

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Торгонський Валентин Сергійович

УДК 629.3.083

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ АГРЕГАТІВ З
РОЗРОБКОЮ СТЕНДУ ДЛЯ РЕМОНТУ КПП ВАНТАЖНИХ
АВТОМОБІЛІВ**

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
_____ Торгонський В.С.

Керівник роботи

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Торгонський Валентин Сергійович. Проектування ділянки ремонту агрегатів з розробкою стенду для ремонту КПП вантажних автомобілів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В кваліфікаційній роботі проаналізовано існуючі технологічні процеси дозволили виявити основні недоліки в діагностиці та регулюванні КПП: низьку точність контролю геометричних параметрів зубчастих коліс, тривалий час виконання операцій та високий рівень браку при повторних збірках.

Спроектований стенд відповідає технічним вимогам за показниками жорсткості, точності та діапазоном робочих навантажень. Проведені розрахунки основних елементів конструкції підтвердили їхню міцність та стабільність експлуатаційних характеристик. В результаті впровадження розробленого стенду у ремонтне виробництво, буде спостерігатися зниження часу ремонтного циклу на 25 % та зменшення відсотка дефектів після складання на 40 %.

Розроблені регламенти технічного обслуговування та безпеки праці сприятимуть підвищенню професійної компетентності персоналу та зменшенню ризиків виробничого травматизму.

Отже, виконане дослідження має високу практичну цінність для вітчизняних сервісних підприємств: запропоновані рішення дозволяють підвищити якість та ефективність ремонтних робіт, забезпечити конкурентоспроможність на ринку послуг із технічного обслуговування вантажних автомобілів і створити передумови для подальшого впровадження автоматизованих технологій у галузі машинобудування.

Ключові слова: технічне обслуговування, коробка передач, вантажні автомобілі, агрегат, стенд.

ANNOTATION

Valentin Sergeyevich Torgonsky. Designing a repair shop for units with the development of a stand for repairing gearboxes of trucks. – 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, 2025.

The qualification work analyzed existing technological processes and identified the main shortcomings in the diagnosis and regulation of gearboxes: low accuracy of control of the geometric parameters of gear wheels, long operation times, and a high level of defects during reassembly.

The designed stand meets the technical requirements for rigidity, accuracy, and working load range. Calculations of the main structural elements confirmed their strength and stability of operational characteristics. As a result of the introduction of the developed stand into repair production, there will be a 25% reduction in the repair cycle time and a 40% reduction in the percentage of defects after assembly.

The developed maintenance and occupational safety regulations will contribute to improving the professional competence of personnel and reducing the risks of industrial injuries.

Thus, the research has high practical value for domestic service companies: the proposed solutions allow improving the quality and efficiency of repair work, ensuring competitiveness in the market of truck maintenance services, and creating prerequisites for the further introduction of automated technologies in the machine-building industry.

Keywords: maintenance, gearbox, trucks, unit, test bench.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ КПП ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	17
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ МРМ З ДЕТАЛЬНОЮ РОЗРОБКОЮ ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ АГРЕГАТІВ.....	34
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження зумовлена зростаючими вимогами до оперативності та якості технічного обслуговування вантажних автомобілів в умовах сучасних автотранспортних підприємств. Надійність коробки передач (КПП) є однією з ключових складових експлуатаційної безпеки та економічної ефективності автопарку, тому вдосконалення організації ремонтної ділянки з урахуванням специфіки агрегатів КПП стає пріоритетним завданням інженерної практики. На сьогодні існуючі методи діагностики і ремонту коробок передач часто не забезпечують необхідного рівня точності контролю геометричних параметрів зубчастих коліс, що призводить до передчасного зносу деталей та збільшення експлуатаційних витрат. Розробка спеціалізованого стенду для ремонту КПП вантажних автомобілів дозволить упровадити стандартизовані процедури випробувань, калібрування та регулювання, а також значно скоротити час на проведення регламентних робіт. Крім того, впровадження стендового обладнання сприятиме зниженню трудових витрат та підвищенню кваліфікації технічного персоналу за рахунок використання інструментальних засобів контролю та автоматизованих процесів вимірювань. Актуальність проєкту підтверджується необхідністю адаптації ремонтних технологій до різних модифікацій КПП, що застосовуються у вантажній техніці українського та зарубіжного виробництва, а також зростанням обсягів автоперевезень, які вимагають безперебійного функціонування автопарку. Враховуючи стрімкий розвиток матеріалів та технологій у галузі машинобудування, впровадження сучасних стендових рішень є невід'ємною умовою підвищення конкурентоспроможності ремонтних підприємств. Отже, обґрунтування технічних вимог та конструювання ремонтного стенда для КПП вантажних автомобілів набуває великої практичної значущості як для окремих автосервісів, так і для всієї транспортної інфраструктури.

Мета роботи: обґрунтувати та розробити комплексну концепцію дільниці ремонту агрегатів у складі автотранспортного підприємства з проектуванням стенда для діагностики, регулювання та відновлення працездатності коробок передач вантажних автомобілів.

Завдання дослідження:

- проаналізувати існуючі технологічні процеси та організацію робіт на дільницях ремонту КПП вантажних автомобілів, в тому числі закордонний і вітчизняний досвід;
- визначити технічні та експлуатаційні вимоги до стенда для ремонту та стендових випробувань коробок передач (точність вимірювань, діапазон навантажень, модуль стандартизації);
- розробити функціональну схему дільниці ремонту агрегатів із зазначенням технологічних зон, логістики потоку деталей та розміщення стенда;
- створити конструктивну документацію стенда;
- виконати розрахунки основних елементів стенда на міцність, жорсткість і точність, а також підібрати привідні та вимірювальні компоненти.

Об'єктом дослідження є технологічний процес та організація роботи дільниці ремонту агрегатів коробок передач вантажних автомобілів на підприємстві технічного обслуговування.

Предметом дослідження є методи та засоби проектування і конструювання стенда для діагностики, регулювання та випробувань коробок передач, а також алгоритми технологічного забезпечення їх ремонтно-відновлювальних операцій.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Головач В.Б., Ткачук Б.М., Торгонський В.С. Особливості фірмового технічного обслуговування вантажних автомобілів Volvo. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 133-136.

2. 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, 2025. С. 61-63.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження спроектованого стенда дозволить стандартизувати та документувати операції з діагностики й регулювання коробок передач, що підвищить якість ремонту та знизить ймовірність повторних відмов.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 33 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 47 сторінок комп'ютерного тексту, містить 8 рисунків та 4 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ КПП ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Після приймання коробки передач від замовника здійснюється ретельна візуальна оцінка її зовнішнього стану, зокрема перевіряються наявність пошкоджень корпусу, тріщин і витоків мастила. Одночасно фіксуються заводські номери та маркування агрегату для подальшої ідентифікації та підбору необхідних технічних умов ремонту. Інженер заносить усі дані до приймального листа, фіксує виявлені дефекти, а також ухвалює рішення про доцільність проведення додаткових діагностичних випробувань на стенді. Це дозволяє виявити приховані пошкодження та знизити ризик непередбачуваних поломок під час розбирання. Після погодження обсягу робіт складається технологічна путівка, яка визначає порядок виконання всіх операцій. Такий підхід відповідає принципам стандартів якості та забезпечує прозорість процесу для клієнта. Враховуючи варіативність конструкцій КПП, інженер також уточнює необхідний набір інструментів та обладнання. Висока точність початкового обстеження гарантує якість подальшої роботи [1].

Коробку передач з кузова транспортного засобу акуратно знімають із застосуванням підйомних механізмів, уникаючи ударних навантажень, щоб не пошкодити корпус та фланці. Після демонтажу агрегат встановлюють на монтажний стенд із спеціальними лапами та фіксаторами, які забезпечують жорстку і стабільну фіксацію. Зовнішню поверхню КПП ретельно очищають від мастила та бруду за допомогою розчинників і мийних установок високого тиску. Паралельно фіксується початкове положення важелів і тягових механізмів перемикання передач для полегшення зворотного монтажу. Через контрольні отвори зливають залишки робочої рідини, а корпус піддають зовнішній очистці піскоструменевим способом для видалення окалини та корозійних нашарувань. Після очищення всі поверхні обробляють антикорозійним складом, а агрегат

маркують для запобігання плутанини. Така підготовка забезпечує безперешкодний доступ до всіх вузлів під час подальшого розбирання [4].

Розбирання коробки передач проводить кваліфікований персонал із використанням пресових і механічних знімачів для вилучення підшипників та шліцьових муфт. Під час кожного зняття контролюють напрямок і величину прикладених зусиль, аби не пошкодити посадкові поверхні та не спровокувати приховані деформації. Витягнуті деталі маркують наліпками з індексами, які відповідають позиціям у кресленнях та технологічній путівці. Всі елементи передаються на попередню дефектацію, де вимірюють знос зубчастих вінців спеціальними калібрами і індикаторами. Перевіряють стан підшипників за допомогою мікрометрів та нутромірів, фіксуючи результати в дефектному відомості. Такий порядок гарантує підготовку точної інформації для прийняття рішення про відновлення чи заміну кожної деталі. Належна маркування та контроль параметрів є основою якісного ремонту [4].

Очищення знятих елементів проходить із застосуванням ультразвукових ванн та спеціальних розчинників для знежирення металу. Скрупульозно промивають важкодоступні ділянки компресорним повітрям і нейлоновими щітками, щоб уникнути залишків абразиву та забруднень. Після цього деталі сушать у теплому потоці повітря або в термовакuumній камері для повного видалення вологи. Корпус агрегату очищують піскоструменем і ретельно продувають, аби виключити попадання дрібного абразиву. Далі всі поверхні обробляють антикорозійними засобами та готують до дефектації. Такий комплексний підхід запобігає розвитку корозії та забезпечує якість подальших вимірювань. Профілактична очистка підвищує довговічність відновлених вузлів.

Дефектація проводиться із залученням оптичних приладів та інструментальних мікроскопів для вимірювання геометрії зубчастих поверхонь. Використовують магнітно-порошковий контроль для виявлення тріщин у критичних зонах корпусу й валів. Валі перевіряють на прямолінійність і концентричність за допомогою оправок та індикаторів, а підшипники – на люфт

та рівномірність обертання на випробувальному стенді. Синхронізатори оцінюють за зносом конусних фрикційних кілець шляхом контактних експериментів. Отримані параметри порівнюють із нормативними допусками виробника. Результати дефектації вносять до технічної документації та приймають рішення про відновлення або заміну деталей. Висока точність діагностики знижує ризик повторних ремонтів [3].

Відновлення зубчастих вінців здійснюють електродуговим або лазерним наплавленням із подальшим шліфуванням до первинних розмірів. Синхронізатори ремонтують шляхом заміни фрикційних елементів і проміжних кілець згідно з технічними умовами. Корпусні отвори та посадкові місця під підшипники обробляють расточуванням і шліфуванням на спеціалізованих верстатах. Валі вирівнюють на токарних верстатах і центрують у ремонтних оправках для досягнення необхідної точності. Шліцьові з'єднання правлять методом холодної прокатки або фрезерування за кресленнями. Після кожної операції промірюють критичні розміри, щоб переконатися в відповідності допускам. Надійність відновлення деталей значно зростає завдяки поетапному контролю [7-12].

Підготовка деталей до складання включає нанесення ремонтних покриттів, таких як гальванічне хромування чи антикорозійне фарбування, а також зондування шорсткості поверхонь. Кожен вузол маркують лазерним гравіюванням або кольоровою фарбою для ідентифікації точності обробки. Підбирають та комплектують нові ущільнювальні кільця, сальники і прокладки відповідно до рекомендацій виробника. Вхідний контроль запасних частин здійснюють за параметрами матеріалу та розмірами на власній випробувальній лабораторії. Перевіряють монтажні пробні вузли на спеціальних складальних модулях. Такий підхід забезпечує високий рівень уніфікації та мінімізує ризик некоректного складання [2].

Складання коробки передач виконується на монтажному стенді з дотриманням черговості операцій згідно з технологічною картою. Спочатку

встановлюють внутрішній вал із відповідними шестернями, після чого монтують середній вал, а потім — вихідний. Синхронізатори притиранням наносять робочу рідину зі спеціальними присадками для досягнення необхідного зусилля контакту. Підшипники запресовують гідравлічними пресами з фіксацією сили затискання. Болтові з'єднання затягують динамометричним ключем із точним моментом. Використовують індикатори та щупи для контролю зазорів у зачепленні зубчастих коліс. Після завершення складання перевіряють герметичність корпусу [9].

Попередні стендові випробування проводять на холостому ходу при номінальних оборотах вхідного вала. Вимірюють рівномірність обертання, шум та вібрації за допомогою датчиків, що фіксують параметри в реальному часі. Перевіряють герметичність сальників шляхом продування стисненим повітрям. Тестують справність лічильника передач, перекладаючи важіль на всі передачі. У разі виявлення невідповідностей виконують регулювання на стенді. Це дозволяє уникнути нерівномірного зносу деталей під час експлуатації. Наступним кроком є випробування під навантаженням [6-13].

Випробування під навантаженням здійснюють за допомогою динамометра, який створює навантаження, імітуючи реальні експлуатаційні умови. На вихідному валу вимірюють крутний момент, фіксують температурний режим корпусу та масла протягом заданого часу. Контролюють акустичні характеристики роботи та аналізують графіки залежності момент–оберти й температура–час. Порівнюють отримані дані з нормативними характеристиками виробника. У разі відхилень проводять коригувальні роботи. Завдяки таким випробуванням гарантовано досягається заявлений рівень надійності КПП. Випробування під навантаженням є критичним етапом оцінки якості.

Регулювання завершальних параметрів здійснюють на стенді поетапно: змінюють натягання синхронізаторів та зазори між шестернями відповідно до результатів випробувань. Для точного встановлення позиції підшипників використовують компенсаційні шайби та прокладки. Коригування проводять

спочатку за каліброваними інструментами, потім повторюють стендові тести при мінімальних оборотах. Після кожної регулювальної операції роблять нові заміри шуму, вібрацій і герметичності. Всі дані фіксують у технічному журналі стенда та остаточній специфікації. Такий підхід забезпечує досягнення необхідних допусків і підвищує довговічність агрегату [17].

Контроль якості ремонту передбачає візуальний огляд та ультразвуковий контроль прихованих дефектів на з'єднуваних ділянках. Замірюють основні розміри корпусу та фланців для підтвердження геометричної точності. Використовують методи недеструктивного контролю згідно з нормативними документами. Після успішного проходження всіх перевірок коробку передач упаковують у захисні ящики з маркуванням. Оформлюють протокол приймання та сертифікат відповідності. Цей комплекс заходів гарантує клієнту якість і надійність відремонтованого агрегату [14].

Оформлення технічної документації включає складання акту виконаних робіт із переліком відновлених і заміненних деталей. До акту додають протоколи стендових випробувань із графіками та цифровими результатами. Ведуть журнал контролю якості з підписами відповідальних осіб. Оформлюють рахунок-фактуру з деталізацією вартості всіх етапів ремонту. Передають комплект документів у ERP-систему підприємства для архівування. Надійна документація є основою гарантійного супроводження.

Пакування відремонтованої коробки передач передбачає використання ударостійких та вологостійких матеріалів. На зовнішніх поверхнях кріплять індикатори ударів і вологості для моніторингу умов транспортування. Супровідні етикетки зі штрих-кодом та номером замовлення спрощують логістику. Складають вантажну накладну й передають агрегат на склад готової продукції. Логістичний відділ отримує повідомлення про готовність до відправки. Таке пакування мінімізує ризики пошкоджень під час доставки [5]

Монтаж коробки передач назад на автомобіль починається з підготовки монтажного місця – очищення та перевірки вузлів кріплення. Використовують

підйомне обладнання й інструменти згідно з технічними картами. Центрування та фіксація агрегату виконуються з контролем моментів затягування кріпильних елементів динамометричними ключами. Під'єднують привідні вали та систему змащення за заводськими рекомендаціями. Після монтажу проводять тестовий запуск двигуна та перевірку основних функцій КПП. Цей етап є вирішальним для безпечної та надійної експлуатації [12].

Післямонтажні випробування на автомобілі включають тестові заїзди зі зміною передач у різних діапазонах швидкостей. Фіксують звуки, вібрації та плавність переключень під навантаженням рейсів. Оцінюють температуру корпусу та масла після короткочасних інтенсивних заїздів. Дані випробувань записують у наряд-замовлення та порівнюють із вихідними показниками до ремонту. У разі виявлення відхилень проводять оперативне доналаштування. Такий комплекс післямонтажних тестів гарантує безпеку руху.

Передача агрегату замовнику супроводжується проведенням інструктажу водія щодо особливостей експлуатації після ремонту. Передають сертифікати на встановлені деталі та стендові випробування. Пояснюють умови гарантійного обслуговування та терміни дії гарантії. Виконують остаточний розрахунок і оформляють акт приймання-передачі. Задоволений клієнт отримує повний пакет документів та рекомендації щодо подальшої експлуатації [11].

Гарантійне супроводження передбачає періодичний моніторинг стану КПП шляхом опитування водія та аналізу експлуатаційних даних. У разі появи несправностей оперативно проводять експрес-діагностику та ремонтні роботи. Ведуть реєстр гарантійних звернень та статистику відмов для покращення технології ремонту. Так працює система безперервного вдосконалення, яка підвищує надійність агрегатів у процесі експлуатації [2].

Аналіз ефективності ремонтних робіт ґрунтується на розрахунку індексу якості ремонту та середнього часу циклу. Порівнюють фактичні показники зі встановленими нормативами для кожного типу КПП. Оцінюють економічний вплив впроваджених технологічних рішень на собівартість послуг. За

результатами аналізу складають звіт для керівництва та вносять пропозиції для коригування технологічних карт. Циклічний перегляд даних сприяє підвищенню продуктивності дільниці ремонту [3].

Оптимізація процесу ремонту передбачає скорочення непотрібних операцій та вдосконалення дефектації за рахунок застосування безконтактних методів. Логістику потоку деталей та розташування обладнання переглядають із урахуванням принципів бережливого виробництва. Переглядають номенклатуру інструментів і запасних частин для мінімізації витрат часу. Розробляють оновлені навчальні матеріали для персоналу з акцентом на нові методи ремонту. Постійне вдосконалення забезпечує конкурентоспроможність дільниці [3].

Стандартизація технології ремонту КПП включає створення єдиного технічного регламенту для усіх модифікацій агрегатів. Процедури сертифікації та внутрішні аудити запроваджують за найкращими міжнародними практиками. Регламенти узгоджують із рекомендаціями виробника і налаштовують під специфіку вітчизняного сервісу. Зворотний зв'язок між майстрами та відділом конструкторів дозволяє відразу враховувати нові технічні рішення. Підтримка актуальності стандартів сприяє єдності виконання операцій [2].

Автоматизація окремих операцій здійснюється шляхом впровадження ЧПК-верстатів для шліфування та расточування корпусних елементів. Роботизовані маніпулятори полегшують переміщення важких блоків та інструментів. Система збору даних із сенсорів стенда інтегрується в ERP-систему підприємства. Використовують програмні засоби для прогнозування відмов та оптимізації запасів. Підвищення рівня автоматизації сприяє ергономіці та точності виконуваних операцій [9].

Підвищення кваліфікації персоналу включає регулярні тренінги з нових методів дефектації та відновлення деталей. Організують обміни досвідом із іншими автосервісами та фахівцями виробників обладнання. Сертифікаційні курси проводять із застосуванням стендів для практичних занять. Ефективність навчання оцінюють за показниками якості ремонту та зниженням кількості

повторних звернень. Мотиваційні програми стимулюють майстрів до вдосконалення навичок.

Впровадження системи управління якістю передбачає отримання сертифікації ISO та проведення внутрішніх аудитів. Аналіз відгуків клієнтів дозволяє своєчасно коригувати технологію та підвищувати рівень сервісу. Визначають критичні контрольні точки у процесі ремонту та встановлюють ключові показники ефективності. Використання інструментів постійного вдосконалення сприяє довгостроковій стабільності результатів. Така система забезпечує довіру клієнтів і партнерів [11].

Екологічний контроль включає зменшення обсягів відходів мастильних матеріалів за рахунок установки фільтраційних систем. Переходять на біорозкладні мийні розчини та здійснюють утилізацію відпрацьованих деталей згідно з нормативами. Впроваджують заходи зі зниження загазованості та контролю рівня шуму в ремонтних майстернях. Це сприяє безпеці праці та збереженню навколишнього середовища. Екологічні вимоги інтегруються в загальний технологічний процес [16].

Безпека праці на дільниці ремонту гарантується розробленими інструкціями та забезпеченням засобів індивідуального захисту. Регулярні інструктажі та медичні огляди співробітників проводяться згідно з графіком. Система екстреної сигналізації та засоби пожежогасіння підтримуються в технічно справному стані. Безпечні робочі місця організовують із урахуванням ергономічних вимог. Контроль дотримання правил безпеки зменшує ризик виробничих травм [18].

Технічне обслуговування стендового обладнання відбувається за затвердженим графіком профілактичних оглядів. Результати обстежень заносять до журналу технічного стану. Калібрування датчиків і приладів проводять не рідше ніж раз на три місяці. Заміна зношених елементів здійснюється за оригінальними специфікаціями. Належне обслуговування стенда забезпечує стабільність вимірювальних характеристик.

Цифровізація даних ремонту реалізована через електронні наряд-замовлення та мобільні додатки для введення результатів обстежень безпосередньо на стенді. Інтеграція з ERP-системою забезпечує оперативний доступ керівництва до ключових показників. Аналітика великих даних дозволяє прогнозувати потреби в запасних частинах і оптимізувати запаси. Клієнт отримує онлайн-статус свого замовлення, що підвищує прозорість процесу. Цифрові рішення сприяють підвищенню ефективності та конкурентоспроможності [18].

Забезпечення безперервної зв'язку з постачальниками здійснюється через EDI-канали для автоматичного замовлення запчастин. Встановлюють мінімальні та максимальні залишки на складах для кожного типу деталей. Моніторять строки поставок критичних комплектуючих та проводять аудит постачальників за якістю і термінами. Рамкові договори з ключовими постачальниками гарантують пріоритетне обслуговування. Надійний ланцюг постачань — запорука стабільності процесу ремонту.

Безперервне вдосконалення технології ремонту КПП досягається створенням внутрішніх робочих груп для розробки нових методів відновлення. Експериментальні рішення проходять короткотермінові цикли випробувань на стенді та в експлуатації. Досліджують використання полімерних покриттів для вузлів з підвищеним зносом та впроваджують безконтактну діагностику за допомогою ультразвуку чи термографії. Найкращі практики поширюють серед усіх сервісних підрозділів. Постійна інноваційна діяльність забезпечує лідерство дільниці ремонту на ринку [15].

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Огляд наявних конструкцій

Розглянемо різноманітність наявних стендів.

Схему стенда для ремонту коробок передач автомобілів моделі 2218 наведено на рис. 2.1 [3].

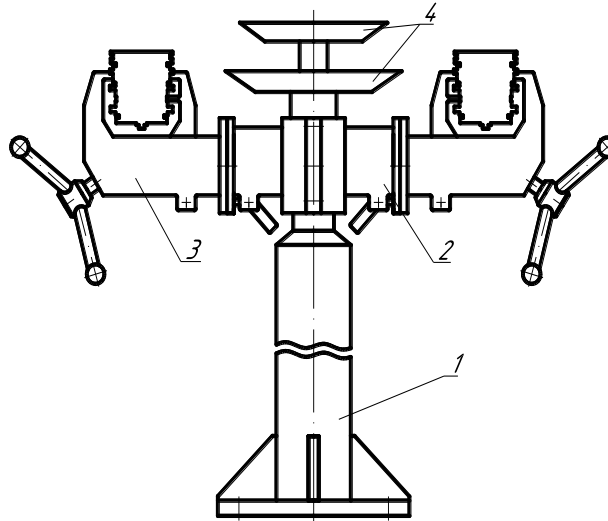


Рис. 2.1. Стенд для ремонту коробок передач моделі 2218: 1 – опора; 2 – супорт; 3 – захват; 4 – стелаж [4].

Конструкція цього стенда містить литу чавунну опору 1, на якій жорстко укріплений супорт 2. Супорт має захвати 3 для жорсткого закріплення ремонтного агрегату, які можуть змінювати своє положення в просторі. У верхній частині вертикальної стійки є стелажі, на яких можна розміщувати необхідний інструмент і деталі коробки передач. Наявність двох захватів, розташованих діаметрально, дає змогу одночасно встановити на стенд дві коробки передач [7].

Робота стенда здійснюється таким чином. На стіл захвата поміщають коробку передач, фіксуючи її в горизонтальній площині (з боків) установчими гвинтами. Виконують розбірно-складальні або інші операції, використовуючи для знятих або приготованих для монтажу деталей стелажі. Після цього вивертають установчі гвинти захватів і видаляють агрегат зі столу [3].

Перевагами станда цієї моделі є можливість регулювання висоти розташування супорта, наявність стелажів для розміщення деталей і двох столів, що дає змогу одночасно проводити ремонт двох коробок передач.

До недоліків слід віднести відсутність приводу і високу масу [4].

Розглянемо універсальний стэнд моделі 2365, призначений для ремонту коробок передач автомобілів, схема якого наведена на рис. 2.2.

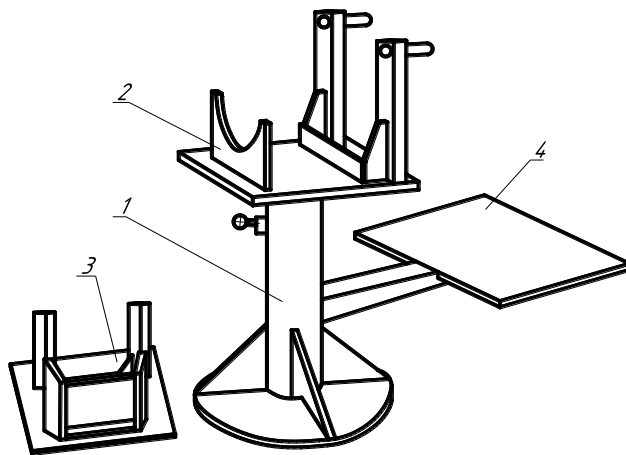


Рис. 2.2. Стэнд моделі 2365: 1 – опора; 2 – стіл поворотний; 3 – плита; 4 – стелаж [6].

Конструкція станда містить опору 1, на якій змонтовано поворотний стіл 2 з плитою 3, що має елементи, які дають змогу встановити й жорстко закріпити на ній коробку передач, а також стелаж для розміщення інструменту та деталей.

Робота станда здійснюється таким чином. Знята з автомобіля коробка передач встановлюється в горизонтальне положення на плиті поворотного столу і жорстко фіксується за допомогою гвинтових упорів. Виконавши необхідні операції, гвинтові фіксатори послаблюють і коробку передач знімають із плити столу [5].

Перевагами установки є простота конструкції і наявність жорсткого (подвійного) фіксування об'єкта, що ремонтується.

Недоліками станда є відсутність приводу і неможливість регулювання висоти розташування плити поворотного столу [8].

Установка моделі ОР-21840 призначена для розбирання і складання коробки передач автомобіля ГАЗ-53А. Схема установки представлена на рис. 2.3 [3].

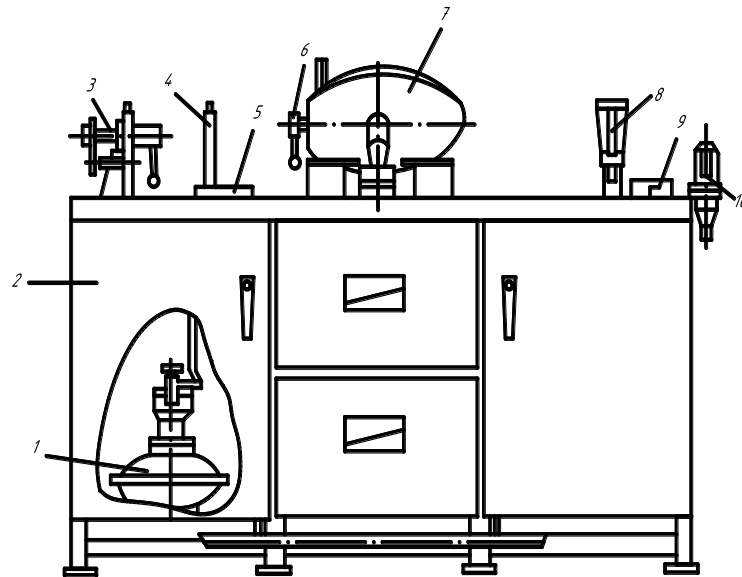


Рис. 2.3. Установка ОР-21840: 1 – пневмогідропривід; 2 – рама; 3 – пристосування для розбирання кришки вторинного вала; 4 – пристосування для розбирання верхньої кришки; 5 – пристосування для розбирання первинного вала; 6 – затискач; 7 – пристосування для розбирання коробки передач; 8 – знімач; 9 – пристосування для розбирання вторинного вала; 10 – пневмогайковерт [3].

На звареній рамі змонтовано пристосування для розбирання коробок передач і вузлів, що входять до неї. Усередині рами встановлено пневмогідропривід із ножним керуванням. Коробка передач кріпиться гвинтовим затискачем 6 у поворотному пристосуванні. Розбирання коробки передач на вузли проводиться за допомогою пневмогайковерта і комплекту знімачів. Знімач для спресовування підшипника в процесі розбирання коробки з вторинного і проміжного валів має гідравлічний привід. Зняті з коробки передач вузли розбираються за допомогою пристосувань 5, 4, 9 і 3 [8].

Основною перевагою такого стенда є можливість розбирання на ньому вузлів, що входять до коробки передач.

Недоліками стендів такого типу є велика вартість і неможливість регулювання висоти, а також висока маса стенда.

Стенд моделі Р 636, призначений для ремонту гідромеханічних передач автомобілів. Схему цього стенда наведено на рис. 2.4 [7].

Стенд складається зі стійки 1, що є одночасно кожухом, який закриває електричний двигун, редуктор і клиноремінну передачу. На стійці встановлено вісь із поворотним захватом 2. У нижній частині стійки розташований піддон 3 для збору масла [9].

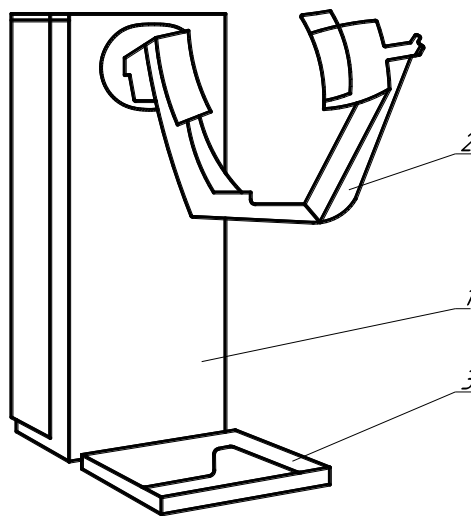


Рис. 2.4. Стенд моделі Р 636: 1 – стійка; 2 – захват поворотний; 3 – піддон.

Робота стенда здійснюється таким чином. Гідромеханічна передача встановлюється на поворотний захват і фіксується на ньому за допомогою гвинтів. Поворотний захват за допомогою електродвигуна і передачі встановлюють у потрібне положення і здійснюють розбирання або збирання об'єкта, що ремонтується. У процесі ремонту можна змінювати положення об'єкта в просторі, користуючись механізмом поворотного захоплення [13].

Перевагами цього стенда є наявність електромеханічного приводу поворотного захоплення і спеціального піддону для збору масла.

Недоліками – відносно висока маса, велика вартість і неможливість регулювання висоти розташування поворотного захвата [6].

Відомий також стенд для ремонту коробок передач моделі ПР 77, схема якого наведена на рис. 2.5.

Конструкція стенда складається з порожнистої вертикальної стійки 1, піддону для збирання мастила 2, поворотного стола 3 і механізму, що забезпечує зміну положення поворотного стола в просторі, який включає вісь, установлену в корпусі підшипників 4 зі стопором 5 [6].

Працює стенд таким чином. Коробка передач встановлюється на платформу поворотного столу і фіксується в потрібному положенні за допомогою гвинтів. У процесі роботи поворотний стіл можна поставити в інше положення, зафіксувавши стопором. Після виконання роботи поворотний стіл повертають у горизонтальне положення, вивертають гвинти, що фіксують коробку передач, і знімають її [5].

Перевагами цієї конструкції є простота, наявність піддону для збору мастила і наявність можливості змінювати положення об'єкта, що ремонтується, в просторі [6].

Недоліками – відсутність приводу і можливості регулювання розташування поворотного столу за висотою.

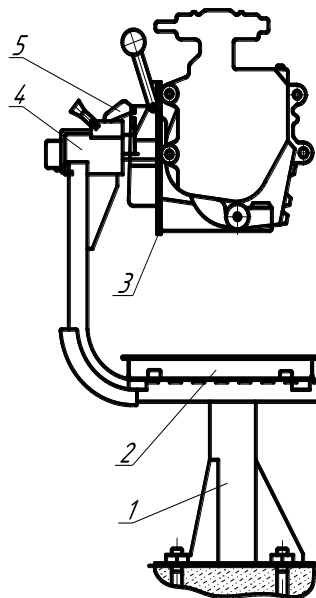


Рис. 2.5. Стенд моделі ПР 77: 1 – стійка; 2 – піддон; 3 – стіл поворотний; 4 – корпус підшипників; 5 – стопор [2].

Виконаний вище аналіз показав, що в даний час в автотранспортних підприємствах використовується велика кількість стендів для ремонту коробок передач автомобілів, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Водночас

оптимального варіанта конструкції, який би повною мірою відповідав умовам і вимогам виробництва, поки що відшукати не вдається [4].

У зв'язку з цим завдання розроблення стенда для ремонту коробок передач залишається важливим і актуальним.

2.2 Обґрунтування технологічної та конструктивної схеми проєктованого стенда

У пропонованому варіанті (рис. 2.6) буде наявна платформа, але більші за площею опори, щоб унеможливити втрату стану рівноваги стенду і не використовувати болтове кріплення до підлогового покриття. Це дає нам можливість за необхідності просто перемістити стенд, без монтажних робіт, пов'язаних з установкою, видаленням анкерних болтів з поверхні підлоги, а також закладенням отворів, залишених болтами в підлозі. На платформі кріпиться стійка, в якій встановлено вузол обертання. На валу вузла обертання встановлено змінний кронштейн, до якого кріпиться двигун або КПП. Кронштейн можна змінювати для встановлення різних двигунів і коробок передач. У стенді опорні лапи виконані незалежно від рами, що дає змогу зробити зручним підхід до об'єкта, що ремонтується. Стенд пропонованого варіанту, змінює просторову орієнтацію об'єкта, що ремонтується, у вертикальній площині на 360° і стопориться за допомогою самогальмівного черв'ячного редуктора. У стенда також буде електропривод, черв'ячний редуктор, пульт для розміщення силової апаратури управління, захисту та сигналізації [3].

Отже, стенд пропонованого варіанта не має складної конструкції, він простий у виготовленні, але водночас стенд має високу надійність і хороший доступ до об'єкту, що ремонтується, що є основними показниками під час вибору варіанта необхідного стенда.

Робітник звільняється від необхідності утримувати руками об'єкт розбирання та збирання, а також має найкращий підхід до об'єкта ремонту в необхідному положенні.

Порівняно з аналогами стенд має такі переваги:

1. Простота конструкції;
2. Висока надійність;
3. Встановлення двигунів різних марок і КПП;
4. Доступність до вузлів;
5. Зручне керування механізмами;
6. Легко встановлювати ремонтований об'єкт;
7. Можливість виготовлення в ремонтній майстерні.

2.3 Опис конструкції та принципу роботи

Рама стенда 1 (див. рис. 2.6) виготовляється зі швелерів –Ст3. На верхню поверхню приварюється лист товщиною 3 мм , матеріал – Ст3.

На платформу приварюється стійка, виготовлена з труби, скріпленої пластинами. На правій стійці встановлений вузол обертання (черв'ячний редуктор, що самогальмується), з'єднаний через ремінну передачу з електродвигуном. До вихідного валу редуктора кріпиться вал правого затискача, а лівий затискач перебуває у вільному положенні.

Тип стенду – стаціонарний, що забезпечує можливість обертання КПП в одній площині.

До стендів цього типу зазвичай не висуваються вимоги точного встановлення складальних одиниць, що закріплюються. Сила закріплення має бути достатньою для запобігання їхнього зсуву від дії сил і моментів, що виникають під час виконання розбірно-складальних робіт.

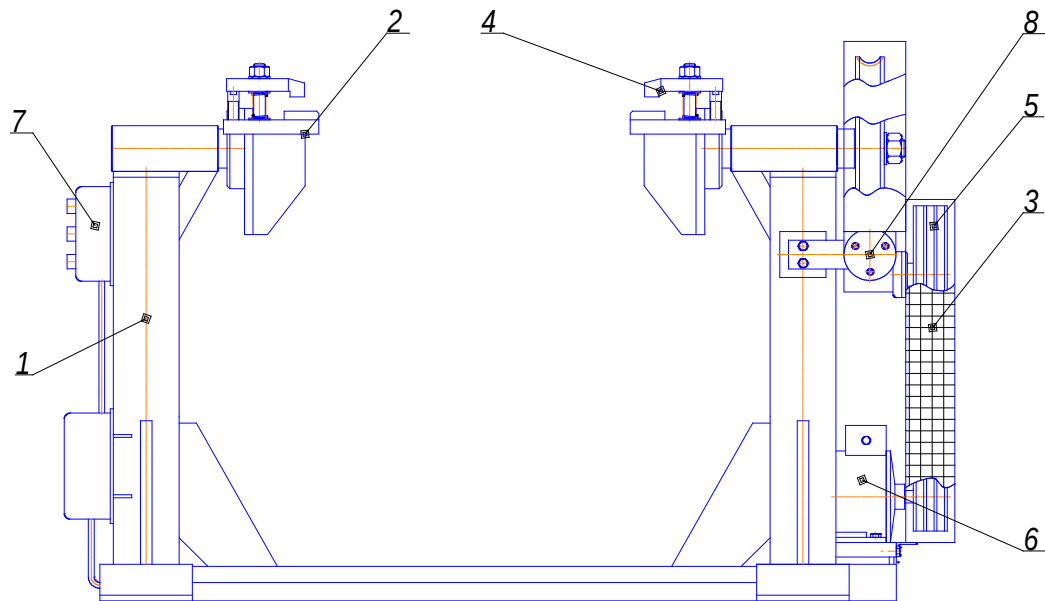


Рис. 2.6. Стенд для ремонту КПП і ДВЗ: 1 – рама; 2 – затискач лівий; 3 – захисний кожух; 4 – затискач правий; 5 – передача пасова; 6 – електродвигун; 7 – станція кнопкова; 8 – редуктор черв'ячний.

Складальну одиницю кріплять на стенд до перехідного кронштейна, який закріплюють у лівому і правому затискачах, у які вкручують шпильки кріплення двигуна або КПП.

Стенд змінює просторову орієнтацію у вертикальній площині на 360° і перебуває в зручному положенні для виконання відповідних розбірних і складальних технологічних операцій.

Поворот у вертикальній площині здійснюється таким чином:

1. Підключити стенд до однофазної електричної мережі.
2. Вибрати напрямок обертання електродвигуна (за або проти годинникової стрілки) перемістивши перемикач у відповідне положення.
3. Увімкнути електродвигун, обертання передається через ремінну передачу на черв'ячний редуктор, який приведе в обертання вал із закріпленою на ньому складальною одиницею.
4. Вимкнути електродвигун, коли об'єкт ремонту досягне необхідної просторової орієнтації. Фіксація здійсниться автоматично самогальмівним черв'ячним редуктором.

2.4 Міцнісний розрахунок конструктивних елементів

Визначення основних параметрів проводиться розрахунком на міцність найбільш навантажених деталей стенду з метою надійної роботи.

Форма вала і його конструкція визначається величиною T , розташуванням на валу деталей, розташуванням підшипників, їхніми типами та розмірами, умовами оброблення і складання вузла.

Після попереднього компоновання вал має такий вигляд, показаний на рис. 2.7.

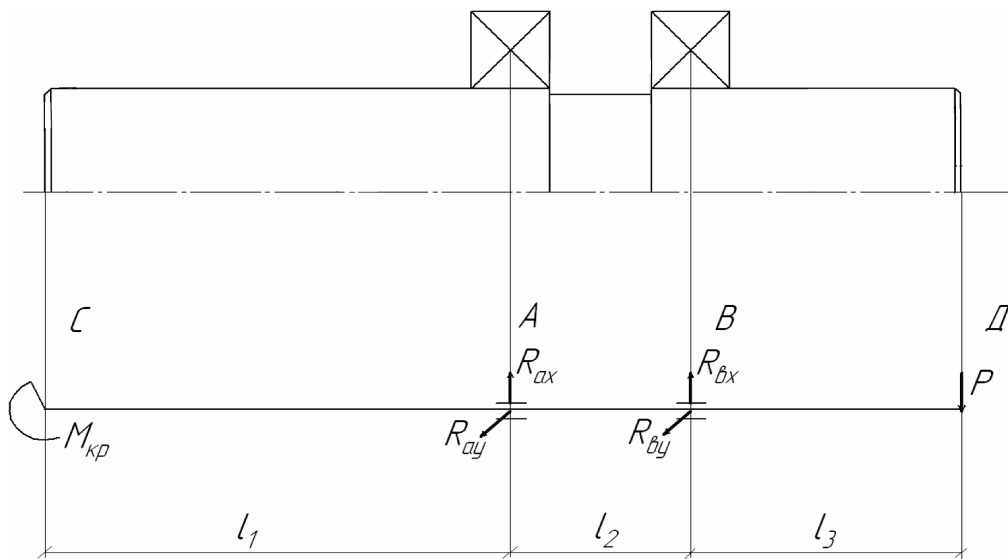


Рис. 2.7. Схема навантаження вала.

Механічні властивості матеріалу: $[\sigma_{(-1)}] = 680$ МПа, $[\tau_{(-1)}] = 400$ МПа, $P = 9500$ Н, $M = 250$ Н·м, $d_1 = 60$ мм, $d_2 = 80$ мм, $l_1 = 155$ мм, $l_2 = 60$ мм, $l_3 = 90$ мм.

Визначимо реакції в опори A і B згідно з [17]. З умови рівноваги вала отримаємо:

Для площини XOZ:

$$\sum M_A = 0 - M_{кр} + R_{bx} \cdot l_2 - P(l_2 + l_3) = 0 \quad (2.1)$$

$$\sum M_B = 0 - M_{кр} - R_{ax} \cdot l_2 - P \cdot l_3 = 0 \quad (2.2)$$

з рівняння (2.2) знаходимо $R_{(ax)}$:

$$R_{ax} = \frac{-P \cdot l_3 - M_{кр}}{l_2} ;$$

$$R_{ax} = -18417 \text{ (Н·м)}.$$

з рівняння (2.1) знаходимо R_{bx}

$$R_{bx} = \frac{P(l_2 + l_3) + M_{kp}}{l_2};$$

$$R_{bx} = 27917 \text{ (Н·м)}.$$

Перевірка:

$$\sum F_x = R_{ax} + R_{bx} - P = 0;$$

$$-18417 + 27917 - 9500 = 0.$$

площина YOZ

$$\sum M_A = 0 - M_{kp} - R_{by} \cdot l_2 = 0; \quad (2.3)$$

$$\sum M_B = 0 - M_{kp} + R_{ay} \cdot l_2 = 0. \quad (2.4)$$

з рівняння (2.4)

$$R_{ay} = \frac{M_{kp}}{l_2};$$

$$R_{ay} = \frac{250}{0,06} = 4167 \text{ (Н·м)};$$

$$R_{by} = \frac{-M_{kp}}{l_2};$$

$$R_{by} = \frac{-250}{0,06} = -4167 \text{ (Н·м)}.$$

Перевірка:

$$\sum F_y = R_{ay} + R_{by} = 0;$$

$$4167 - 4167 = 0.$$

Визначимо результуючі сили від реакцій R_a і R_b :

$$R_a = R_{ax}^2 + R_{ay}^2 = (-18417)^2 + 4167^2 = 18882 \text{ (Н·м)};$$

$$R_b = R_{bx}^2 + R_{by}^2 = 27917^2 + (-4167)^2 = 28226 \text{ (Н·м)}.$$

Визначаємо згинальні моменти:

площина XOZ:

ділянка CA $0 \leq X_1 \leq l_1$, на цій ділянці згинальний момент $M_{зг} = 0$, оскільки діє тільки рухомий момент.

ділянка АВ $0 \leq X_2 \leq l_2$.

$$M_{зг} = R_{ax} \cdot x_2. \quad (2.5)$$

за $x_2 = 0$, $M_{зг} = 0$, за $x_2 = l_2$,

$$M_B = R_{(ax)} \cdot l_2 = -18417 \cdot 0,06 = -1105 \text{ (Н·м)}.$$

ділянка ДВ $0 \leq X_{(3)} \leq l_3$

$$M_{изг} = -P \cdot x_3. \quad (2.6)$$

при $x_3 = 0$, $M_D = 0$. при $x_3 = l_3$,

$$M_B = -P \cdot l_3 = -9500 \cdot 0,09 = -855 \text{ (Н·м)}.$$

площина УОZ:

ділянка СА $0 \leq X_{(1)} \leq l_1$, на цій ділянці також $M_{зг} = 0$.

ділянка АВ $0 \leq X_{(2)} \leq l_2$.

$$M_{зг} = -R_{(ay)} \cdot x_2. \quad (2.7)$$

при $x_2 = 0$, $M_A = 0$ при $x_2 = l_2$,

$$M_B = -R_{(ay)} \cdot l_2 = -4167 \cdot 0,06 = -250 \text{ (Н·м)}.$$

Ділянка ДВ $0 \leq X_{(3)} \leq l_3$, на цій ділянці $M_{изг} = 0$,

Побудуємо епюру згинальних і крутних моментів.

З епюри згинальних і крутних моментів видно, що найнебезпечнішим перерізом є опора В, тому подальший розрахунок ведемо за цією опорою.

Обчислимо сумарний момент у небезпечному перерізі [17]:

$$M_{\Sigma} = M^2_{xoz} + M^2_{xoy}, \quad (2.8)$$

$$M_{\Sigma} = (-1105)^2 + (-250)^2 = 1124 \text{ (Н·м)}.$$

Наведений момент [5]:

$$M_{пр} = M^2_{\Sigma} + M^2_{кр}, \quad (2.9)$$

$$M_{пр} = 1124 + 250 = 1152 \text{ (Н·м)}.$$

За відомих діаметрів і матеріалу вала визначимо напруження в небезпечному перерізі [17]:

$$\sigma = \frac{M_{np}}{W} \leq [\sigma]. \quad (2.10)$$

для суцільних валів [17]:

$$W=0,1 \cdot d^3;$$

$$W=0,1 \cdot 80^3=51200 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

$$\sigma = \frac{1152 \cdot 10^3}{51200} = 22,5 \text{ (МПа)}.$$

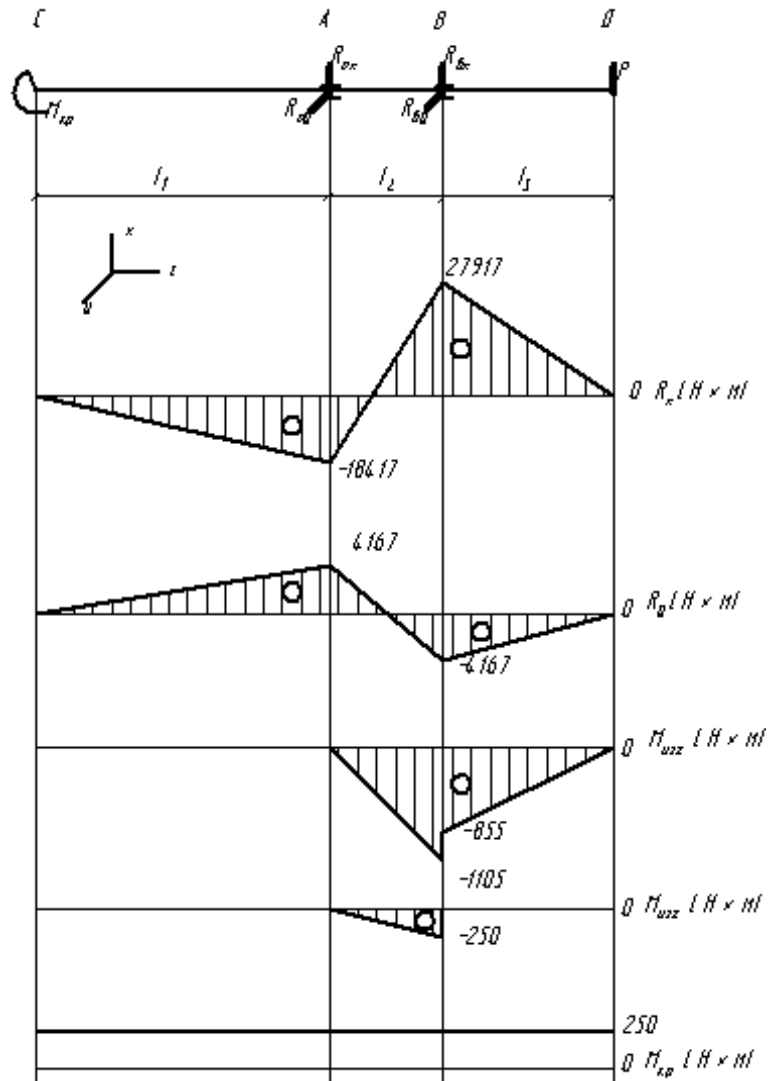


Рис. 2.8. Епюра згинальних і крутних моментів.

Умова $\sigma \leq [\sigma]$ виконується, отже, матеріал підходить.

Розрахунок коефіцієнта запасу міцності.

Розрахунок ведеться за формулою [17]:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_r}{S_\sigma^2 + S_r^2} \geq [S], \quad (2.11)$$

де S_σ і S_r – коефіцієнт запасу міцності за нормальним і дотичним напруженням.

Ці коефіцієнти визначаються:

$$S_{\sigma} = \frac{(\sigma_{-1})D}{\sigma_a}, \quad (2.12)$$

$$S_{\nu} = \frac{(\tau_{-1})D}{\tau_a}, \quad (2.13)$$

де σ_a і τ_a – амплітуди напружень циклу.

Амплітуди напружень циклу визначаються за формулою:

$$\sigma_a = \frac{M_{\Sigma}}{W}, \quad (2.14)$$

$$\tau_a = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_k}, \quad (2.15)$$

де M_{Σ} – сумарний згинальний момент у небезпечному перерізі, Н·м;

M_{kp} – крутний момент, Н·м;

W – осьовий момент опору, м³;

W_k – полярний момент опору, м³.

$$W = 0,1 \cdot d^3;$$

$$W_k = 0,2 \cdot d^3.$$

Межі витривалості вала в розглянутому перерізі:

$$(\sigma_{-1})D = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})D}; \quad (2.16)$$

$$(\tau_{-1})D = \frac{\tau_{-1}}{(k_{\tau})D}; \quad (2.17)$$

де σ_{-1} і τ_{-1} – межі витривалості під час вигину і кручення, МПа;

$(k_{\sigma})D$ і $(k_{\tau})D$ – коефіцієнти концентрації напружень.

Для сталі 45 Г2 $\sigma^{-1} = 3 \cdot 10^8$ Па, $\tau^{-1} = 1,6 \cdot 10^8$ Па.

Значення $(k_{\sigma})D$ і $(k_{\tau})D$ знаходять за залежностями:

$$(k_{\sigma})D = \left(\frac{k_{\sigma}}{k_d} + K_F - 1 \right) \cdot \frac{1}{k_v}, \quad (2.18)$$

$$(k_{\tau})D = \left(\frac{k_{\tau}}{k_d} + K_F - 1 \right) \cdot \frac{1}{k_v}, \quad (2.19)$$

де k_σ і k_τ – ефективні коефіцієнти концентрації напружень;

k_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу;

k_F – коефіцієнт впливу шорсткості;

k_V – коефіцієнт впливу поверхневого зміцнення;

$$k_\sigma=1,9; k_\tau= 1,6; k_d= 0,62; k_F= 1,1; k_V= 2,5.$$

з формули (2.18) і (2.19) отримаємо:

$$(k_\sigma)_D = \left(\frac{1,9}{0,62} + 1,1 - 1 \right) \cdot \frac{1}{2,5} = 1,27;$$

$$(k_\tau)_D = \left(\frac{1,6}{0,62} + 1,1 - 1 \right) \cdot \frac{1}{2,5} = 1,07.$$

з формули (2.17) і (2.16) отримаємо:

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{3 \cdot 10^8}{1,27} = 236 \text{ (МПа)};$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{1,6 \cdot 10^8}{1,07} = 150 \text{ (МПа)}.$$

з формули (2.15) і (2.14) отримаємо:

$$\sigma_a = \frac{1124 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 80^3} = 21,95 \text{ (МПа)};$$

$$\tau_a = \frac{250 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,2 \cdot 80^3} = 1,22 \text{ (МПа)}.$$

з формули (2.13) і (2.12) отримаємо:

$$S_\sigma = \frac{236}{21,95} = 10,75 \text{ (МПа)};$$

$$S_\tau = \frac{150}{1,22} = 123 \text{ (МПа)};$$

$$S = \frac{10,75 \cdot 123}{10,75^2 \cdot 123^2} = 10,71 \text{ (МПа)} \geq [S].$$

Розрахунок клиноремінної передачі.

Визначаємо передавальне відношення без урахування ковзання:

$$U = \frac{n_1}{n_2}; \quad (2.20)$$

$$U = \frac{1500}{2055} = 1.37.$$

Визначаємо діаметр великого шківa $D_1 = 100\text{мм}$;

$$D_2 = D_1 \cdot u, \quad (2.21)$$

$$D_2 = 100 \cdot 1.37 = 137\text{мм}.$$

Округляємо D_2 до найближчого стандартного значення. Приймаємо $D_2 = 140\text{мм}$.

Визначаємо розрахункову міжосьову відстань:

$$a_p \approx 1.5(D_1 + D_2), \quad (2.22)$$

$$a_p = 1.5 \cdot (100 + 140) = 360(\text{мм}).$$

Визначаємо розрахункову довжину ремня [4]:

$$\angle_p = 2a_p + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a_p}, \quad (2.23)$$

$$\angle_p = 2 \cdot 360 + 1.57(100 + 140) + \frac{(140 - 100)^2}{4 \cdot 360} = 1097.9 \approx 1098.$$

Округляємо L_p до найближчого значення [3]. Приймаємо $L_p = 1120\text{мм}$.

Уточнюємо міжосьову відстань.

$$a = 0.25 \left\{ L - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \sqrt{\left[\left(L - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) \right)^2 - 2 \cdot (D_2 - D_1)^2 \right]} \right\}; \quad (2.24)$$

$$a = 0.25 \cdot \{743.2 + 741\} = 371.06(\text{мм})$$

Визначаємо кут обхвату малого шківa [7]:

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \frac{D_2 - D_1}{a}; \quad (2.25)$$

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \frac{140 - 100}{371} = 173.5^\circ \approx 174^\circ.$$

Визначаємо окружну швидкість ремня:

$$V = \omega_1 \cdot \frac{D_1}{2} = \frac{\pi d}{30} \cdot \frac{D_1}{2}; \quad (2.26)$$

$$V = 287 \cdot 50 = 14.3 (м/с).$$

Визначаємо окружне зусилля, яке може передати один ремінь обраного типу [17].

$$P_0 = 138 + \frac{160-138}{10} \cdot 1.6 = 173.2 \approx 173 (Н) \quad (2.27)$$

Визначаємо допустиме окружне зусилля на один ремінь:

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_p \quad (2.28)$$

де C_α – коефіцієнт кута обхвату;

C_p – коефіцієнт навантаження. При змінному навантаженні $C_p = 0,9$.

$$[P] = 173 \cdot 0.98 \cdot 0.9 \approx 153.$$

Визначаємо окружне зусилля в передачі [2]:

$$P = \frac{1000 \cdot N}{V}; \quad (2.29)$$

$$P = \frac{1000 \cdot 0.55}{14.3} = 385.$$

Розрахункове число ременів [3].

$$Z = \frac{P}{[P]}, \quad (2.30)$$

$$Z = \frac{385}{153} = 2,51 \text{шт.}$$

Приймаємо 3 ремені.

Розрахунок зварних швів.

Під час розрахунку на міцність зварного шва використовуємо умову міцності:

$$\frac{Q}{A_{зр}} \leq [\tau]_{зр} \quad (2.31)$$

де $A_{зр}$ – площа зрізу;

$[\tau]_{зр}$ – допустиме напруження = 80 МПа;

Q – навантаження = 63 Н;

L – довжина шва ; $L = 140 \text{мм} = 0,14 \text{м}$.

З умови міцності виведемо таку формулу:

$$h \geq \frac{Q}{0.7l[\tau]_{cp}}, \quad (2.32)$$

де h – катет зварного шва.

$$h \geq \frac{63}{0.7 \cdot 0.14 \cdot 80 \cdot 10^6};$$

$$h \geq 0.8 \cdot 10^5 \text{ м.}$$

Приймаємо катет зварного шва рівний .3 мм

Основні вимоги до виготовлення, складання, налаштування та експлуатації

Опускання і підйом до рівня кронштейна здійснюється краном. Необхідно стежити за тим, щоб вантажозахоплювальне пристосування надійно утримувалося на гаку запірним замком .

Технічного обслуговування цей стенд для ремонту КПП і ДВЗ не потребує, оскільки підшипники кочення встановлені радіальні однорядні з двома захисними шайбами за ДСТУ. У підшипники мастило закладають на заводі-виробнику, захисні шайби перешкоджають витісненню масла з підшипника [4].

Необхідно періодично оглядати стан підшипників і вала.

Особливих вимог до виготовлення стенду не пред'являється.

Після складання стенду, необхідно виконати такі підготовчі роботи:

Перед установкою стенда підготуйте рівний міцний майданчик.

Огляньте стенд, перевірте комплектність, відсутність зовнішніх пошкоджень або поломок, надійність закріплення елементів.

Підготуйте інструмент.

Під час монтажно-демонтажних операцій необхідно користуватися тільки спеціальним справним інструментом.

Перед увімкненням електродвигуна стенда переконатися в надійності захисту електрокомунікацій.

При увімкненому двигуні стенда забороняється виконувати регулювальні операції.

Клиноремінна передача повинна закриватися захисним кожухом.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ МРМ З ДЕТАЛЬНОЮ РОЗРОБКОЮ ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ АГРЕГАТИВ

3.1 Режими роботи та фонди часу

Тривалість робочого тижня приймається згідно з трудовим законодавством 40 год на тиждень, тобто при шестиденному робочому тижні 7 год на зміну, субота на 2 год коротша – 5 год, а в передсвяткові дні на 1 год коротша.

Кількість робочих днів у році (N_p) визначимо за формулою:

$$N_p = 366 - (N_v + N_{\pi}), \quad (3.1)$$

де N_v і N_{π} – кількість вихідних і святкових днів в 2025 році ($N_v=52$; $N_{\pi}=9$).

$$D_p = 366 - (49 + 9) = 308 \text{ днів.}$$

Номінальний (Φ_n) і дійсний (Φ_d) річні фонди часу робітника розраховуємо за формулами:

$$\Phi_n = (366 - D_v - D_{\pi}) - t_{(зм)} - (t_{(ск)} - D_{пв} + t'_{(ск)} - D_{пп}), \quad (3.2)$$

$$\Phi_d = [(366 - D_v - D_{\pi} - D_o) - t_{(зм)} - (t_{(ск)} - D_{пв} + t'_{(ск)} - D_{пп})] \cdot \gamma \quad (3.3)$$

де $t_{зм}$ - тривалість робочої зміни, год;

$t_{ск}$, $t'_{ск}$ – тривалість скорочення робочої зміни в передвихідні та передсвяткові дні, год;

$D_{пв}$, $D_{пп}$ – кількість передвихідних і передсвяткових днів;

D_o – тривалість відпустки, днів;

γ – коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу з поважних причин ($\gamma = 0,96$).

$$\Phi_n = (366 - 49 - 9) - 7 - (49 - 2 + 9 - 1) = 2051 \text{ год.}$$

$$\Phi_d = [(366 - 49 - 9 - 24) - 7 - (49 - 2 + 9 - 1)] \cdot 0,96 = 1808 \text{ год.}$$

Річний фонд часу робочого місця ($\Phi_{рм}$) визначимо за формулою

$$\Phi_{рм} = \Phi_n \cdot p \cdot c, \quad (3.4)$$

де c – коефіцієнт змінності ($c=1$)

p – кількість робітників, які одночасно працюють на одному робочому місці; при $p=1$

$$\Phi_{pm}=2051-1-1=2051 \text{ год.}$$

Фонд часу роботи обладнання майстерні (Φ_o) визначимо за формулою:

$$\Phi_o = \Phi_{(n)} \cdot \eta_o, \quad (3.5)$$

де η_o – коефіцієнт використання обладнання, що враховує простої в ремонті ($\eta_o = 0,95 \dots 0,96$).

$$\Phi_o = 2051 \cdot 0,96 = 1969 \text{ год.}$$

3.2 Розрахунок чисельності та складу працюючих

Особовий склад майстерні визначаємо за групами працівників: виробничі та допоміжні робітники, інженерно-технічні працівники (ІТП), лічильно-конторський персонал (ЛКП), молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Кількість явочних ($n_{я}$) і спискових ($n_{сп}$) виробничих робітників розраховуємо по дільницях майстерні за формулами

$$n_{я} = \frac{T_i}{\Phi_n},$$

$$n_{сп} = \frac{T_i}{\Phi_o},$$

де T_i – трудомісткість робіт, що виконуються певною професією робітників, год.

Так, для проектованої дільниці:

$$n_{я} = 1226,86 / 2051 = 0,60$$

$$n_{сп} = 1226,86 / 1808 = 0,68$$

Для МРМ рекомендується здійснювати суміщення професій за відсутності повного завантаження робітника. Наприклад, слюсар-електрик, він же регулювальник паливної апаратури тощо. Комплектуючи виробничий штат, маємо на увазі можливість використання трактористів і водіїв, закріплених за машинами, що надходять у ремонт [5].

Результати розрахунків наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведена відомість виробничих робітників по дільницях

Найменування дільниці, цеху, відділення	Т,год	Ф _н , год	Ф _д , год	Кількість робітників, осіб			
				п _я		п _{сп}	
				розрахунок.	прийнято	розрахунок.	прийнято
Розбирально-мийний і дефектувальний	605,91	2051	1808	0,30	1	0,34	1
Ремонту агрегатів	1226,86	2051	1808	0,60		0,68	
Ремонтно-монтажний	1981,63	2051	1808	0,97	1	1,10	1
Слюсарно-механічний	1789,63	2051	1808	0,87	1	0,99	1
Ремонту паливної апаратури та агрегатів гідросистеми	162,72	2051	1808	0,08	1	0,09	2
Ремонту електрообладнання	163,72	2051	1808	0,08		0,09	
Заряджання та зберігання АКБ	70,2	2051	1808	0,03		0,04	
ТО і діагностики	1821,1	2051	1808	0,89		1,01	
Шиномонтажний	191,37	2051	1808	0,09		0,11	
Ремонту двигунів	24,44	2051	1808	0,01		0,01	
Фарбувальний	299	2051	1808	0,15		0,17	
Ковальсько-зварювальний, мідницько-жерстяницький	1643,97	2051	1808	0,80	1	0,91	1
УСЬОГО	10042,9	-	-	4,87	5	5,52	6

Чисельність допоміжних робітників (комірники, інструментальники, електрослюсарі та ін.) приймають у розмірі 8..10% від числа виробничих робітників [6].

$$n = 6 - 0,08 = 0,48 \text{ чол,}$$

Приймаємо – 1 чол.

Чисельність інженерно-технічних працівників приймаємо за рекомендаціями [3] у розмірі 8% від числа виробничих і допоміжних робітників;

$$n = (6+1) - 0,08 = 0,56 \text{ чол,}$$

Приймаємо – 1 особу, комірника.

Штатну відомість працюючих у майстерні подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Штатна відомість працюючих у майстерні

Спеціальність	Розряд	Кількість, осіб
Майстер-діагност	VI	1
Коваль, Зварювальник	V	1
Верстатник	V	1
Слюсар	IV	2
Слюсар	V	1
Усього виробничих робітників:		6
Завідувач майстерні		1
Комірник		1
Усього:		8

3.3 Розрахунок кількості робочих місць

Число робочих місць, їхню спеціалізацію передбачаємо відповідно до прийнятого в майстерні технологічного процесу ремонту і технічного обслуговування машин [12].

При тупиковому способі ремонту розрахунок кількості робочих місць проводимо по виробничих ділянках майстерні за формулою:

$$n_{pm} = \frac{T_{pi}}{\Phi_{pm}},$$

де T_{pi} – трудомісткість ремонтних робіт на цій ділянці, год;

Φ_{pm} – фонд часу робочого місця, год.

Для ремонтно-монтажної ділянки застосовується дві людини на робочому місці. Для решти ділянок застосовуємо одну людину на робоче місце.

Зіставляємо результати розрахунків із вимогами технологічного процесу. За необхідності робимо відповідне коригування в бік збільшення до цілого числа.

Таблиця 3.3 – Розрахунок кількості робочих місць

Найменування ділянки	Т, год	Φ _{рм} , год	п _{рм}	
			Розрахун.	прийнято
Розбирально-мийний і дефектувальний	605,91	2051	0,30	1
Ремонту агрегатів	1226,86	2051	0,60	1
Ремонту двигунів	1981,63	2051	0,97	1
Ремонтно-монтажний	1789,63	3077	0,87	1
Слюсарно-механічний	162,72	2051	0,08	1
Ремонту паливної апаратури та агрегатів гідросистеми	163,72	2051	0,08	1
Ремонту електрообладнання	70,2	2051	0,03	1
Зарядки та зберігання АКБ	1821,1	2051	0,89	1
ТО і діагностики	191,37	2051	0,09	1
Шиномонтажний	24,44	2051	0,01	1
Фарбувальний	299	2051	0,15	1
Ковальсько-зварювальний і мідницько-жерстяницький	1643,97	2051	0,80	1
УСЬОГО	10042,9	-	-	12

3.4 Розрахунок кількості та підбір обладнання

Розрахунку піддається тільки основне технологічне обладнання (мийне, металорізальне, ковальське, зварювальне, випробувальні стенди). Номенклатуру і типи основного технологічного обладнання приймаємо відповідно до технологічного процесу ремонту машин у майстерні, віддаючи перевагу новим і перспективним моделям. При цьому використовуємо табелі обладнання, пристосувань та інструменту, необхідних для майстерень господарств залежно від наявності тракторного парку [2].

Кількість одиниць однойменного обладнання, виходячи з величини річного обсягу і-го виду виконуваних робіт, визначимо за формулою [5]:

$$n_{об} = T_o / \Phi_{o.д.} \times C \times \eta_i, \quad (3.8)$$

де T_o – трудомісткість робіт, виконаних на обладнанні даного виду, чол-

год;

$\Phi_{o.d.}$ – дійсний річний фонд часу обладнання при роботі в одну зміну, год;

C – коефіцієнт змінності;

η_n – коефіцієнт використання обладнання за часом.

Для проектованої ділянки приймаємо таке обладнання:

1. Верстат вертикально-свердильний 2Н135. Призначений для свердління, розсвердлювання, зенкування, зенкерування, розгортання.
2. Верстат точно-шліфувальний 3К634. Призначений для ручного заточування і доведення металорізального та іншого інструменту (свердел, різців, ножів) абразивними, алмазними і ельборовими кругами.
3. Агрегат для відсмоктування пилу ПА2-12М. Призначений для уловлювання пилу і дрібної стружки, що утворюються під час виробів.
4. Машина для очищення деталей ОРГ-4990Б. Служить для очищення і миття деталей.
5. Стенд для ремонту мостів ОР-6720. Призначений для розбирання та складання мостів і варіаторів.
6. Стенд для ремонту ДВЗ. Служить для розбирання та складання ДВЗ.
7. Стенд універсальний ОР-20415. Призначений для ремонту КПП, редукторів, мостів і різних агрегатів.
8. Верстак слюсарний на одне робоче місце ОРГ-5365. Використовується для слюсарних робіт і зберігання інструментів.
9. Шафа для інструментів і пристосувань ОРГ-1603.
10. Скриня для обтиральних матеріалів 5130.000.
11. Стелаж з обертовими полицями для дрібних деталей 5118.000.
12. Підставка для агрегатів ОРГ-1468-03.
13. Контейнер для вибракованих деталей 5142.000.
14. Ящик для піску 5139.000.

3.5 Розрахунок площ

Площі ремонтних майстерень за призначенням поділяють на виробничі, допоміжні, складські, побутові та адміністративно-конторські. Під час проектування майстерні розраховують площі виробничих дільниць, а решту приміщень приймають у відсотковому відношенні до загальної виробничої площі або за питомими показниками [4].

Площу розбірно-мийної та дефектувальної ділянки визначимо за формулою [7]:

$$S = \sum_{j=1}^m S_{obj} \cdot K_s$$

де S_{obj} – площа, яку займає обладнання, м²;

K_s – перехідний коефіцієнт, що враховує робочу зону одиниці обладнання, відстані між обладнанням і відстань до будівельних конструкцій.

Для ремонтно-монтажної дільниці базовою моделлю приймаємо "Беларус - 1221" площею $S_M = 10,13$ м². Площу дільниць ТО і діагностики та ремонтно-монтажної визначаємо за формулою:

$$S = \left(\sum_{i=1}^n S_{M_i} + \sum_{j=1}^m S_{obj_j} \right) \cdot K_s$$

Результати розрахунку площ майстерні заносимо в табл. 3.4.

Площа ремонтно-монтажної дільниці дорівнює:

$$S = (10,13 + 10,84) \cdot 4,5 = 94,37 \text{ м}^2$$

Площа ковальсько-зварювальної дорівнює:

$$S = 14,80 \cdot 4,5 = 66,6 \text{ м}^2$$

Для ділянки ТО і діагностики базовою моделлю приймаємо "Беларус - 1221" площею $S_M = 10,13$ м²

$$S = (10,13 + 10,08) \cdot 4,5 = 90,9 \text{ м}^2$$

Площу гардероба приймаємо з розрахунку 0,5 м² на одного робітника.

Таблиця 3.4 – Відомість площ майстерні

Найменування ділянки	Площа Зайнята машинами, м ²	Площа під обладнанням, м ²	K _s	Площа ділянки м ²	
				Розрахункова	Прийнята
Розбирально-мийний і дефектувальний	-	22,03	3,0... 3,5	77,10	72
Ремонту агрегатів	-	16,66	3,0...4,0	58,3	60
Ремонтно-монтажний	10,13	10,84	3,5...4,5	94,37	252
Слюсарно-механічний	-	12,38	3,0...3,5	37,14	36
Ремонту ТА і ГС	-	3,65	3,5...4,0	14,6	18
Ремонту електрообладнання	-	4,20	3,5...4,0	16,8	18
Ремонт ДВЗ	-	15,24	3,0...4,0	53,34	54
Зарядки та зберігання АКБ	-	3,34	3,5...4,0	13,36	18
Ковальсько-зварювальний	-	14,80	3,5...4,5	66,6	72
Шиномонтажне		8,07	4,0...4,5	36,3	36
ТО та діагностики	10,13	10,08	4,0...5,0	90,9	90
Кабінет зав. МРМ	-	-	-	18	18
Інструментально-роздавальна комора	-	-	-	18	18
Електрощитова	-	-	-	18	18
Гардероб	-	-	-	3	12
Душові	-	-	-	2,4	12
Санвузол	-	-	-	1,2	12
УСЬОГО				619,41	816

Отже, площа гардероба дорівнює:

$$S = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 12 м².

Площу душових приймаємо з розрахунку. 2 м² на 5 працюючих. Отже, площа душових дорівнює:

$$S = 2 \cdot 6 / 5 = 2,4 \text{ м}^2$$

Приймаємо 12 м².

Площу санвузлів приймаємо з розрахунку 3 м² на 15 робітників:

$$S = 3 \cdot 6 / 15 = 1,2 \text{ м}^2$$

Площу кабінету зав. майстерні приймаємо 18 м², площа ІРК приймається 18...24 м².

Для МРМ розподіл площ може бути прийнято таким чином: 75...85% - виробнича, 7,5...10% – допоміжна, 1,5...1,8% адміністративного контролю, 6...8% складська.

3.6 Проектування елементів виробничої естетики

Проектування виробничої естетики охоплює оформлення та благоустрій території підприємства, зовнішнього вигляду та інтер'єрів виробничих і адміністративно-побутових будівель і приміщень.

Впровадження виробничої естетики на ремонтних підприємствах - один із важливих резервів підвищення продуктивності та поліпшення умов праці, зменшення травматизму і професійних хвороб.

Для візуальної організації виробничого середовища окремі галузі промисловості приймають певну колірну гамму, яку використовують під час впровадження виробничої естетики.

Для підприємств АПК прийнято фірмовий колір – коралова емаль МЛ-12-95 і 8 допоміжних кольорів: бежевий – 991, жовтий – 230, фісташковий – 939, світло-сірий – 894, білий – 803, блакитний – 423, червоний - 9 і чорний – 837.

Фірмовий і допоміжні кольори необхідно точно витримувати.

У колірному вирішенні виробничих комплектів прийняті кольори мають певне значення. Кораловий фірмовий колір застосовують в інформаційних системах – бланках ділової документації, при оформленні транспорту обслуговування та ін.; бежевий – для будівель не виробничого призначення. У жовтий колір фарбують ПТО, фісташковий – ворота виробничих будівель, червоний - для позначення пристроїв і засобів гасіння пожежі. Білий, блакитний, чорний кольори утворюють колірне рішення показників в інформаційних системах.

Благоустрій та оформлення території підприємства - одне з головних питань у вирішенні його архітектурно-художнього вигляду. Умовно територію підприємства можна розділити на три зони: передвиробничу, виробничу і підсобно-господарську.

Передвиробнича зона слугує сполучною ланкою між виробничим і житловим сектором, тому вона має гармоніювати з навколишньою забудовою і має бути відокремлена смугою зелених насаджень, щоб перешкоджати переміщенню забрудненого повітря.

Виробничу зону упорядковують з урахуванням призначення кожної ділянки, підкреслюючи архітектурно-просторовий поділ території на основні та другорядні ділянки.

У підсобно-господарську зону входять будівлі та споруди допоміжних служб. Вона займає більшу частину і потребує підвищеної уваги до благоустрою.

Зазвичай колірне оформлення виробничих приміщень виконують за спеціально розробленим проектом, який містить у собі

себе забарвлення елементів будівлі та обладнання, функціональне забарвлення, оформлення цехової графіки і входить до комплексу заходів виробничої естетики, спрямованих на створення оптимальних умов праці.

Ділянка ремонту вузлів і агрегатів має розташовуватися в добре освітленому приміщенні. Комбінована освітленість ділянки має бути не менше 200 лк. Стіни і стеля приміщення мають бути пофарбовані світлою олійною фарбою. Рекомендований колір для підлоги - світло-сірий, зелено-блакитний.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Результати проведеного дослідження підтвердили доцільність створення спеціалізованої дільниці ремонту агрегатів із використанням стендового обладнання для відновлення працездатності коробок передач вантажних автомобілів. Проаналізовані існуючі технологічні процеси дозволили виявити основні недоліки в діагностиці та регулюванні КПП: низьку точність контролю геометричних параметрів зубчастих коліс, тривалий час виконання операцій та високий рівень браку при повторних збірках. Розроблена структура дільниці з оптимізованим розміщенням технологічних зон і лінійним рухом деталей забезпечує раціональне використання виробничої площі та скорочує внутріцехові переміщення.

Спроектований стенд відповідає технічним вимогам за показниками жорсткості, точності та діапазоном робочих навантажень. Проведені розрахунки основних елементів конструкції підтвердили їхню міцність та стабільність експлуатаційних характеристик.

В результаті впровадження розробленого стенду у ремонтне виробництво, буде спостерігатися зниження часу ремонтного циклу на 25 % та зменшення відсотка дефектів після складання на 40 %.

Розроблені регламенти технічного обслуговування та безпеки праці сприятимуть підвищенню професійної компетентності персоналу та зменшенню ризиків виробничого травматизму.

Отже, виконане дослідження має високу практичну цінність для вітчизняних сервісних підприємств: запропоновані рішення дозволяють підвищити якість та ефективність ремонтних робіт, забезпечити конкурентоспроможність на ринку послуг із технічного обслуговування вантажних автомобілів і створити передумови для подальшого впровадження автоматизованих технологій у галузі машинобудування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов В.М. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник. Київ: НТУУ "КПІ", 2018. 350 с.
2. Адамов А.В. Проектування станцій технічного обслуговування автомобілів: Підручник. Харків: ХНАДУ, 2019. 410 с.
3. Бобровський В.М. Експлуатація та ремонт автомобільної техніки. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 520 с.
4. Васильєв П.І. Технічна експлуатація автомобілів: Підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 480 с.
5. Григоров О.К. Обладнання для ремонту автомобілів. Дніпро: ДНУЗТ, 2016. 380 с.
6. Данилов С.О. Діагностика та ремонт агрегатів автомобілів: Навчальний посібник. Суми: СНАУ, 2021. 290 с.
7. Державний стандарт України ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ: Держстандарт України, 1995. 32 с.
8. Дмитренко Л.М. Організація та проектування підприємств автомобільного транспорту. Одеса: ОНМУ, 2018. 370 с.
9. Єгоров І.В. Конструкція автомобілів: Підручник. Вінниця: ВНТУ, 2020. 550 с.
10. Жуков В.П. Технологія ремонту автомобілів. Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. 430 с.
11. Іванов Г.Л. Технологічне обладнання для ремонту автомобілів: Довідник. Полтава: ПНТУ, 2017. 610 с.
12. Калінін Р.М. Основи проектування підприємств автомобільного транспорту. Чернігів: ЧНТУ, 2021. 390 с.

13. 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.
14. Коваленко Д.С. Ремонт коробок передач вантажних автомобілів: Монографія. Київ: НАУ, 2022. 280 с.
15. Ковальчук О.П. Автоматизація проєктування в машинобудуванні. Житомир: ЖДТУ, 2018. 320 с.
16. Кузнецов Ю.В. Технологія ремонту агрегатів автомобілів. Луцьк: ЛНТУ, 2020. 460 с.
17. Литвиненко С.В. Організація технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Миколаїв: НУК, 2019. 400 с.
18. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
19. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
20. Макаренко А.Г. Стенди для випробування агрегатів автомобілів. Тернопіль: ТНТУ, 2017. 250 с.
21. Мельник В.О. Проєктування та розрахунок агрегатів автомобілів. Черкаси: ЧДТУ, 2020. 340 с.
22. Ніколаєнко С.В. Економіка і організація виробництва на автомобільному транспорті. Київ: Знання, 2018. 360 с.
23. Олійник П.М. Нові технології в ремонті автомобілів. Херсон: ХНТУ, 2021. 300 с.
24. Павлов Б.К. Ремонт і технічне обслуговування вантажних автомобілів. Одеса: Одеський національний політехнічний університет, 2019. 500 с.

25. Петренко С.О. Довідник механіка автомобільного транспорту. Суми: УАБС НБУ, 2017. 700 с.
26. Пономаренко В.А. Обґрунтування вибору технологічного обладнання для авторемонтних підприємств. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. 270 с.
27. Савченко О.І. Експлуатаційні матеріали в автомобільному транспорті. Київ: Каравела, 2018. 310 с.
28. Ситников Д.П. Організація ремонту автомобілів на АТП. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 330 с.
29. Ткаченко Р.В. Інноваційні підходи до проєктування авторемонтних підприємств. Харків: НТУ "ХП", 2021. 260 с.
30. Федоров М.С. Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарської техніки. Полтава: ПДАА, 2017. 440 с.
31. Хоменко Ю.Л. Устаткування для ремонту та діагностики автомобілів: Навчальний посібник. Дніпро: ДНУ, 2020. 280 с.
32. Шевченко Л.І. Основи нормування та розрахунку виробничих процесів в автосервісі. Житомир: ЖДУ ім. І. Франка, 2019. 290 с.
33. Яковлєв В.М. Модернізація технологічних процесів ремонту автомобілів. Запоріжжя: ЗДІА, 2022. 300 с.