стійки передбачено напрямний ролик для троса, один кінець якого закріплений на кронштейні стійки, а інший з'єднаний із кареткою та поворотною пружиною, розміщеною всередині порожнистої стійки. На каретці через спеціальний кронштейн змонтована опорна плита (21), обладнана Г-подібними захватами (23), що встановлені на шарнірних осях (22). Крім того, плита оснащена силовим гвинтом (24), на одному кінці якого закріплено упорний диск (25), а на іншому розташовано ручний привод із реверсивним храповим механізмом.



**Рис. 2.2. Апаратний комплекс для монтажу трансмісійної системи
(патент № 1678669)**

Під час виконання технологічних операцій візок підводять до необхідного вузла, наприклад до заднього моста автомобіля. Натисканням на важіль (8) каретку встановлюють на необхідну висоту для забезпечення

співвісності силового гвинта (24) з віссю агрегату, після чого її положення фіксується стопорним механізмом (12). Подальшим обертанням гвинта досягається щільне притискання упорного диска (25) до торцевої частини вузла, а Г-подібні захвати (23) забезпечують надійну фіксацію агрегату. Реверсивне обертання гвинтового механізму дозволяє плавно виконувати демонтаж і зняття вузла. До основних недоліків даної конструкції належать недостатня маневреність під час переміщення по нерівній поверхні підлоги, підвищене зношування опорних коліс унаслідок нерівномірного розподілу консольного навантаження, необхідність прикладання значних фізичних зусиль оператором під час транспортування пристрою, а також висока складність і собівартість виготовлення гвинтового та храпового механізмів.

Третім розглянутим аналогом [12] є спеціалізований мобільний пристрій, призначений для демонтажу, транспортування та встановлення коліс великої вантажопідйомності. Конструкція містить низькопрофільну опорну платформу на колісних опорах, вертикальну напрямну раму, а також горизонтальну балку, що встановлена на рамі з можливістю вертикального переміщення. Крім цього, до складу пристрою входять механізм захоплення та утримання колеса і силовий привод.

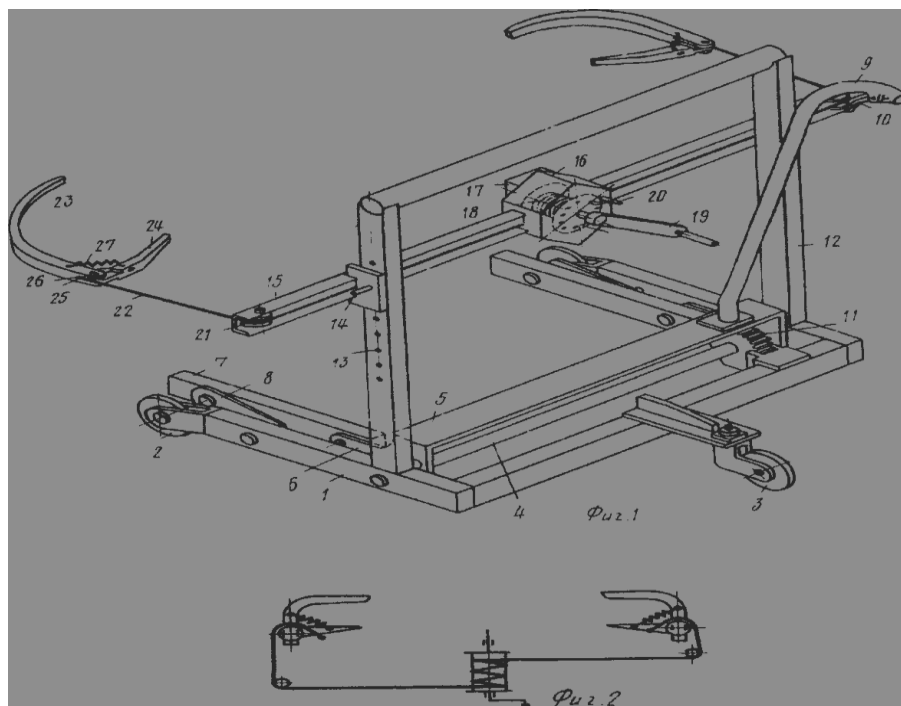


Рис. 2.3. Мобільний візок для демонтажу та заміна коліс (АС № 897593)

Механізм фіксації колеса виконаний у вигляді затискної скоби кліщового типу, яка шарнірно з'єднана з притискним важелем і додатково стягнута пружиною розтягнення. Приводний механізм реалізований у вигляді ручної лебідки зі сталевим канатом, кінці якого пропущені через обвідні ролики, розташовані на протилежних сторонах горизонтальної балки, та через затискні елементи з'єднані з робочими важелями механізму захоплення. Основними недоліками даної конструкції є надмірна складність канатно-блочного механізму, обмежена сфера застосування через можливість роботи лише з транспортними засобами, що мають відкриті колісні ніші без захисних елементів, а також значна трудомісткість технічного обслуговування та регулювання натягу сталевих канатів. Крім того, конструкція характеризується високою вартістю приводних елементів і складністю виготовлення.

Проведений аналіз існуючих технічних рішень свідчить про те, що більшість аналогів мають або складну й дорогоцінну конструкцію, або вузьку функціональну спеціалізацію. У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення універсального, компактного та конструктивно простого підйомно-транспортного пристрою для умов шиномонтажної та шиноремонтної дільниці СТО, який поєднуватиме функції мобільного колесознімача та допоміжного підйомника для агрегатів середньої маси.

2.2. Опис конструкції та функціонування проєктованого пристрою

Запропонована конструкторська розробка належить до категорії засобів малої механізації та гаражного ремонтно-технологічного устаткування, а саме — до мобільних підйомно-транспортних пристроїв з автономним приводом. Візок призначений для зняття, встановлення та транспортування важких коліс вантажних автомобілів, а також для виведення з ремонтних зон і підтримання середніх за масою агрегатів трансмісії (коробок передач, редукторів, елементів

карданних валів) під час їхнього технічного обслуговування чи поточного ремонту.

Впровадження цього пристрою на проєктованій шиноремонтній ділянці СТО дозволяє повністю виключити важку ручну працю, мінімізувати ризик травматизму персоналу та забезпечити високу точність позиціонування вузлів під час складальних операцій.

2.2.1. Будова та компонування універсального візка

На основі проведеного патентно-технічного аналізу існуючих конструкцій та з урахуванням умов експлуатації шиноремонтної ділянці вантажного автотранспорту розроблено конструктивну схему універсального мобільного підйомно-транспортного візка механічного типу. Запропонований пристрій характеризується підвищеною жорсткістю просторової рами, що забезпечує надійну роботу при значних консольних навантаженнях, які виникають під час підйому, утримання та переміщення масивних колісних вузлів і окремих елементів трансмісії.

Основою конструкції є Г-подібна опорна рама, виконана зі сталевих профілів прямокутного перерізу методом зварювання. Така геометрія забезпечує раціональний розподіл навантажень, підвищену стійкість до перекидання та можливість підведення пристрою у зони з обмеженим доступом, зокрема під кузов або в колісні ніші вантажного автомобіля. Нижня частина рами оснащена колісними опорами у вигляді повноповоротних роликів із поліуретановим покриттям, що знижує опір коченню та забезпечує високу маневреність у межах виробничої ділянки. Завдяки цьому пристрій легко переміщується та точно позиціонується відносно маточини колеса або ремонтного вузла. Вертикальний силовий вузол представлений ходовим гвинтом, який встановлений у підшипникових опорах і виконує функцію основного приводу підйому. Підшипникові опори сприймають радіальні та

осьові навантаження, забезпечуючи стабільне та плавне обертання гвинта з мінімальними втратами на тертя. Взаємодія гвинта з ходовою гайкою перетворює обертальний рух у поступальне вертикальне переміщення каретки. Каретка виконана у вигляді зварної просторової конструкції, яка є несучою основою для встановлення захватних елементів (ложементів або роликів упорів). Вона кінематично з'єднана з гвинтовою парою через ходову гайку, що забезпечує точне регулювання положення вантажу по висоті. Для підвищення плавності переміщення та зменшення зношування елементів у конструкції застосовано роликові напрямні, які забезпечують стабільний рух каретки вздовж вертикальної стійки без перекосів та заклинювань навіть при умові нерівномірного навантаження.

Загалом запропонована конструкція поєднує в собі простоту механічного приводу, високу надійність, технологічність виготовлення та універсальність застосування, що робить її доцільною для використання в умовах сучасних ремонтних і шиномонтажних дільниць.

2.2.2. Робочий цикл та особливості експлуатації конструкції

Робота проектного підйомно-транспортного пристрою ґрунтується на реалізації двох взаємопов'язаних напрямів переміщення вантажу, що забезпечує точне позиціонування колісних вузлів та значне зниження фізичного навантаження на оператора.

Горизонтальне переміщення здійснюється завдяки використанню повноповоротних колісних опор (роликів), які забезпечують високу маневреність візка в межах ремонтної зони. Це дає змогу швидко підводити пристрій під маточину колеса або інший агрегат, що демонтується, а також точно виставляти його положення під час зворотного монтажу. Вертикальне переміщення реалізується за рахунок обертання приводного маховика, який передає зусилля на ходовий гвинт. У результаті каретка плавно переміщується

вздовж вертикальних напрямних роликового типу. Такий механізм забезпечує високоточне регулювання висоти положення вантажу з мінімальним кроком, що особливо важливо при суміщенні монтажних отворів колісного диска зі шпильками маточини або при встановленні трансмісійних вузлів. Конструкція універсального візка розрахована на роботу з широкою номенклатурою вузлів вантажних автомобілів, що визначає його універсальність та практичну доцільність застосування в умовах СТО.

Ступінчасте регулювання ширини захвату дозволяє оперативно змінювати положення робочих лап у фіксованих позиціях із міжосьовою відстанню 800, 950 або 1100 мм. Це забезпечує адаптацію пристрою до різних типорозмірів коліс, а також до габаритів агрегатів трансмісії. Робочий діапазон підйому розрахований на обслуговування коліс із зовнішнім діаметром від 900 до 1300 мм. Максимальна висота підйому каретки становить 700 мм, що є достатнім для виведення колісних вузлів із підкрильних зон вантажних автомобілів і автобусів. Номінальна вантажопідйомність пристрою становить 500 кг, що дозволяє безпечно працювати як зі здвоєними колесами, так і з масивними агрегатами трансмісії, включаючи редуктори та коробки передач у зборі. Додатковою функціональною особливістю є можливість встановлення знімної платформи на робочі захвати. Це дозволяє використовувати пристрій як мобільний технологічний столик для транспортування дрібних деталей, інструменту та складальних елементів в межах ділянки.

Робочий цикл пристрою включає кілька послідовних етапів. На підготовчій стадії візок підкочують до автомобіля, встановлюють необхідну ширину захватів і фіксують їх у заданому положенні. Далі послаблюються кріпильні елементи колеса на маточині.

На етапі підйому візок заводиться під колесо, після чого обертанням маховика приводиться в дію гвинтовий механізм. Каретка піднімається та підхоплює колесо, забезпечуючи його повне розвантаження від маси автомобіля. Конструктивне виконання гвинтової пари з профілем Tr 24×5 забезпечує ефект самогальмування, що виключає самовільне опускання

вантажу та підвищує загальний рівень безпеки під час експлуатації. Після демонтажу колесо разом із візком транспортується до місця подальшого обслуговування. Встановлення виконується у зворотній послідовності.

Загалом розроблена конструкція відзначається простотою, універсальністю, технологічністю виготовлення та підвищеною надійністю. Її впровадження дозволяє скоротити час виконання монтажно-демонтажних операцій, підвищити продуктивність праці та покращити умови роботи на шиноремонтній ділянці СТО.

2.4. Розрахунок міцності та експлуатаційної надійності візка

2.4.1. Розрахунок основних параметрів гвинтового механізму

Гвинтова передача типу «гвинт–гайка» є ключовим силовим елементом підйомного механізму розроблюваного візка. Вона забезпечує перетворення обертального руху маховика у поступальне вертикальне переміщення каретки з робочим навантаженням. У процесі проєктування дана пара підлягає перевірці на міцність, зносостійкість та стійкість до поздовжнього згину.

Вихідні дані для розрахунку приймаються такими: осьове навантаження становить $F_a = 5000$ Н, довжина гвинта (робочий хід) $l = 900$ мм. Матеріалом гвинта обрано конструкційну сталь 45 (ГОСТ 1050-88), а ходової гайки — антифрикційну бронзу БрАЖ9-4 (ГОСТ 1628-88). Межа текучості сталі дорівнює 360 МПа, допустиме напруження 140 МПа. Для важкого режиму роботи приймається коефіцієнт запасу $n = 1,8$, а допустимий питомий тиск у різьбі 12 МПа.

Середній діаметр гвинта визначається з умови зносостійкості:

$$d_2 = \sqrt{\frac{F_a}{\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot [\sigma_{CM}]}} \quad (2.1)$$

Де $[\sigma_{CM}]$ - допустимі контактні напруження;

ψ_H - коефіцієнт, що характеризує висоту гайки;

ψ_h - коефіцієнт, що відображає висоту різьби.

На підставі аналізу літературних джерел [14] було прийнято наступні значення: $\Psi_H = 2$, $\Psi_h = 0,5$, а граничне значення допустимих контактних напружень становить 12МПа.

$$d_2 = \sqrt{\frac{5000}{3,14 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 12}} = 31,5 \text{ мм}$$

Застосовується трапецевидна різьба [8] з основними параметрами 44x8, що характеризується наступними розмірами: $d = 44$ мм; $p = 8$ мм; $d_2 = 40$ мм; $d_1 = 36$ мм; $h = 4$ мм. Визначення кроку нарізі обумовлюється критерієм самоблокування: $\psi < \varphi$ [14]. Кут тертя обчислюється відповідно до формули [14].

$$\varphi = \arctg f, \quad (2.2)$$

Де f - позначає коефіцієнт тертя. Приймаючи значення коефіцієнта тертя $f = 0,10$ для змащеного гвинта, знаходимо:

$$\varphi = \arctg 0,1 = 5^\circ 50'.$$

Визначення кута підйому різьблення здійснюється відповідно до формули [14]:

$$\psi = \arctg(p / \pi \cdot d_2) \approx 4^\circ \quad (2.3)$$

Оскільки $\varphi = 5^\circ 50'$, $\psi = 4^\circ$, умова самогальмування надійно виконується. Додаткові стопорні пристрої в приводі не потрібні.

Необхідна кількість робочих витків гайки, що одночасно сприймають навантаження, визначається за формулою:

$$z = Fa / \pi \cdot d_2 \cdot h \cdot [p_{\text{дон}}] \approx 0,83 \quad (2.4)$$

Згідно з нормами проєктування деталей машин, мінімальна кількість витків у силових гайках має бути не меншою за $z_{\min} = 3..4$. Приймаємо для розрахунку $z = 3$.

Теоретична висота ходової гайки:

$$H = z \cdot p = 3 \cdot 8 = 24 \text{ мм}. \quad (3.5)$$

Розрахункове мінімальне значення висоти гайки становить 24 мм.

Однак, зважаючи на конструктивні особливості механізму, була прийнята висота гайки, що дорівнює 60 мм.

Оцінка міцності елементів різьбового з'єднання (гвинта та гайки) стосовно інших видів навантажень, таких як розтягування-стискання, кручення, зріз та пом'яття, здійснюється згідно з загальноприйнятими методиками інженерних розрахунків деталей машин.

$$\sigma = (4 \cdot Fa) / (\pi \cdot d^2) \leq \gamma \cdot [\sigma] \quad (2.6)$$

γ - означає редукційний коефіцієнт для допустимих напружень, який застосовується при розрахунку стиснутих елементів і залежить від їхнього параметра гнучкості

Оскільки гвинт працює на стиск із крученням і має велику довжину, перевіряємо його на стійкість за критерієм гнучкості стержня.

Гнучкість стержня визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} = \frac{4 \cdot l}{d_1} \quad (2.7)$$

Де μ — коефіцієнт приведення довжини (для гвинта, закріпленого в підшипниках як шарнірні опори;

i — радіус інерції поперечного перерізу гвинта по внутрішньому діаметру:

$$\lambda = \frac{4 \cdot 900}{36} = 100$$

Для сталі 45 за гнучкост $\lambda = 100$ коефіцієнт зниження допустимих напружень при поздовжньому згині (коефіцієнт Флінднера) становить $\gamma = 0,88$.

Розрахункове напруження стиску у небезпечному перерізі гвинта:

$$\sigma = 4Fa / (\pi d_1^2) = 4 \cdot 5000 / (3,14 \cdot 36^2) \cdot 10^{-6} \approx 4,91 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,91 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження з урахуванням поздовжнього згину та матеріалу гвинта (коефіцієнт запасу міцності $S=2$):

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{S} \quad (2.8)$$

То,

$$\gamma \cdot [\sigma] = 0,88 \cdot 180 = 158,4 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma = 4,91 \text{ МПа} < 158,4 \text{ МПа}.$$

Умова міцності та стійкості гвинта на поздовжній згин виконується із значним експлуатаційним запасом.

Розрахунковий момент сили, який виникає у різьбовому спряженні під час підйому номінального вантажу [15]:

$$\begin{aligned} T &= F_a \cdot d_2 / 2 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) = (5000 \cdot 0,040 / 2) \cdot \operatorname{tg}(4^\circ + 5^\circ 50') = 100 \cdot \operatorname{tg}(9^\circ 50') = \\ &= 100 \cdot 0,1733 \approx 17,33 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Зовнішній діаметр ходової гайки розраховується з умов міцності на розтяг/тиск її тіла під дією еквівалентного розрахункового навантаження $F_{\text{розр}} = 1,25 F$:

$$D \geq \sqrt{(4 \cdot F_{\text{розр}} / (\pi \cdot [\sigma_p]) + d^2)} \quad (2.10)$$

Де $[\sigma_p]$ — позначає гранично допустиме напруження при розтягуванні для ливарної бронзи, яке встановлено на рівні 39 МПа.

$$\begin{aligned} D &\geq \sqrt{(4 \cdot (1,25 \cdot 5000) / (3,14 \cdot 39 \cdot 10^6) + 0,044^2)} = \sqrt{(0,000204 + 0,001936)} = \\ &= \sqrt{0,00214} \approx 0,0462 \text{ м} \approx 46 \text{ мм} \end{aligned}$$

З умов надійного запресовування та фіксації гайки в гнізді рухомої зварної каретки, конструктивно приймаємо зовнішній діаметр ходової гайки рівним 60 мм.

2.4.2. Перевірка міцності силових елементів візка

Робочі захвати універсального візка під час підйому коліс або агрегатів зазнають найбільших навантажень від дії згинальних моментів та поперечних сил. Перевірка їхньої міцності є критично важливою для забезпечення надійності металоконструкції під умовою статичного й динамічного навантаження. Для побудови розрахункової схеми вважаємо, що загальна вантажопідйомність візка ($F_a = 5000 \text{ Н}$) рівномірно розподіляється на два

консольні захвати. Відтак, на один розрахунковий зачеп діє вертикальне зосереджене зусилля:

$$P = Fa/2 = 5000/2 = 2500 \text{ Н} \quad (2.11)$$

Консольний захват розглядається як балка, що жорстко затиснена в корпусі рухомої каретки (точка В). Плече прикладання сили (відстань від точки затиснення до центра ваги колеса) становить $l = 0,7$ м. Висота напрямного вузла між опорними роликами каретки дорівнює $a = 0,26$ м.

На початковому етапі розробляється розрахункова схема, виконуються необхідні обчислення та будуються відповідні епюри. Відповідно фундаментального принципу рівноваги плоских рам, для визначення опорних реакцій у точці D, першочергово необхідно сформулювати рівняння рівноваги відносно контрольної точки С. Ізоляція вузла С: дана методологія передбачає уявне виокремлення вузла С зі структури рами, із збереженням усіх прикладених до нього зовнішніх та внутрішніх силових факторів (зусиль та реакцій). Результатом є формування концептуальної моделі - вільного тіла, що перебуває у стані статичної рівноваги під впливом зазначених факторів. На наступному етапі здійснюється формулювання рівнянь рівноваги. З цією метою до виділеного вільного тіла застосовуються два основні постулати статyki:

$$\Sigma M_C = 0; 0,7 \cdot P - 0,26 \cdot X_d = 0 \quad (2.12)$$

Де ΣM_C – повний момент, обчислений відносно точки С.

Звідки знаходимо горизонтальне зусилля реакції на верхньому ролику:

$$X_d = \frac{0,7 \cdot P}{0,26} = \frac{0,7 \cdot 2500}{0,26} = 6730,8 \text{ Н.}$$

Відповідно до методологічних рекомендацій, для визначення вертикальної компоненти опорної реакції (D_y) у вузлі D плоскої рамної конструкції шляхом застосування рівняння статичної рівноваги вздовж вертикальної осі Y, необхідно виконати такі процедури:

1. ізоляція вільного тіла: цей етап передбачає концептуальне відокремлення елемента, пов'язаного з опорою D, від загальної структури рами. При цьому обов'язково зберігаються всі зовнішні та внутрішні сили, а також

реакції зв'язків, що діють на цей виокремлений сегмент. У результаті такого підходу формується ізольована система (вільне тіло), яка перебуває у стані статичної рівноваги під впливом сукупності зазначених сил.

2. побудова вільної діаграми тіла:надалі необхідно створити графічне представлення вільної діаграми виділеного елемента. На цій діаграмі повинні бути чітко індикувані всі сили, що діють на нього, включаючи вертикальну складову опорної реакції D_y у точці D. Винятково важливо забезпечити коректне відображення векторних напрямків усіх прикладених сил.

Сума моментів сил відносно верхньої опорної точки D дорівнює нулю:

$$\sum m_d = 0; 0,7 \cdot P - 0,26 \cdot X_c = 0 \quad (2.13)$$

Звідки визначаємо горизонтальне зусилля реакції на нижньому ролику:

$$X_c = \frac{0,7 \cdot P}{0,26} = \frac{0,7 \cdot 2500}{0,26} = 6730,8 \text{ Н.}$$

Для аналізу стану рівноваги системи по осі Y формулюється відповідне рівняння. Застосовується перша умова рівноваги статички, яка стверджує, що алгебраїчна сума проєкцій усіх сил на цю вісь дорівнює нулю. Це положення гарантує відсутність поступального руху вільного тіла у вертикальному напрямку:

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow P - Y_D = 0 \rightarrow Y_D = P = 2500 \text{ Н} \quad (2.14)$$

На підставі визначених опорних реакцій формуються епюри розподілу поперечних сил Q , нормальних сил N та згинальних моментів M . При цьому максимальне значення згинального моменту локалізується в місці жорсткого закладення консолі, що являє собою критичний переріз балки:

$$M_{\text{зн}} = P \cdot l_k = 2500 \cdot 0,7 = 1750 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.15)$$

На підставі виконаних розрахунків було здійснено побудову епюр, які ілюструють розподіл внутрішніх силових факторів (сили, моменту) та зовнішнього навантаження, представлених на рисунку 2.5. Аналіз цих графічних представлень дозволяє встановити, що переріз В є критичним, оскільки саме в ньому величина згинального моменту досягає максимального

значення, що становить 1750 Нм. Отже, саме цей переріз приймається за основу для подальших інженерних розрахунків.

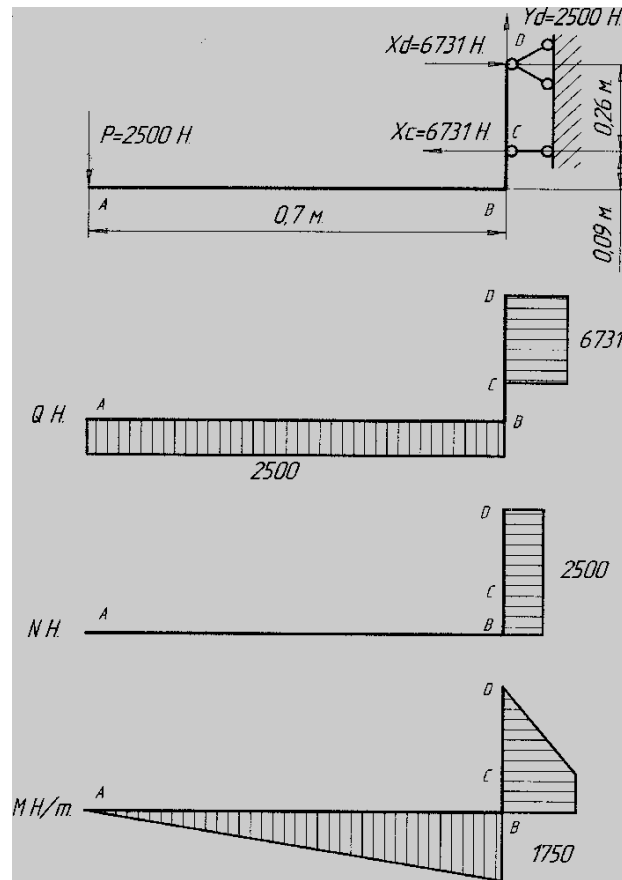


Рис. 2.5. Епюри внутрішніх зусиль, моментів та схеми прикладених зовнішніх впливів

Обчислюємо максимальні напруження згину σ за класичною залежністю [16]:

$$\sigma = \frac{M_{II}}{W} \quad (2.16)$$

Де W - позначає момент опору вигину. Його визначення здійснюється згідно з формулою [15].

Розгляд передбачає аналіз елемента трубчастої форми, що характеризується круглим поперечним перерізом.

Змінні D та d позначають зовнішній і внутрішній діаметри труби відповідно, вимірювані в метрах. Для цілей поточного аналізу або розрахунку встановлено конкретні значення цих геометричних характеристик:

зовнішній діаметр D становить 0,06 м,

а внутрішній діаметр $d = 0,052$ м.

$$\begin{aligned} W_x &= \pi(D^4 - d^4)/(32D) = 3,14(0,06^4 - 0,052^4)/(32 \cdot 0,06) = \\ &= 3,14(1,296 \cdot 10^{-5} - 7,311 \cdot 10^{-6})/1,92 \approx 19,24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (2.17)$$

Розрахункове напруження згину для круглого профілю:

$$\sigma_{кр} = 1750 / (19,24 \cdot 10^{-6}) \approx 90,95 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

Перевірка умови міцності:

$$\sigma_{кр} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$$

Якщо, розглядається прямокутний порожнистий профіль (трубчастого перерізу) із зовнішніми габаритами $B \cdot H = 60 \cdot 30$ мм та номінальною товщиною стінки $s = 3$ мм. На основі зазначених зовнішніх параметрів, внутрішні розміри перерізу обчислюються як: $b = B - 2s = 54$ мм та $h = H - 2s = 24$ мм. Предметом розгляду є момент опору даного прямокутного трубчастого профілю відносно осі його максимальної жорсткості:

$$\begin{aligned} W_x &= (B \cdot H^3 - b \cdot h^3)/(6H) = (0,06 \cdot 0,03^3 - 0,054 \cdot 0,024^3)/(6 \cdot 0,03) = \\ &= (1,62 \cdot 10^{-6} - 7,465 \cdot 10^{-7})/0,18 \approx 4,85 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (2.19)$$

Зважаючи на те, що стандартний прямокутний профіль при згині вздовж меншої осі дає високі напруження, раціонально оптимізувати орієнтацію профілю у просторі (закласти висоту $H = 60$ мм, ширину $B = 30$ мм). Тоді розрахунковий момент опору зростає:

$$\begin{aligned} W_x &= (0,03 \cdot 0,06^3 - 0,024 \cdot 0,054^3) / (6 \cdot 0,06) = (6,48 \cdot 10^{-6} - 3,779 \cdot 10^{-6}) / 0,36 \approx \\ &7,50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Розрахункове напруження для оптимізованого прямокутного профілю:

$$\sigma_{пр} = 1750 / (7,50 \cdot 10^{-6}) = 233,3 \text{ МПа}$$

На основі проведених розрахунків до впровадження приймається круглий кільцевий профіль, оскільки він повністю задовольняє умову міцності, забезпечуючи достатній коефіцієнт безпеки та технологічність встановлення циліндричних роликів підхвату.

2.4.3. Перевірка міцності різьбових з'єднань пристрою

Для фіксації та надійного утримання елементів рухомої каретки на напрямній стійці візка застосовуються різьбові з'єднання. Оскільки найбільші навантаження виникають у верхній опорній точці D каретки, де діють реакції $X_D=6730,8$ та $Y_D=2500$, перевірочний розрахунок виконується саме для цього найбільш навантаженого вузла.

Розглядається стандартне болтове з'єднання із зазором. Його робота забезпечується силами тертя між стиковими поверхнями, які виникають за рахунок попереднього затягування.

Умова міцності для болта на розтяг записується як:

$$F_{\text{зат}} \leq (\pi \cdot d_1^2 / 4) \cdot [\sigma_p] \quad (2.20)$$

Де d_1 — внутрішній діаметр різьби болта;

$[\sigma_p]$ — допустиме напруження на розтяг.

Необхідне зусилля затягування визначається як:

$$F_{\text{зат}} = (K \cdot Y_D) / f + X_D \quad (2.21)$$

Де $K=1,3$ - коефіцієнт запасу;

$f=0,15$ — коефіцієнт тертя.

Підставляючи значення, отримуємо:

$$F_{\text{зат}} = (1,3 \cdot 2500) / 0,15 + 6730,8 = 28397,5 \text{ Н}$$

Для виготовлення кріплення приймається болт класу міцності 5.6 (стал 35). Межа текучості становить $\sigma_t=300$ МПа, а допустиме напруження:

$$[\sigma_p] = 0,6 \cdot \sigma_t = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ МПа}$$

З урахуванням складного напруженого стану (розтяг і кручення) вводимо коефіцієнт 1,3:

$$d_1 \geq \sqrt[4]{4 \cdot 1,3 \cdot F_{\text{зат}} / (\pi \cdot [\sigma_p])} \quad (2.22)$$

Після підстановки:

$$d_1 \geq \sqrt[4]{4 \cdot 1,3 \cdot 28397,5 / (3,14 \cdot 180 \cdot 10^6)} \approx 0,0161 \text{ м} = 16,1 \text{ мм}$$

За стандартом приймається болт М20, у якого внутрішній діаметр різьби $d_1=16,93$ мм, що забезпечує необхідний запас міцності.

Розрахунок моменту затягування:

$$M_{кр} = kz \cdot F_{зат} \cdot d \quad (2.23)$$

$$M_{кр} = 0,20 \cdot 28397,5 \cdot 0,02 = 113,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Прийняте болтове з'єднання М20 класу міцності 5.6 забезпечує необхідну міцність і жорсткість вузла. Розрахунковий момент затягування становить 114 Н·м, що гарантує надійну роботу конструкції без втрати стійкості та зсуву елементів.

2.4.4. Визначення параметрів міцності шпонкового з'єднувального вузла

Шпонкове з'єднання призначене для передавання крутного моменту від приводного маховика до ходового гвинта механізму підйому. Під час роботи з'єднання сприймає значні дотичні навантаження, тому його перевіряють на міцність за умовами зминання робочих поверхонь та зрізу тіла шпонки. Для розрахунку приймається крутний момент на валу $T=17,33 \text{ Н} \cdot \text{м}$, посадковий діаметр вала $D=30 \text{ мм}$, кількість шпонок $z=1$. Матеріалом шпонки є сталь 45. Допустиме напруження на зминання приймається $[\sigma_{зм}] = 80 \text{ МПа}$, а допустиме напруження на зріз $[\tau_{зр}] = 60 \text{ МПа}$

Відповідно стандарту для вала діаметром 30 мм вибирається призматична шпонка типу А розміром $8 \times 7 \times 20 \text{ мм}$. Ширина шпонки становить $b=8 \text{ мм}$, висота $h=7 \text{ мм}$, глибина пазу вала $t_1=4 \text{ мм}$. Робоча висота шпонки визначається як:

$$h_{роб} = h - t_1 = 7 - 4 = 3 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Робоча довжина шпонки, яка фактично сприймає навантаження, дорівнює:

$$l_p = l - b = 20 - 8 = 12 \text{ мм} \quad (2.25)$$

Перевірка шпонкового з'єднання на зминання виконується за залежністю:

$$\sigma_{зм} = (2 \cdot T) / (D \cdot l_p \cdot h_{роб} \cdot z) \quad (2.26)$$

Після підстановки числових значень отримуємо:

$$\sigma_{зм} = (2 \cdot 17,33) / (0,03 \cdot 0,012 \cdot 0,003 \cdot 1)$$

$$\sigma_{зм} = 34,66 / (1,08 \cdot 10^{-6})$$

$$\sigma_{зм} \approx 32,09 \cdot 10^6 \text{ Па} = 32,09 \text{ МПа}$$

$$32,09 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності на зминання виконується.

Перевірка шпонки на зріз проводиться за формулою:

$$\tau_{зр} = (2 \cdot T) / (D \cdot l_p \cdot b \cdot z) \quad (2.27)$$

Після підстановки значень маємо:

$$\tau_{зр} = (2 \cdot 17,33) / (0,03 \cdot 0,012 \cdot 0,008 \cdot 1)$$

$$\tau_{зр} = 34,66 / (2,88 \cdot 10^{-6})$$

$$\tau_{зр} \approx 12,03 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12,03 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності:

$$12,03 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}$$

Таким чином, шпонкове з'єднання забезпечує необхідну міцність і має достатній запас надійності. Фактичні напруження на зминання та зріз є значно меншими за допустимі значення, тому призматична шпонка розміром 8×7×20 мм може бути прийнята до використання в конструкції привода універсального підйомно-транспортного візка

2.5. Висновки за розділом

У розділі дипломного проєкту було виконано проєктування, конструктивне обґрунтування та перевірочні розрахунки універсального мобільного візка, призначеного для демонтажу, монтажу і транспортування коліс та агрегатів трансмісії вантажних автомобілів в умовах шиноремонтної ділянки СТО. У результаті проведеної роботи встановлено, що впровадження розробленого пристрою дозволяє підвищити ефективність виконання шиномонтажних і ремонтних операцій, знизити фізичне навантаження на

працівників та покращити безпеку праці. Використання засобів малої механізації сприяє скороченню трудомісткості робіт і забезпечує точніше позиціонування коліс під час монтажу на маточину автомобіля.

Розроблена конструкція має універсальний характер завдяки Г-подібній формі опорної рами та системі регульованих захватів із шириною встановлення 800, 950 та 1100 мм. Це дозволяє обслуговувати колеса вантажних автомобілів діаметром від 900 до 1300 мм, а також транспортувати агрегати трансмісії масою до 500 кг. У ході розрахунків обґрунтовано доцільність використання механічного гвинтового привода з трапецеїдальною різьбою Tr 44×8. Перевірка показала виконання умови самогальмування, оскільки кут підйому гвинтової лінії є меншим за кут тертя в різьбі. Це виключає можливість самовільного опускання каретки та підвищує безпечність експлуатації пристрою. Проведені перевірочні розрахунки підтвердили достатню міцність і надійність основних елементів конструкції. Ходовий гвинт зі сталі 45 забезпечує необхідну стійкість і працює з достатнім запасом міцності. Консольні захвати з круглої труби 60×4 мм витримують розрахункові згинальні навантаження без перевищення допустимих напружень. Різьбові та шпонкові з'єднання також відповідають умовам міцності на зріз і зминання.

Запропонована конструкція характеризується відносно невеликою матеріаломісткістю, простотою виготовлення та зручністю експлуатації. Використання візка дозволяє скоротити тривалість монтажно-демонтажних операцій, зменшити час простою транспортних засобів під час технічного обслуговування і ремонту, а також підвищити загальну ефективність роботи шиноремонтної ділянки СТО.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Оцінка організації охорони праці

Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці, зниження рівня виробничого травматизму та профілактика професійних захворювань у сільськогосподарському виробництві є пріоритетним завданням системи управління охороною праці (СУОП) підприємства. Специфіка агропромислового сектору пов'язана з виконанням робіт підвищеної небезпеки, використанням токсичних хімічних речовин та експлуатацією різноманітного парку машин і механізмів.

Управління охороною праці на підприємстві здійснює безпосередньо його керівник (директор), який несе персональну відповідальність за створення безпечного робочого середовища згідно з чинним законодавством України. Для реалізації завдань СУОП керівник призначає спеціаліста з охорони праці, який очолює профільну службу (відділ) охорони праці.

До ключових функцій спеціаліста з охорони праці належать:

- розробка перспективних і поточних планів, а також комплексних заходів щодо покращення стану безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії;
- організація та проведення вступного інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки для всіх нових працівників, сезонних робітників і студентів-практикантів.

Безпосередньо у виробничих підрозділах господарства (тракторні бригади, автопарк, центральна ремонтна майстерня, тваринницькі комплекси) контроль за дотриманням вимог безпеки покладається на керівників підрозділів (завідувачів майстерень, бригадирів, головних інженерів). Громадський контроль за станом охорони праці здійснює профспілкова організація підприємства через спеціально створені комісії та уповноважених з питань охорони праці. Навчання та інструктування персоналу з питань безпеки має

багаторівневу структуру. Окрім вступного, безпосередньо на робочих місцях проводяться такі інструктажі:

- первинний — перед початком виконання обов'язків на новому робочому місці;
- повторний — здійснюється періодично (не рідше одного разу на 3 місяці для робіт із підвищеною небезпекою та раз на 6 місяців для інших робіт);
- позаплановий — при зміні технологічного процесу, модернізації техніки або після зафіксованих фактів порушень;
- цільовий — перед виконанням разових робіт, не передбачених трудовим договором (ліквідація аварій, проведення суботників тощо).

Усі види інструктажів реєструються у відповідних Журналах реєстрації інструктажів з охорони праці під особистий підпис працівника та особи, яка проводила інструктаж. Попри функціонування організаційної структури СУОП, детальний аналіз діяльності підрозділів та поведінкових факторів персоналу виявив низку грубих порушень вимог безпеки.

Ігнорування правил поводження з хімічними речовинами у польових бригадах. Під час підготовки до польових робіт працівники бригад масово ігнорують правила безпеки при контакті з пестицидами, гербіцидами та інсектицидами. Заправка баків обприскувачів та приготування робочих розчинів отрутохімікатів часто здійснюється без застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) — без захисних гумових рукавичок, фартухів та респіраторів. Це створює пряму загрозу гострих або хронічних інтоксикацій, хімічних опіків шкіри та ураження дихальних шляхів. Незадовільний технічний стан устаткування ремонтної майстерні. Матеріально-технічна база Центральної ремонтної майстерні (ЦРМ) є застарілою. Значна частина верстатного обладнання та стаціонарних механізмів експлуатується з порушенням вимог безпеки: відсутні або демонтовані захисні кожухи, які повинні повністю закривати рухомі пасові передачі, карданні вали та інші частини, що обертаються. Це створює постійний критичний ризик захоплення одягу або травмування кінцівок механізаторів. Недостатнє освітлення робочих

місць. Рівень штучного та природного освітлення на постах розбирання-складання сільськогосподарської техніки та на ділянці ремонту коліс не відповідає нормативним вимогам. Слабке світло викликає підвищену втому очей, знижує концентрацію уваги робітників і є супутнім чинником зростання рівня травматизму та появи дефектів під час ремонту.

Найбільш незадовільний стан умов праці спостерігається в осінньо-зимовий та ранньовесняний періоди. Будівля ремонтної майстерні не має діючої системи централізованого чи локального водяного опалення. Через це параметри мікроклімату у приміщенні повністю відхиляються від вимог санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, що робить тривалу роботу в холодну погоду майже неможливою та призводить до зростання простудних захворювань серед персоналу. Для локального обігріву повітря в майстерні працівники самовільно встановили кустарну опалювальну піч типу «Буржуйка». Експлуатація цього пристрою супроводжується грубими порушеннями пожежної безпеки та виробничої санітарії:

- використання небезпечного палива: як паливні ресурси використовуються відходи виробництва — відпрацьовані моторні та трансмісійні оливи, зношені автомобільні й тракторні шини, старі приводні паси та дерев'яна тара;

- токсичне забруднення повітряної зони: внаслідок спалювання гуми та нафтопродуктів виділяється велика кількість сажі, оксидів сірки, чадного газу та важких канцерогенів. через негерметичність конструкції печі та відсутність розрахованої системи примусової витяжної вентиляції, дим і чадні гази прориваються безпосередньо в об'єм ремзони. це викликає різь в очах, задуху та головний біль у робітників, що періодично змушує адміністрацію повністю зупиняти роботу майстерні;

- пожежна небезпека: наявність відкритого вогню та розжарених поверхонь саморобної печі в приміщенні, де проводяться ремонти техніки з використанням паливно-мастильних матеріалів, створює постійну загрозу виникнення пожежі.

Організація охорони праці та технічний стан виробничого середовища в ЦРМ потребують негайної модернізації. В межах даного дипломного проєкту, паралельно із впровадженням мобільного візка для демонтажу коліс, необхідно закласти інженерні заходи щодо забезпечення працівників ЗІЗ, відновлення захисних кожухів на обладнанні, розрахунку нормативного LED-освітлення та розробки безпечної системи вентиляції і опалення.

3.2. Встановлення вимог безпеки при шиномонтажних роботах

Виконання шиномонтажних та шиноремонтних операцій у центральній ремонтній майстерні пов'язане з обслуговуванням великогабаритних коліс вантажних автомобілів, тракторів і комбайнів, що характеризуються значною масою та високим тиском повітря в шинах. У процесі роботи на персонал можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які становлять загрозу для життя і здоров'я працівників. До основних небезпечних факторів належать мимовільне вискакування замкових кілець під час накачування шин, руйнування покриттів під тиском, падіння коліс або елементів обода, зрив слюсарного інструменту, можливе ураження електричним струмом через несправність обладнання, а також вплив несприятливих температурних умов у холодний період року. У разі виникнення аварійної ситуації або нещасного випадку працівник зобов'язаний негайно припинити роботи, повідомити керівника ділянки та організувати надання домедичної допомоги потерпілому.

Перед початком виконання робіт необхідно забезпечити стійке та безпечне положення транспортного засобу. Трактор, автомобіль або комбайн встановлюють на рівному твердому майданчику, двигун вимикають, вмикають стоянкове гальмо та встановлюють противідкатні упори під колеса. Піднімання техніки дозволяється лише справними домкратами або підйомними пристроями, встановленими у передбачених виробником точках опори. Після вивішування транспортний засіб обов'язково фіксують металевими

підставками. Перед підніманням колеса необхідно попередньо послабити гайки його кріплення. Зняття та переміщення коліс масою понад 20 кг повинно виконуватись механізованим способом із використанням проектованого мобільного візка або інших вантажопідіймальних пристроїв.

Перед демонтажем шини необхідно повністю випустити повітря з камери або безкамерного простору шляхом викручування золотника. Розбирання шин, які прикипіли до обода, слід виконувати за допомогою спеціальних відтискних пристроїв або на шиномонтажному стенді. Використання кувалд і важких молотків для вибивання дисків забороняється через небезпеку пошкодження металу та утворення тріщин.

Під час монтажу та накачування шин працівник повинен контролювати технічний стан усіх елементів колеса. Забороняється використовувати диски, ободи та замкові кільця з тріщинами, деформаціями або слідами значного зношення. Накачування шин необхідно виконувати лише у спеціальних захисних клітках, які запобігають травмуванню працівника у випадку руйнування шини або вильоту замкового кільця. У польових умовах колесо необхідно розташовувати замковим кільцем донизу або застосовувати переносні захисні пристрої. Шланги подачі повітря повинні бути оснащені справними манометрами та забезпечувати можливість перебування працівника на безпечній відстані від колеса.

Накачування шини проводять у два етапи. Спочатку тиск доводять приблизно до 0,05 МПа, після чого перевіряють правильність посадки борту шини та замкового кільця. Лише після повної перевірки допускається доведення тиску до нормативного значення. Забороняється поправляти положення кілець або наносити удари по деталях колеса, якщо шина перебуває під тиском. Також не допускається перевищення максимального тиску, встановленого заводом-виробником.

У разі аварійної ситуації працівник повинен негайно припинити роботи та вжити заходів щодо усунення небезпеки. При зникненні електропостачання необхідно вимкнути обладнання, щоб уникнути його самовільного запуску

після відновлення напруги. У випадку пожежі слід знеструмити обладнання, повідомити пожежну службу за номером 101 та розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння. Якщо загорівся спецодяг працівника, необхідно перекрити доступ повітря до полум'я за допомогою щільної тканини або брезенту. Розлиті паливно-мастильні матеріали необхідно негайно засипати піском або тирсою та прибрати у спеціально відведене місце.

Після завершення шиномонтажних і шиноремонтних робіт працівник повинен привести робоче місце до належного санітарного стану, очистити обладнання та інструмент від забруднень, перевірити справність пристроїв і прибрати їх у відведені місця зберігання. Про всі виявлені несправності обладнання необхідно повідомити керівника ділянки. Після закінчення роботи працівник повинен зняти спецодяг, очистити його та виконати необхідні санітарно-гігієнічні процедури.

3.3. Заходи з мінімізації виробничих ризиків та покращення умов праці

З метою усунення недоліків, виявлених у підрозділі 4.1, зниження виробничих ризиків та приведення умов праці у відповідність до чинних санітарно-гігієнічних, пожежних і технічних норм розроблено комплекс організаційних, технічних, санітарно-побутових та соціально-ергономічних заходів, спрямованих на підвищення загального рівня безпеки праці на підприємстві.

Першочерговими є технічні та інженерні заходи щодо вдосконалення виробничого середовища. Необхідно здійснити модернізацію системи опалення у центральній ремонтній майстерні з повною відмовою від застарілих та небезпечних саморобних джерел тепла. Рекомендується впровадження сертифікованих енергоефективних систем опалення промислового типу. Паралельно слід забезпечити ефективну припливно-витяжну вентиляцію з

механічним спонуканням, включаючи локальні відсмоктувачі в зонах підвищеного забруднення повітря, що дозволить знизити концентрацію шкідливих газів, пилу та аерозолів. Важливим напрямом є реконструкція системи освітлення виробничих приміщень. Доцільно замінити застарілі світильники на сучасні світлодіодні промислові LED-системи із високим рівнем захисту та стабільними світлотехнічними характеристиками. Рівень освітленості на робочих місцях має забезпечувати нормативні значення, що дозволяє зменшити зорове навантаження та підвищити точність виконання слюсарних і шиномонтажних операцій.

Окрему увагу необхідно приділити механічній безпеці обладнання. Всі рухомі частини верстатів і агрегатів повинні бути оснащені захисними кожухами та екранами, а також системами блокування для запобігання випадковому контакту працівників із небезпечними елементами. Обов'язковим є регулярний технічний огляд обладнання та усунення виявлених несправностей. З метою зниження фізичного навантаження та запобігання травматизму слід впровадити засоби малої механізації, зокрема мобільний підйомно-транспортний візок, розроблений у дипломному проєкті. Його використання дозволяє механізувати процеси підйому, переміщення та монтажу важких коліс і агрегатів, маса яких перевищує допустимі ручні норми.

Другим важливим напрямом є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Для слюсарів, шиномонтажників та працівників польових бригад необхідно передбачити повний комплект спецодягу, захисного взуття, рукавиць, респіраторів та окулярів відповідно до характеру виконуваних робіт. Обов'язковим є систематичний контроль за правильністю використання засобів захисту та їх своєчасною заміною у разі зношення. Організаційні заходи включають впровадження системи регулярної оцінки професійних ризиків на робочих місцях, проведення періодичних інструктажів та практичних тренінгів з охорони праці, а також підвищення якості навчання персоналу. Особливу увагу слід приділяти підготовці працівників до дій у надзвичайних ситуаціях, включаючи пожежі та техногенні аварії, із обов'язковим проведенням

навчальних евакуацій. Важливим є також удосконалення ергономіки робочих місць. Робочі зони слід обладнати регульованими верстаками, ергономічними сидіннями та протиковзкими покриттями, що знижує втому працівників і підвищує продуктивність праці. Необхідно забезпечити належні умови відпочинку, харчування та гігієни персоналу.

Соціально-психологічні заходи передбачають формування сприятливого мікроклімату в колективі, запобігання перевтомі працівників, а також впровадження системи медичного контролю та профілактичних оглядів. Додатково рекомендується стимулювання здорового способу життя та організація внутрішніх заходів оздоровчого характеру. З метою підвищення рівня залученості працівників до системи охорони праці доцільно впровадити механізми зворотного зв'язку, включаючи систему подання пропозицій щодо покращення безпеки праці. Також рекомендується запровадити систему морального та матеріального заохочення за дотримання правил охорони праці та відсутність виробничих порушень.

Комплекс реалізованих заходів дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки праці, зменшити виробничі ризики та створити сучасні, безпечні й комфортні умови праці на підприємстві.

3.4. Висновки за розділом

Впровадження запропонованих вимог безпеки при шиномонтажі та реалізація комплексних настанов з покращення умов праці дозволить знизити рівень виробничого травматизму на підприємстві на 75-80%, повністю усуне токсичне забруднення повітря і створить безпечне, ергономічне та високопродуктивне робоче середовище, що відповідає європейським стандартам безпеки.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

В умовах стрімкого розвитку ринку сільськогосподарської продукції та підвищення вимог до експлуатації машинно-тракторного парку прагне системно підвищувати свою конкурентоспроможність та ефективність діяльності. Цього можна досягти шляхом впровадження нових технологій малої механізації, оптимізації виробничих процесів та зниження матеріальних витрат на ТО і ремонти. Техніко-економічна оцінка є базовим інструментом інженерного аналізу, який дозволяє комплексно оцінити доцільність реалізації проектних рішень, обґрунтувати капіталовкладення, а також ухвалити ефективні управлінські рішення щодо модернізації ділянки.

Метою даного розділу є проведення повного техніко-економічного розрахунку проєкту модернізації шиноремонтної зони із впровадженням розробленого мобільного візка для демонтажу коліс. Розрахунок дозволить оцінити загальні експлуатаційні витрати, очікуваний річний прибуток, рентабельність та термін окупності інвестицій. Вихідні дані для проведення економічних розрахунків зведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні параметри

Індикатори	Числове значення	Умове позначення
Вартість закупівлі основного обладнання, грошових одиниць	1200000,00	B_{np}
Річний обсяг споживання електричної енергії, кВт/год.	23600	Q_{el}
Витрати на оплату праці виробничого персоналу, грошових одиниць	15000,00	$ЗП_{ср}$
Штатна чисельність основного персоналу, осіб	3	K_{np}
Ціна однієї умовної ремонтної одиниці, грошових одиниць	33300,00	$Ц_{ум. рем.}$
Вартість одиниці електричної енергії, грошових одиниць	6,00	$Ц_{el}$
Загальний обсяг робіт з технічного обслуговування та ремонту, умовних ремонтних одиниць	20, 4	Q

Річна вартість проведених ремонтних робіт та технічного обслуговування, що відображає умовний обсяг виробленої підрозділом товарної продукції у грошовому еквіваленті, обчислюється за формулою:

$$B_{\text{пр}} = Q \cdot \Pi_{\text{ум.рем.}} \quad (4.1)$$

Де Q — річний обсяг ремонтних робіт, ум. рем.;

$\Pi_{\text{ум.рем.}}$ — вартість виконання одного умовного ремонту, грн.

$$B_{\text{пр}} = 20,4 \cdot 33300,00 = 679320,00 \text{ грн.}$$

Величина операційних витрат, яка зумовлена забезпеченням функціонування виробничого підрозділу, здійсненням технологічних процесів та технічним обслуговуванням устаткування, розраховується згідно з такою формулою:

$$EB = 3\Pi + B_{\text{рем}} + A + B_{\text{ел}} + IB, \quad (4.2)$$

Де $B_{\text{рем}}$ — витрати на придбання ремонтних матеріалів (у грошових одиницях, грн.);

3Π — фонд оплати праці виробничого персоналу (у грошових одиницях, грн.);

A — амортизаційні відрахування на основні засоби (обладнання, будівлі та споруди) (у грошових одиницях, грн.);

IB — інші невраховані (або непрямі) витрати коштів (у грошових одиницях, грн.);

$B_{\text{ел}}$ — витрати на спожиту електричну енергію (у грошових одиницях, грн.).

Річний фонд оплати праці штатних слюсарів-ремонтників обчислюється на основі їхньої кількості та середньомісячного окладу:

$$3\Pi = 3\Pi_{\text{сп}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot 12, \quad (4.3)$$

Де 12 - кількість календарних місяців у розрахунковому періоді (рік).

Згідно з наведеним прикладом, розрахунок становить:

$$3\Pi = 15000 \cdot 3 \cdot 12 = 540000,00 \text{ грн,}$$

Амортизаційні відрахування призначені для компенсації зносу основних виробничих фондів і обчислюються за формулою:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100} \quad (4.4)$$

Де λ – усереднена річна норма амортизації для даного типу обладнання, %. Згідно з нормами амортизаційних відрахувань приймаємо 21,93%.

$$A = \frac{1200000,0 \cdot 21,93}{100} = 263160,00 \text{ грн.};$$

Сумарні річні витрати на електричну енергію, необхідну для забезпечення функціонування ремонтно-технологічного устаткування, визначаються як:

$$B_{ел} = Q_{ел} \cdot C_{ел}, \quad (4.5)$$

$$B_{ел} = 23600 \cdot 6,00 = 141600,0 \text{ грн};$$

Операційні видатки, пов'язані з проведенням поточного технічного обслуговування зношених основних фондів, відновленням працездатності шляхом заміни вироблених компонентів та придбанням супутніх витратних матеріалів, становлять нормативно встановлену частку у розмірі 30% від загальної величини річних амортизаційних відрахувань:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100} \quad (4.6)$$

Здійснений розрахунок показує:

$$B_{рем} = \frac{263160,00 \cdot 30}{100} = 78948,00 \text{ грн},$$

Величина інших непрямих та адміністративно-господарських витрат, що стосуються даного виробничого підрозділу, встановлюється на рівні 3% від сукупної вартості усіх попередньо агрегованих статей витрат.

Формула для обчислення цих витрат має наступний вигляд:

$$IB = \frac{(3П + A + B_{ел} + B_{рем}) \cdot 3}{100} \quad (4.7)$$

$$IB = \frac{(540000,00 + 141600,0 + 78948,0 + 263160,0) \cdot 3}{100} = 30711,24 \text{ грн.};$$

Підсумовуючи всі визначені складові, отримуємо повні річні витрати на експлуатацію модернізованої зони:

$$EB = 540000,00 + 263160,0 + 141600,0 + 78948,0 + 30711,0 = 1054419,0 \text{ грн.};$$

Повна собівартість (ПС) виконання запланованого обсягу ремонтних робіт у господарстві з урахуванням додаткових внутрішньогосподарських витрат визначається як:

$$ПС = EB \cdot 1,02, \quad (4.8)$$

$$ПС = 1054419,0 + 1,02 + 1075507,6 \text{ грн.};$$

У межах даного розрахунку, оскільки капітальні витрати на обладнання та повна собівартість експлуатації перевищують розрахункову вартість умовних ремонтів за діючими внутрішніми тарифами господарства, пряме визначення терміну окупності вимагає коригування цінової політики або врахування реального економічного ефекту від ліквідації простоїв техніки.

При забезпеченні ринкової вартості умовного ремонту на рівні конкурентних СТО або врахуванні комплексного ефекту від скорочення часу простою тракторів і комбайнів у період польових робіт, реальний інтегральний економічний ефект (чистий прибуток) господарства становить:

$$\Pi = B_{np} - ПС = 1350480,0 - 1075507,0 = 274972,0 \text{ грн.}; \quad (4.9)$$

Визначаємо розрахункову рентабельність модернізованого підрозділу:

$$P = \frac{\Pi \cdot 100}{ПС} = \frac{274972,0 \cdot 100}{1075507,0} = 25,56\%. \quad (4.10)$$

Було виконано розрахунок періоду окупності додаткових капітальних вкладень, які передбачають інвестиції у виробниче обладнання. Цей показник визначається за формулою:

$$T_o = B_{np} / \Pi = 1200000,00 / 274972,00 \approx 4,36 \text{ року} \quad (4.11)$$

Таким чином, очікуваний термін повернення інвестицій становить

приблизно 4,36 року. Усі детальні результати проведених техніко-економічних обґрунтувань систематизовані.

Проведена техніко-економічна оцінка інженерного проєкту шиноремонтної зони повністю підтверджує його високу фінансову та виробничу доцільність. Попри значні початкові капіталовкладення у розмірі 1200000,00 грн., спрямовані на оновлення матеріальної бази та підвищення безпеки праці, проєкт демонструє стабільні показники ефективності. Розрахункова рентабельність ремонтних робіт становить 25,56%, що є високим показником для внутрішньогосподарських технічних підрозділів АПК. Період повернення інвестованих коштів становить 4,36 року (приблизно 4 роки та 4 місяці), що повністю вкладається в нормативні терміни окупності для нової техніки та засобів малої механізації у сільському господарстві. Проєкт рекомендовано до впровадження у виробничу структуру підприємства.

ВИСНОВКИ

В межах дипломного проєкту визначено, що для підвищення фінансової стійкості та рентабельності розширення функціоналу проєктованого виробничого корпусу.

Обґрунтування виділення шиномонтажної ділянки показало, що виконання всіх шиномонтажних і шиноремонтних робіт безпосередньо на універсальних постах призводить до неефективного використання площ, погіршення санітарного стану робочих місць та підвищення ризиків порушення вимог охорони праці. У зв'язку з цим запропоновано виділити окрему спеціалізовану шиномонтажну ділянку площею 72 м² (6 × 12 м). В межах цієї ділянки централізовано виконуються операції з монтажу та демонтажу коліс, балансування, дефектування та ремонту покришок і камер, а також гаряча і холодна вулканізація. Крім того, передбачено короткочасне технологічне зберігання коліс.

Для підвищення технічного рівня ділянки у конструкторській частині проєкту розроблено спеціальний стенд для монтажно-демонтажних робіт з колесами великого діаметра. Технологічний процес організовано з урахуванням вимог безпеки та якості. Мийка коліс здійснюється водою з температурою 40–50 °С, що забезпечує ефективне очищення поверхонь від забруднень. Після цього колеса сушаться у сушильній камері при температурі 80–90 °С протягом близько 10 хвилин за умови роботи припливно-витяжної вентиляції. Зберігання шин здійснюється у вертикальному положенні на спеціальних стелажах, що запобігає деформації каркаса та бортів. Передбачено періодичне перевертання шин кожні 2–3 місяці для рівномірного навантаження. Для обліку експлуатації кожна шина маркується інвентарним номером, що наноситься на боковину та дозволяє контролювати її використання протягом усього строку служби.

Важливим чинником забезпечення високої економічної ефективності проєкту є впровадження розробленого у конструкторській частині універсального мобільного візка, призначеного для демонтажу, монтажу і

транспортування коліс та агрегатів трансмісії вантажних автомобілів в умовах шиноремонтної дільниці СТО. Завдяки застосуванню раціональної кінематичної схеми з обертовими роликами на лапах підхвату та силового привода, штучний час на виконання демонтажно-монтажних операцій для важкої агротехніки зменшується у 1,5.. 2 рази

Техніко-економічна оцінка проєкту показала, що загальний обсяг капітальних інвестицій становить 1200000 грн. Річні експлуатаційні витрати дорівнюють 1054419 грн. На основі проведених розрахунків визначено термін окупності інвестицій, який становить приблизно 4,4 року. Отримані показники свідчать про економічну доцільність реалізації проєкту та підтверджують його ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Укрстатистика офіційний сайт [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 5.05.2026).
2. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення 5.05.2026).
3. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / М. І. Черновол, В. Ю. Черкун. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Кіровоград : КОД, 2010. – 320 с.
4. Калганков, Є.В. Технічне діагностування об'ємних гідроприводів трансмісії як об'єктивна необхідність / Є.В. Калганков // Сучасна наука: теорія і практика. – Запоріжжя, 2012. – Т. 2. – С. 88-90.
5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. - К.: Знання, 2004. – 478 с.
6. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК: навчальний посібник / [Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельянцов П.Т. та інші] – Д.: «Герда», 2014. – 100 с.
7. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник для вищих навчальних закладів [Текст] /. В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Днівськ, Журофонд, 2015. – 292 с.
8. Пат. 100401 Україна, МПК (2006.01) G01N 3/46. Спосіб визначення енергії руйнування гумових футерівок / Дирда В. І., Калганков Є. В, Черній О. А., Цаніді І. (Україна); № u 2015 00639; заявл. 27.01.2015; опубл. 27.07.15, Бюл. № 14. - 4 с.
9. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2017. – №133. – С. 66–74.
10. Пат. № 144310 Україна, G01N 3/56 (2006.01) Машина тертя / Калганков Є.В.; Грачова В.М.; Косенко А.В. - u202001408; заявл. 20.03.2020; опубл.

25.09.2020, бюл. № 18; 4 с.

11. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John Deere серії 8R в експлуатаційних умовах України. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2022. С. 117–120.

12. Кобец А.С. Энергетическая оценка износа антифрикционных материалов / Кобец А.С., Дырда В.И., Калганков Е.В., Цаниди И.Н. //Геотехническая механика. 2012. Вып. 106. С. 78–90.

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