

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

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Хопяк Віктор Михайлович

629.3.083

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПРОЄКТУВАННЯ АГРЕГАТНОЇ ДІЛЬНИЦІ МАШИННО-
РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ З РОЗРОБКОЮ
ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ 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

_____ Хопяк В.М.

Керівник роботи

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Хопяк Віктор Михайлович. Проєктування агрегатної ділянки машинно-ремонтної майстерні з розробкою пристосування для демонтажу КПП вантажних автомобілів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічну схему агрегатної ділянки машинно ремонтної майстерні, що забезпечує ефективне обслуговування та ремонт коробок передач вантажних автомобілів. Проаналізовано асортимент і номенклатуру необхідного машинного та складського обладнання, що дозволило оптимізувати планувальне рішення ділянки з урахуванням принципів ергономіки, безпеки праці та скорочення простоїв техніки. Виконано функціонально конструктивний аналіз існуючих методів демонтажу КПП, що виявив ключові недоліки традиційних підйомно захватних пристроїв, зокрема недостатню універсальність і підвищене навантаження на кузов автомобіля.

Проведені розрахунки міцності та стабільності конструктивних елементів пристосування підтвердили відповідність його технічних характеристик нормативним вимогам і допустимим граничним навантаженням.

Техніко-економічна оцінка показала, що впровадження розробленої технологічної одиниці дозволить скоротити час демонтажу та монтажу КПП на 25–30 %, знизити витрати на трудовитрати та підвищити продуктивність ділянки на 15–20 %.

Ключові слова: технічне обслуговування, коробка передач, вантажний автомобіль, агрегатна ділянка, пристосування, демонтаж.

ANNOTATION

Viktor Mikhailovich Khopyak. Designing an assembly section for a machine repair workshop with the development of a device for dismantling 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 thesis develops a technological scheme for the assembly section of a machine repair workshop, which ensures efficient maintenance and repair of truck gearboxes. The range and nomenclature of the necessary machine and warehouse equipment were analyzed, which made it possible to optimize the planning solution for the section, taking into account the principles of ergonomics, occupational safety, and reduction of equipment downtime. A functional and structural analysis of existing methods for dismantling gearboxes was performed, which revealed the key shortcomings of traditional lifting and gripping devices, in particular, insufficient versatility and increased load on the vehicle body.

Calculations of the strength and stability of the structural elements of the device confirmed that its technical characteristics comply with regulatory requirements and permissible load limits.

A technical and economic assessment showed that the introduction of the developed technological unit will reduce the time required for dismantling and installing gearboxes by 25–30%, reduce labor costs, and increase the productivity of the section by 15–20%.

Keywords: maintenance, gearbox, truck, assembly section, device, dismantling.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	9
РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	27
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ КПП ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ.....	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження полягає в тому, що вантажні автомобілі становлять хребет транспортної інфраструктури України, від якої залежить своєчасне забезпечення сільськогосподарських, промислових і соціальних об'єктів критично важливими ресурсами. У сучасних умовах посилення логістичних навантажень і загальної невизначеності ринку особливої значущості набуває оперативність та якість технічного обслуговування основних агрегатів цих машин, зокрема коробок передач, що визначають експлуатаційну надійність і довговічність автотранспорту. Ефективна організація агрегатної ділянки машинно-ремонтної майстерні дозволяє не лише скоротити простої техніки, а й мінімізувати виробничі витрати за рахунок зменшення трудоемності ремонтних операцій і підвищення продуктивності праці.

Особливо актуальним це завдання стає в умовах військового стану, коли перебої в поставках запасних частин, обмежені ресурси та ризики травмування персоналу в зонах підвищеної небезпеки вимагають впровадження мобільних, швидкозмінних і захищених технологічних рішень. Розробка спеціалізованого пристосування для демонтажу коробок передач із модульною конструкцією та регульованими опорними елементами сприяє уніфікації процесу обслуговування різних типів вантажного транспорту, скороченню часу на підготовчі та монтажні роботи й зниженню навантаження на кузов автомобіля. Застосування високоякісних гідравлічних компонентів і адаптивного кріпильного обладнання забезпечує безпечне виконання демонтажу навіть в умовах обмеженого простору ремонтної ділянки та нерівномірного ґрунту.

Крім того, вдосконалення планувального рішення агрегатної ділянки з урахуванням сучасних принципів ергономіки, безпеки праці та інтеграції з інформаційними системами підприємства закладає основу для майбутньої автоматизації обліку та діагностики технічного стану машин. Такий

комплексний підхід дозволить ремонтним підприємствам оперативно адаптуватися до змін кон'юнктури ринку, підвищити конкурентоспроможність національного автосервісу й створити передумови для інтеграції із європейськими ланцюгами постачання та стандартами якості. Отже, реалізація дослідження сприятиме формуванню більш стійкої, ефективної та безпечної галузі технічного сервісу вантажних автомобілів в Україні.

Мета кваліфікаційної роботи: розробити комплексне технічне рішення для агрегатної ділянки машинно-ремонтної майстерні, що забезпечить ефективний та безпечний демонтаж коробок передач вантажних автомобілів за рахунок впровадження спеціалізованого пристосування з модульною конструкцією і регульованими опорними елементами.

Завдання дослідження:

- провести аналіз існуючих технологічних процесів та обладнання агрегатних ділянок машинно-ремонтних майстерень з акцентом на демонтаж коробок передач вантажних автомобілів;
- дослідити основні принципи та методи демонтажу КПП, виявити їхні переваги, недоліки й обмеження застосування в польових і цехових умовах;
- розробити функціонально-конструктивні вимоги до пристосування для демонтажу коробок передач з урахуванням універсальності, ергономіки та безпеки експлуатації;
- виконати проєктування конструкції пристосування;
- провести розрахунки міцності, жорсткості та стійкості основних вузлів пристосування відповідно до нормативних регламентів і гранично-допустимих навантажень;
- розробити планувальне рішення агрегатної ділянки майстерні з урахуванням розміщення нового пристосування, ергономічних і безпекових вимог, а також оптимізації потоків матеріалів і робочих операцій.

Об'єктом дослідження є агрегатна дільниця машинно-ремонтної майстерні з обслуговування та ремонту коробок передач вантажних автомобілів, її технологічна структура, устаткування та організація робочих процесів.

Предметом дослідження є процес проектування спеціалізованого пристосування для демонтажу коробок передач вантажних автомобілів та його інтеграція в планувальне рішення агрегатної дільниці з урахуванням ергономічних, технологічних і безпекових вимог. Стандартизація процесу демонтажу різних типів КПП зменшить кількість помилок та аварійних пошкоджень агрегатів і кузова, підвищивши надійність ремонтних операцій і безпеку персоналу. Оптимізоване планувальне рішення агрегатної дільниці дозволяє раціонально розподілити робочі зони й матеріально-технічні запаси, що сприяє зниженню трудоемкості та підвищенню продуктивності праці на 15–20 %.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К. В., Шевчук О. А., Федорчук А. О. Вагнер А. Ю., Дубовий А. В., **Хопяк В. М.** Досвід організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки в США. 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. С. 70-72.

2. Борак К.В., Руденко В.Г. Грудовий Р.С., Гонгало А.Й., **Хопяк В.М.** Шляхи підвищення роботоздатності сільськогосподарських машин: аналіз технологій та рішень останнього десятиліття. Збірник тез XI Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих учених «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» присвячена 30-річчю започаткування підготовки фахівців за освітнім ступенем бакалавра зі спеціальності «Агроінженерія». 11 квітня 2025 року. Житомир: ЖАТФК. С. 71-79.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоноване пристосування для демонтажу коробок передач вантажних автомобілів може бути безпосередньо впроваджене в діяльність машинно-ремонтних майстерень, що дозволить скоротити час демонтажу на 25–30 % за рахунок модульної конструкції та регульованих опорних елементів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 26 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 44 сторінки комп'ютерного тексту, містить 4 рисунки та 14 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

1.1. Особливості технічного сервісу вантажних автомобілів

Сучасний технічний сервіс вантажних автомобілів в Україні є критично важливою ланкою забезпечення логістики та економічної стійкості країни. В умовах військового стану зростають вимоги до оперативності ремонту та технічного обслуговування, адже навіть незначні затримки можуть призвести до зриву поставок гуманітарної допомоги та стратегічно важливих вантажів. Багато стаціонарних сервісних центрів змушені працювати за скороченим графіком через загрозу обстрілів або оголошення повітряної тривоги, що ускладнює планування технічних заходів. Водії та оператори транспортних компаній дедалі частіше звертаються за гнучким підходом – від регламентного технічного обслуговування до аварійного ремонту «на ходу». Для швидкого реагування використовують мобільні бригади, готові виїхати практично в будь-який час доби. Обладнання для роботи в умовах обмеженого доступу до електроенергії включає дизель-генератори, автономні освітлювальні пристрої та захисні укриття для робочих зон. Щоб мінімізувати простої техніки, сервісні компанії консолідують ресурси й організовують мережі мобільних майданчиків із постійним запасом пального та критичних деталей. Такий підхід дозволяє підтримувати максимальну готовність автопарків попри нестабільний оперативний графік [4].

Інфраструктура технічного обслуговування зазнала кардинальних змін під впливом безпосередньої загрози руйнувань у зоні бойових дій. Багато СТО переобладнали підвали, сховища й укриття для безпечного розміщення обладнання та персоналу. Поряд із цим активізувалося застосування мобільних ремонтних фургонів і контейнерів, укомплектованих набором інструментів та запасних частин. У таких міні-СТО зазвичай присутні портативні компресори,

зварювальні апарати, стенди для балансування коліс і базові діагностичні сканери. Для забезпечення зв'язку з віддаленими зонами використовують автономні супутникові модеми та захищені мобільні точки доступу. Потреба в незалежних джерелах живлення стимулювала поширення компактних дизель-генераторів малої потужності та акумуляторних станцій. Водночас така розгалужена структура обслуговування потребує постійного поповнення ресурсів, що створює додаткові логістичні виклики [3].

Постачання запасних частин у воєнний час стикнулося з численними ризиками через руйнування логістичних коридорів, блокування портів і підвищений рівень транспортних загроз. Щоб знизити залежність від імпорту, суттєво зросла роль вітчизняних виробників і локального ремануфактурингу. Деякі сервісні компанії уклали угоди з металургійними підприємствами та кузнями для виготовлення критичних елементів безпосередньо в Україні. Одночасно все активніше застосовують технологію 3D-друку для оперативного прототипування шестерень, фітінгів та інших короткосерійних деталей. Завдяки цьому терміни доставки комплектуючих скорочуються з кількох тижнів до кількох днів. Українські виробники систематично покращують якість продукції, отримуючи зворотний зв'язок від механіків у польових умовах. Проте дефіцит деяких вузлів та матеріалів усе ще залишається ключовим ризиком для безперебійної роботи автопарків [7].

Безпека персоналу та техніки у зоні бойових дій є пріоритетною складовою організації сервісних робіт. Працівники проходять обов'язковий інструктаж із правил поведінки під час повітряної тривоги, який передбачає негайне припинення робіт та евакуацію в укриття. На майданчиках організовано чергування груп у захисних приміщеннях із готовністю використовувати індивідуальні засоби захисту – протигази й бронежилети. Транспорт, що перевозить механіків і обладнання, обладнано GPS-трекерами з функцією геозонування для відстеження в режимі реального часу. У кожному мобільному пункті підтримується запас аптечок першої допомоги з антишоковими

препаратами та засобами для зупинки кровотечі. Запровадження таких заходів дозволяє мінімізувати ризики для життя працівників і забезпечити безпечне виконання ремонтних операцій навіть у найскладніших умовах [2].

Мобільні станції технічного обслуговування (МСТО) стали невід'ємним елементом підтримки вантажного транспорту на ключових логістичних маршрутах. Типовий МСТО – це напівпричіп або фургон, укомплектований домкратами великої вантажопідйомності, гідравлічними проставками, портативними діагностичними сканерами та мінімальним запасом критичних деталей. Такі станції розташовуються поблизу головних транспортних артерій, при цьому їх позиціонування змінюється залежно від інтенсивності руху та оперативних потреб. Для координації робіт застосовують захищені VoIP-канали та зашифровані месенджери. МСТО виконують не лише аварійний ремонт, а й планове обслуговування гальмівних систем, рульового управління та двигунів. Віддалені райони охоплюються завдяки спільному плануванню з місцевою владою та волонтерськими організаціями. Це дозволяє максимально швидко реагувати на технічні виклики у віддалених регіонах [8].

Дистанційна діагностика й телеметрія набула особливої актуальності через необхідність оперативного виявлення несправностей у польових умовах. Сучасні вантажівки оснащують бортовими діагностичними модулями (OBD-II, J1939), які передають дані про стан двигуна, трансмісії та мастильних систем через мобільний Інтернет. Сервісні центри аналізують ці дані в режимі реального часу та направляють водієві рекомендації ще до виникнення серйозних несправностей. Аналітичні платформи на основі машинного навчання виявляють аномалії й попереджають про потенційну відмову компонентів. Це значно знижує ризик незапланованих простоїв і підвищує безпеку руху. Оператори зв'язку, у свою чергу, надають пріоритетний доступ до мережі для таких критичних даних через спеціальні угоди з автопарками [9].

Кадрове забезпечення технічних центрів зазнало після мобілізації суттєвих труднощів через дефіцит кваліфікованих механіків. Бракує

спеціалістів із достатнім досвідом, тому виникає гостра потреба в навчанні та перекваліфікації молодих працівників. Профільні коледжі та технікуми адаптували освітні програми, додавши курси з ремонтів у польових умовах і роботі з мобільними ремонтними установками. Великі компанії запровадили внутрішні тренінги за підтримки європейських партнерів із можливістю стажувань на європейських СТО. Стимулом для молоді стали стипендіальні програми та гарантія працевлаштування після завершення навчання. Попри це конкуренція за талановитих інженерів лишається високою, а середній вік діючого механіка в Україні сягає близько 45 років [13].

Нормативно-правове середовище технічного сервісу значно ускладнилося через введення військового стану. Запроваджено спеціальні процедури погодження виїзду мобільних бригад до зон ризику, що вимагає координації з військовими адміністраціями та отримання дозволів на переміщення поза встановленими коридорами. Водночас законодавство тимчасово спростило ввезення запасних частин і обладнання для СТО через зменшення митних платежів та звільнення від частини сертифікаційних процедур. Спеціальні пільги поширюються на критично важливі вузли: гальмівні супорти, мастильні матеріали та електронні системи управління. Одночасно регулярні перевірки з боку військових комісаріатів і служб безпеки створюють додаткові бюрократичні виклики. З'явився електронний реєстр мобільних СТО, який дозволяє оперативно відстежувати їхнє розташування та наявні ресурси [7].

Фінансове забезпечення технічного обслуговування за умов військового стану зазнало значних трансформацій. Багато автопарків перейшли на передплачені пакети обслуговування з фіксованою абонплатою, що дозволяє більш точно прогнозувати бюджетні витрати. Страхові компанії адаптували страхові продукти автоцивілки та КАСКО, включивши покриття ризиків, пов'язаних із бойовими діями, та евакуацію техніки з небезпечних зон. Державні програми компенсації витрат на ремонт працюють через «Укравтодор» і Міністерство інфраструктури, які надають субвенції

перевізникам гуманітарних вантажів. Комерційні банки пропонують пільгові кредити на модернізацію СТО та придбання мобільних ремонтних контейнерів у лізинг. Це дає змогу сервісним компаніям оновлювати обладнання та підвищувати якість послуг.

Перспективи розвитку технічного сервісу вантажних автомобілів в Україні тісно пов'язані з подальшою стабілізацією військової ситуації та відновленням транспортної інфраструктури. У короткостроковій перспективі очікується подальше розширення мережі мобільних бригад та вдосконалення дистанційної діагностики. Середньостроково важливим завданням є створення регіональних центрів високотемпературного ремонту двигунів і редукторів із залученням іноземних інвестицій. Довгострокова стратегія передбачає інтеграцію українських сервісних мереж із європейською інфраструктурою та уніфікацію стандартів якості обслуговування. Особлива увага приділятиметься автоматизації складування запчастин і впровадженню систем штучного інтелекту для прогнозування технічного стану автопарку. Загалом військовий стан прискорив інноваційні процеси у сфері технічного сервісу, сформувавши підґрунтя для більш стійкої та ефективної галузі в післявоєнний період.

1.2 Режим роботи підприємства та річні фонди часу

Розрахунок проводимо у відповідності з отриманим ідивідуальним завданням.

Режим роботи підприємства визначається кількістю робочих днів у році, тривалістю робочого тижня і зміни, кількістю змін.

Тривалість робочої зміни на автотранспортних підприємств – 8 годин, з 8:00 до 17:00 з обідньою перервою з 13:00 до 14:00 5 днів на тиждень, відповідно робочий тиждень 40-годинний. Трудова відпустка на підприємстві становить 27 календарних днів [2].

Номінальний річний фонд часу робітника $\Phi_{н.р.}$ [5]:

$$\Phi_{н.р} = (365 - N_B - N_{\Pi}) \cdot t_{зм} - t_{ск} \cdot N_{ск}, \text{ год/год}, \quad (1.1.)$$

де N_B і N_{Π} – відповідно, кількість вихідних і святкових днів у році – 101 і 9 відповідно; $t_{зм}$ – тривалість робочої зміни 8 год; $t_{ск}$ – час, на який скорочується робоча зміна в передсвяткові дні, - 1 год; $N_{ск}$ – кількість днів зі скороченою робочою зміною 8 [3].

$$\Phi_{н.р} = (365 - 101 - 9) \cdot 8 - 1 \cdot 8 = 2032 \text{ год/год}.$$

Таблиця 1.1 – Номінальний річний фонд часу робітника

Показники	Значення
Тривалість робочого тижня, год	40
Тривалість зміни, год	8
Кількість календарних днів у році	365
Кількість робочих днів у році	255
Кількість святкових днів у році	9
Кількість скорочених днів у році	8
Час, на який скорочується робоча зміна в передсвяткові дні, год	1
Номінальний річний фонд часу, год	2032

Дійсний річний фонд часу робітника $\Phi_{д.р}$ визначається різницею номінального річного фонду часу робітника і неминучих втрат робочого часу:

$$\Phi_{д.р} = [(365 - N_B - N_{\Pi} - N_O) \cdot t_{см} - t_{ск} \cdot N_{ск}] \cdot \gamma_1, \text{ год/год}, \quad (1.2)$$

де N_O – число днів трудової відпустки 27; γ_1 – коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу з поважних причин, $\gamma_1 \sim 0,96$.

$$\Phi_{д.р} = [(365 - 101 - 9 - 27) \cdot 8 - 1 \cdot 8] \cdot 0,96 = 1744 \text{ год/год}.$$

Номінальний річний фонд часу робочого місця $\Phi_{н.р.м}$:

$$\Phi_{н.р.м} = \Phi_{н.р} \cdot n_p \cdot \eta_{зс} \cdot n_c, \text{ год/год}, \quad (1.3)$$

де n_p – кількість робітників, які одночасно працюють на робочому місці, 2 чол; $\eta_{зс}$ – коефіцієнт втрат часу в третю зміну – 1; n_c – кількість змін роботи на добу - 1.

$$\Phi_{н.р.м} = 2032 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 = 4064 \text{ год/год}.$$

Дійсний річний фонд часу робочого місця $\Phi_{д.р.м}$:

$$\Phi_{д.р.м} = \Phi_{н.р.м} \cdot \gamma_2, \text{ год/год}, \quad (1.4)$$

де γ_2 – коефіцієнт, що враховує зменшення фонду часу з організаційних причин.

Номінальний річний фонд часу обладнання $\Phi_{н.о}$, при однозмінній роботі $\Phi_{(н.о)} = \Phi_{н.р}$:

$$\Phi_{н.о} = 2032 \text{ год/год.}$$

Дійсний річний фонд часу обладнання $\Phi_{д.о}$ [7]:

$$\Phi_{д.о} = \Phi_{н.о} \cdot (1 - k_{р.о}), \text{ год/год,} \quad (1.5)$$

де $k_{р.о}$ - коефіцієнт, що враховує витрати часу на ремонт обладнання в робочий час (табл. 1.2).

$$\Phi_{д.о} = 2032 \cdot (1 - 0,02) = 1992 \text{ год/год.}$$

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнта $k_{р.о}$, що враховує витрати часу на ремонт обладнання [7].

Тип обладнання		Значення $k_{р.о}$ під час роботи	
		в одну зміну	у дві зміни
Металорізальні та деревообробні верстати		0,02	0,03
Ковальсько-пресове обладнання для дільниць одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва		0,02	0,04
Те саме для великосерійного виробництва		-	0,06
Печі термічні електричні з тактом роботи до 1 год	механізовані	-	0,06
	немеханізовані	0,02	0,04
Печі термічні електричні з тактом роботи понад 1 год		0,03	0,05
Високочастотні установки		-	0,10
Обладнання для нанесення металевих і лакофарбових покриттів	автоматичне	-	0,03
	неавтоматичне	0,02	0,04
Печі сушильні камерні		0,03	0,04
Зварювальне обладнання		0,03	0,04
Розбірне, складальне, контрольно-випробувальне обладнання		0,02	0,03
Очисне обладнання		0,03	0,04
Установки для консервації виробів		0,02	0,03

Таблиця 1.3 – Режим роботи підприємства та річні фонди часу

Показники	Значення
Номінальний річний фонд часу робітника $\Phi_{н.р.}$, год/рік	2032
Дійсний річний фонд часу робітника $\Phi_{д.р.}$, год/рік	1744
Номінальний річний фонд часу робочого місця $\Phi_{н.р.м.}$, год/рік	4064
Номінальний річний фонд часу обладнання $\Phi_{н.о.}$, год/рік	2032
Дійсний річний фонд часу обладнання $\Phi_{д.о.}$, год/рік	1992

1.2 Виробнича програма та річний обсяг робіт з технічного обслуговування та ремонту автомобілів

Цикл ремонтно-обслуговувальних впливів [5]:

$$L_{к.р} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot L_{к.р}^H, \quad (1.6)$$

де $L_{к.р}$ – нормативне значення пробігу автомобіля до списання або капітального ремонту, встановленого заводом-виробником, тис. км.

Для автомобілів RENAULT MASTER, MERCEDES SPRINTER: $k_1=0,9$ [1, с. 38]; $k_2=1$ [1, с. 38]; $k_3=1$ [1, с. 38]; $L_{к.р}^H=300$ тис. км. [1, с. 31],

$$L_{к.р} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 300000 = 270000 \text{ км.}$$

Для автомобілів MA3 533603, MA3 533605, , $k_1=0,9$ [1, с. 38]; $k_2=1$ [1, с. 38]; $k_3=1$ [1, с. 38]; $L_{к.р}^H=600$ тис. км. [1, с. 31],

$$L_{к.р} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 600000 = 540000 \text{ км.}$$

Для автомобілів MA3 5551, MA3 5516: $k_1=0,9$ [1, с. 38]; $k_2=1$ [1, с. 38]; $k_3=1$ [1, с. 38]; $L_{к.р}^H=380$ тис. км. [1, с. 32],

$$L_{к.р} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 380000 = 342000 \text{ км.}$$

Для автомобілів MA3 642205: $k_1=0,9$ [1, с. 38]; $k_2=0,95$ [1, с. 38]; $k_3=1$ [1, с. 38]; $L_{к.р}^H=600$ тис. км. [1, с. 33],

$$L_{к.р} = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 600000 = 513000 \text{ км.}$$

Для автомобілів Renault Duster: $k_1=0,9$ [1, с. 38]; $k_2=1$ [1, с. 38]; $k_3=1$ [1, с. 38]; $L_{к.р}^H=350$ тис. км. [1, с. 33],

$$L_{к.р} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 350000 = 315000 \text{ км.}$$

Таблиця 1.4 – Нормативне значення пробігу автомобіля

	Автомобілі	$L_{кр}$, км
1	RENAULT MASTER MERCEDES SPRINTER	270000
2	MAZ 533603-340 MAZ 533605	540000
3	MAZ 642205	513000
4	MAZ 5551 MAZ 5516	342000
5	RENAULT DUSTER	315000

Таблиця 1.5 – Нормативні пробіги ТЗ між ТО-1 і ТО-2, тис. км

Автомобілі	ТО-1	ТО-2
Легкові та автобуси	5	20
Вантажні та автобуси на їхній базі, причепа та напівпричепа	4	16
Самоскиди кар'єрні	2	10
Причепа та напівпричепа-ваговоди	3	12

Пробіги автомобіля L_1 і L_2 [3]:

$$L_1 = k_1 \cdot k_3 \cdot L_1^H, \quad (1.7)$$

$$L_2 = k_1 \cdot k_3 \cdot L_2^H, \quad (1.8)$$

де L_1^H і L_2^H – нормативні значення пробігу автомобіля до ТО-1 і ТО-2, для вантажних і автобусів на їхній базі, причепів і напівпричепів [4]:

$$L_1 = 0,9 \cdot 1 \cdot 4000 = 3600 \text{ км},$$

$$L_2 = 0,9 \cdot 1 \cdot 16000 = 14400 \text{ км},$$

Для легкових і автобусів [2]:

$$L_1 = 0,9 \cdot 1 \cdot 5000 = 4500 \text{ км},$$

$$L_2 = 0,9 \cdot 1 \cdot 20000 = 18000 \text{ км}.$$

Таблиця 1.6 – Пробіги автомобіля L₁ і L₂ [7].

Пробіг	L ₁ , км	L ₂ , км
для вантажних і автобусів на їхній базі, причепів і напівпричепів	3600	14400
Для легкових і автобусів	4500	18000

Кількість капітальних ремонтів автомобіля і ТО [5]:

$$N_{к.р} = 1; ; ; , N_2 = \frac{L_{к.р}}{L_2} - 1, N_1 = \frac{L_{к.р}}{L_1} - N_2, N_{EO} = \frac{L_{к.р}}{L_{с.-с}} - 1 \quad (1.9)$$

де $N_{к.р}$, N_2 , N_1 і N_{EO} - кількість капітальних ремонтів, ТО-2, ТО-1 і ЕО в одному циклі ремонтно-обслуговувальних впливів, відповідно.

$$N_{2.1} = \frac{270000}{14400} - 1 = 18,$$

$$N_{2.2} = \frac{540000}{14400} - 1 = 37,$$

$$N_{2.3} = \frac{513000}{14400} - 1 = 35,$$

$$N_{2.4} = \frac{342000}{14400} - 1 = 23,$$

$$N_{2.5} = \frac{315000}{18000} - 1 = 17,$$

$$N_{1.1} = \frac{27000}{3600} - 18 = 57,$$

$$N_{1.2} = \frac{540000}{3600} - 37 = 113,$$

$$N_{1.3} = \frac{513000}{3600} - 35 = 107,$$

$$N_{1.4} = \frac{342000}{3600} - 23 = 72,$$

$$N_{1.5} = \frac{315000}{4500} - 17 = 53,$$

$$N_{EO.1} = \frac{270000}{90} = 3000,$$

$$N_{EO.2} = \frac{540000}{90} = 6000,$$

$$N_{EO.3} = \frac{513000}{90} = 5700,$$

$$N_{EO.4} = \frac{342000}{90} = 3800,$$

$$N_{EO.5} = \frac{315000}{90} = 3500.$$

Таблиця 1.7 – Кількість капітальних ремонтів автомобіля і ТО

	Автомобілі	N ₁	N ₂	N _{кр}	N _{ео}
1	RENAULT MASTER MERCEDES SPRINTER	57	18	1	3000
2	MAZ 533603-340 MAZ 533605	113	37	1	6000
3	MAZ 642205	107	35	1	5700
4	MAZ 5551 MAZ 5516	72	23	1	3800
5	Renault Duster	53	17	1	3500

Річна і добова програма ТО і ПР.

коефіцієнт переходу від циклу до року [7]:

$$\eta_{\Gamma} = \frac{L_{\Gamma}}{L_{\text{к.р}}}, \quad (1.10)$$

де L_{Γ} – річний пробіг автомобіля, тис. км.

Річний пробіг автомобіля L_{Γ} [6]:

$$L_{\Gamma} = D_{\text{р.г}} \cdot L_{\text{с.-с}} \cdot \alpha_{\text{т}}, \quad (1.11)$$

де $D_{\text{р.г}}$ – кількість днів роботи підприємства в році – 255, $\alpha_{\text{т}}$ – коефіцієнт технічної готовності автомобіля.

Значення коефіцієнта технічної готовності автомобіля $\alpha_{\text{т}}$:

$$\alpha_{\text{т}} = \frac{D_{\text{и.ц}}}{D_{\text{и.ц}} + D_{\text{п.ц}}}, \quad (1.12)$$

де $D_{\text{и.ц}}$ – кількість днів використання автомобіля за цикл; $D_{\text{п.ц}}$ – кількість днів простою автомобіля в ремонтах і ТО за цикл.

Кількість днів використання автомобіля за цикл [7]:

$$D_{\text{и.ц}} = \frac{L_{\text{к.р}}}{L_{\text{с.-с}}} = N_{\text{щТО}}, \quad (1.13)$$

Кількість днів простою автомобіля в ремонтах і ТО за цикл:

$$D_{п.ц} = k'_4(1,1D_{к.р} + D_{ТО,ПР}^H \cdot \frac{L_{к.р}}{1000}), \quad (1.14)$$

де $D_{к.р}$ – простій автомобіля в КР, дні; $D_{ТО,ПР}^H$ – нормативний простій автомобіля в ТО і ПР, днів на 1000 км пробігу, $k'_4 = 1,2$ – для вантажних автомобілів, $k'_4 = 0,7$ – для легкових автомобілів [2, с. 34].

Таблиця 1.8 – Тривалість простою транспортних засобів у технічному обслуговуванні та ремонті [6]

Транспортний засіб	Тривалість простою, днів на 1000 км пробігу
Легкові автомобілі категорії М ₁	0,40
Автобуси класів III, II категорій М ₂ , М ₃	0,50
Автобуси класу I	0,65
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю, т від 0,3 до 5,0 включно категорій N ₁ , N ₂	0,50
св. 5 до 12 категорії N ₂	0,60
св. 12 до 24 категорії N ₃	0,75
Причепи та напівпричепи категорій O ₁ , O ₂ , O ₃	0,20

$$D_{п.ц.1} = 1,2 \left(1,1 \cdot 15 + 0,5 \cdot \frac{270000}{1000} \right) = 182,$$

$$D_{п.ц.2} = 1,2 \left(1,1 \cdot 20 + 0,6 \cdot \frac{540000}{1000} \right) = 416,$$

$$D_{п.ц.3} = 1,2 \left(1,1 \cdot 20 + 0,75 \cdot \frac{513000}{1000} \right) = 488,$$

$$D_{п.ц.4} = 1,2 \left(1,1 \cdot 15 + 0,6 \cdot \frac{342000}{1000} \right) = 266,$$

$$D_{п.ц.5} = 0,7 \left(1,1 \cdot 12 + 0,4 \cdot \frac{315000}{1000} \right) = 97,$$

$$\alpha_{т.1} = \frac{3000}{3000+182} = 0,94,$$

$$\alpha_{т.2} = \frac{6000}{6000+416} = 0,94,$$

$$\alpha_{т.3} = \frac{5700}{5700+488} = 0,92,$$

$$\alpha_{\Gamma.4} = \frac{3800}{3800+266} = 0,93,$$

$$\alpha_{\Gamma.5} = \frac{3500}{3500+97} = 0,97,$$

$$L_{\Gamma.1} = 255 \cdot 90 \cdot 0,94 = 21573 \text{ км},$$

$$L_{\Gamma.2} = 255 \cdot 90 \cdot 0,94 = 21573 \text{ км},$$

$$L_{\Gamma.3} = 255 \cdot 90 \cdot 0,92 = 21114 \text{ км},$$

$$L_{\Gamma.4} = 255 \cdot 90 \cdot 0,93 = 21343 \text{ км},$$

$$L_{\Gamma.5} = 255 \cdot 90 \cdot 0,97 = 22261 \text{ км},$$

$$\eta_{\Gamma.1} = \frac{21573}{270000} = 0,08,$$

$$\eta_{\Gamma.2} = \frac{21573}{540000} = 0,04,$$

$$\eta_{\Gamma.3} = \frac{21114}{513000} = 0,04,$$

$$\eta_{\Gamma.4} = \frac{21343}{342000} = 0,06,$$

$$\eta_{\Gamma.5} = \frac{22261}{315000} = 0,07,$$

З урахуванням коефіцієнта переходу від циклу до року [7]:

$$N_{2.1} = 18 \cdot 0,08 = ,07,$$

$$N_{2.2} = 37 \cdot 0,04 = 1,5,$$

$$N_{2.3} = 35 \cdot 0,04 = 1,4,$$

$$N_{2.4} = 23 \cdot 0,06 = 1,4,$$

$$N_{2.5} = 17 \cdot 0,07 = 1,2,$$

$$N_{1.1} = 57 \cdot 0,08 = 7,$$

$$N_{1.2} = 113 \cdot 0,04 = 4,6,$$

$$N_{1.3} = 107 \cdot 0,04 = 4,3,$$

$$N_{1.4} = 72 \cdot 0,06 = 4,3,$$

$$N_{1.5} = 53 \cdot 0,07 = 3,7,$$

$$N_{\text{ЩТО.1}} = 3000 \cdot 0,08 = 240,$$

$$N_{\text{ЩТО.2}} = 6000 \cdot 0,04 = 240,$$

$$N_{\text{ЩТО.3}} = 5700 \cdot 0,04 = 228,$$

$$N_{\text{ЩТО.4}} = 3800 \cdot 0,06 = 228,$$

$$N_{\text{ЩТО.5}} = 3500 \cdot 0,07 = 245.$$

Таблиця 1.9 – Кількість ТО і ЩТО автомобілів на рік

	Автомобілі	N ₁	N ₂	N _{ео}
1	RENAULT MASTER MERCEDES SPRINTER	7	1	240
2	MAZ 533603-340 MAZ 533605	5	2	240
3	MAZ 642205	4	1	228
4	MAZ 5551 MAZ 5516	4	1	228
5	Renault Duster	4	1	245

Кількість впливів на весь парк автомобілів на рік [7]:

$$\Sigma N_{\Gamma i} = A_c \cdot N_{\Gamma i}, \quad (1.15)$$

де A_c – спискова кількість автомобілів на підприємстві – 24.

$$\Sigma N_{\Gamma.2} = 24 \cdot 6 = 144,$$

$$\Sigma N_{\Gamma.1} = 24 \cdot 24 = 576,$$

$$\Sigma N_{\Gamma.\text{ЩТО}} = 24 \cdot 1181 = 28344.$$

Добова програма [6]:

$$N_{ci} = \frac{N_{\Gamma i}}{D_{p.\Gamma i}}, \quad (1.16)$$

де $D_{p.i}$ – кількість робочих днів у році i -го підрозділу, що виконує цей вид робіт.

$$N_{c.2} = \frac{6}{255} = 0,02,$$

$$N_{c.1} = \frac{24}{255} = 0,09,$$

$$N_{c.\text{ЩТО}} = \frac{1181}{255} = 5.$$

Річний обсяг робіт $T_{\Gamma i}$:

$$T_{gi} = \Sigma N_{gi} \cdot t_i = \Sigma N_{gi} \cdot t_i^H \cdot k_2 \cdot k_4'' \cdot k_6, \quad (1.17)$$

де t_i^H – нормативна трудомісткість i -го впливу, $k_4'' = 1,2$ [1, с. 8], $k_6 = 1,1$ [1, с. 8],

$$T_{г.2} = 144 \cdot 10,9 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 2071,$$

$$T_{г.1} = 576 \cdot 6,3 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 4790,$$

$$T_{г.щто} = 28344 \cdot 0,43 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 16088.$$

Річну трудомісткість діагностичних робіт визначають за формулами [9]:

$$T_{д-1г} = aT_{1г}, T_{д-2г} = bT_{2г} T_{дпр} = cT_{прг} \quad (1.18)$$

де a , b і c – частки діагностичних робіт в обсязі робіт ТО-1 (4-15 %), ТО-2 (2-12 %) і ПР (1-2 %), відповідно.

$$T_{д-2г} = 12\% \cdot 2071 = 248,$$

$$T_{д-1г} = 15\% \cdot 4790 = 718,$$

Талиця 1.10 – Добова програма та річний обсяг робіт

	Кількість впливів на весь парк автомобілів на рік	Добова програма	Річний обсяг робіт
1	576	0.12	4790
2	144	0.05	2971
3	28344	5	16088

Оскільки зміст окремого поточного ремонту і момент потреби в ньому прогнозувати важко, то річний обсяг поточних ремонтів $T_{ТР}$ визначають за питомими показниками на 1000 км пробігу автомобілів:

$$T_{ТПР} = A_c \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot \frac{L_r}{1000} \cdot t_{ПР}^H, \quad (1.19)$$

де $t_{ТР}^H$ – нормативна трудомісткість ПР, віднесена до 1000 км пробігу, $k_5 = 1,5$ [7, с. 39],

$$T_{ТР.1} = 5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot \frac{21573}{1000} \cdot 3,3 = 634,$$

$$T_{ТР.2} = 5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot \frac{21573}{1000} \cdot 3,4 = 653,$$

$$T_{\text{ТР.3}} = 4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot \frac{21114}{1000} \cdot 5,6 = 842,$$

$$T_{\text{ТР.4}} = 8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot \frac{21343}{1000} \cdot 3,8 = 1156,$$

$$T_{\text{ТР.5}} = 2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot \frac{22261}{1000} \cdot 3 = 216.$$

Таблиця 1.11 – Річний обсяг поточних ремонтів

	Автомобілі	Річний обсяг поточних ремонтів на 1000 км пробігу
1	RENAULT MASTER MERCEDES SPRINTER	634
2	MA3 533603-340 MA3 533605	653
3	MA3 642205	842
4	MA3 5551 MA3 5516	1156
5	Renault Duster	216

Розрахунок кількості робочих місць і чисельності працюючих [7]:

$$n_{\text{яв}} = \eta_{\text{ш}} \cdot n_{\text{сп}}, \quad (1.20)$$

де $\eta_{\text{ш}}$ – коефіцієнт штатності, що дорівнює відношенню $\Phi_{\text{д.р}}/\Phi_{\text{н.р.}}$.

$$n_{\text{яв}} = \frac{\Phi_{\text{др}}}{\Phi_{\text{нр}}} \cdot n_{\text{сп}}, \quad (1.21)$$

$$n_{\text{яв}} = \frac{1744}{2032} \cdot 29 = 25 \text{ чол.}$$

Виробничі допоміжні робітники:

$$n_{\text{вс}} = 25 \cdot 0,25 = 1 \text{ чол.}$$

Інженерно-технічні працівники:

$$n_{\text{итр}} = 29 \cdot 0,07 = 2 \text{ чол.}$$

Кількість робочих місць:

$$n_{\text{р.м}} = \frac{n_{\text{яв}}}{n_{\text{р}} \cdot n_{\text{зм}}},$$

де $n_{\text{р}}$ – чисельність робітників на робочому місці; $n_{\text{зм}}$ – число змін; $n_{\text{яв}}$ – явочна чисельність робітників.

$$n_{\text{р.м}} = \frac{25}{5 \cdot 1} = 5.$$

1.3 Обґрунтування витрат виробничих ресурсів

Річна кількість електроенергії, що споживається технологічним обладнанням на шинах низької напруги [3]:

$$W_{\text{сил}} = \sum_1^n N_{yi} \cdot \Phi_{\text{до}} \cdot k_{\text{вi}} \cdot k_{\text{мі}}, \text{ кВт-год}, \quad (1.22)$$

де N_{yi} – встановлена потужність струмоприймачів i -го виду устаткування, кВт; $i = 1 \dots n$ – кількість видів устаткування; k_{yi} та $k_{мі}$ – відповідно, коефіцієнти використання струмоприймачів i -го виду устаткування за часом і за потужністю (приймають рівним 0,75-0,80).

Таблиця 1.12 – Значення коефіцієнта використання струмоприймачів обладнання за часом

Види обладнання	$k_{\text{в}}$
Розбиральне, складальне, випробувальне, обкатувальне	0,45-0,55
Очисне	0,60-0,75
Металорізальні верстати	0,70-0,80
Молоти, преси	0,15-0,20
Електрозварювальне	0,30-0,35
Випрямлячі, високочастотні генератори	0,60-0,80
Термічне обладнання, сушильні печі, фарбувальні камери, сантехнічне обладнання, компресори, вентилятори	0,70-0,75
Підйомно-транспортне обладнання	0,15-0,20

$$W_{\text{сил}} = \sum_1^3 (1 + 2,0 + 6) \cdot 1992 \cdot 0,7 \cdot 0,2 = 22589 \text{ кВт-год.}$$

Для того щоб визначити освітлювальне навантаження:

$$W_{\text{осв}} = 10^{-3} \sum_1^n R_i \cdot t_{\text{oci}} \cdot F_{\text{oci}}, \text{ кВт-год}, \quad (1.23)$$

де R_i – норма електричної потужності освітлювальних приладів i -го виду, приведена до одного квадратного метра освітлюваної площі, Вт/м²; $i = 1 \dots n$ – кількість видів освітлювальних приладів; t_{oci} – середня тривалість роботи освітлювального приладу i -го виду впродовж року, год; F_{oci} – площа території, що освітлюється освітлювальними приладами i -го виду, м².

Таблиця 1.13 – Питома витрата електроенергії на освітлення виробничих ділянок

Виробничі ділянки	Питома витрата електроенергії, Вт/м ²
Розбирально-очисний, ремонту рам і кузовів, мідницький, гальванічний, деревообробний, комплектувальний, складання автомобілів, обкатно-випробувальний, компресорна.	15-18
Визначення технічного стану деталей, слюсарно-механічний	25-35
Складання агрегатів, ремонту електрообладнання та приладів живлення, фарбування, переробки пластмас	20-25
Ковальсько-термічний-ресорний, зварювально-наплавочний	14-16
Лабораторії та адміністративні приміщення	20-25
Склади	7-10
Адміністративно-побутові приміщення	15-20
Майданчики для стоянки електронавантажувачів і електрокарів	6-10
Майданчики просто неба	3-5

$$W_{\text{осв}} = 10^{-3} \sum_1^1 25 \cdot 10200 \cdot 228 = 7344 \text{ кВт-год.}$$

Річна витрата електроенергії на шинах високої напруги W_{Σ} визначається сумою витрати енергії на шинах низької напруги і втрат у трансформаторах:

$$W_{\Sigma} = W_{\text{сил}} + W_{\text{осв}}, \text{ кВт-год,} \quad (1.24)$$

де $W_{\text{сил}}$ – річна кількість втрат енергії в трансформаторах, кВт-год.

$$W_{\Sigma} = 22589 + 7344 = 29933, \text{ кВт-год,}$$

РОЗДІЛ 2

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

За основу візьмемо технологічну інструкцію "демонтаж коробки перемикання передач" [6].

Для оптимізації цього технологічного процесу вводимо стенд для зняття коробок перемикання передач.

Цей стенд дасть змогу зняти КПП без допомоги кран-балки, що істотно підвищить безпеку проведення робіт, а також скоротить споживання електроенергії.

2.1 Зміст технологічної інструкції

Технологічний процес демонтажу КПП охоплює проведення таких робіт [7]:

- встановлення автомобіля на підйомнику;
- злити масло з картера КПП відвернувши зливну пробку;
- від'єднати провіда і патрубки, що заважають зняттю КПП;
- зняти муфту і вал вилки вимикання зчеплення;
- зняти тягу важеля перемикання передач;
- підкотити і встановити пристосування для зняття КПП;
- від'єднати карданну передачу;
- відкрутити болти кріплення КПП;
- упустити КПП;
- викотити пристосування разом із КПП з підлоги автомобіля.

Схема пристосування наведена на рис. 2.1.

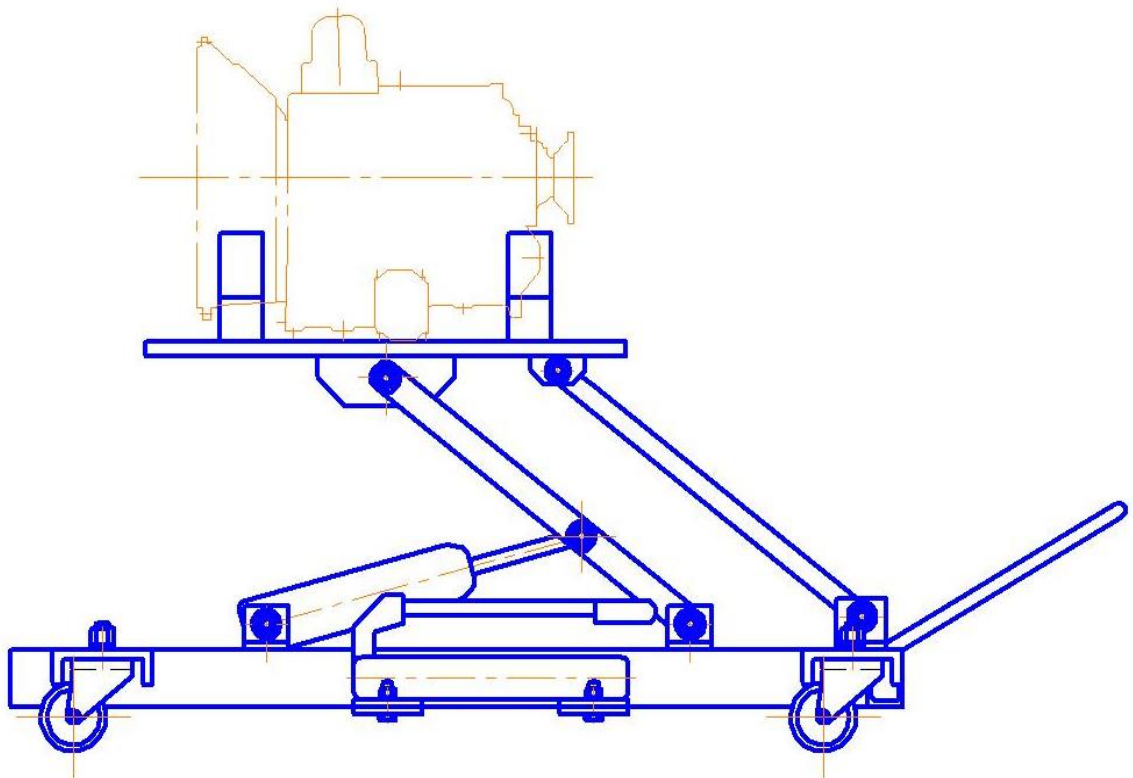


Рис. 2.1. Схема пристосування для зняття КПП

Установка автомобіля на підйомнику.

Перед проведенням монтажних робіт необхідно перевірити:

- працездатність підйомника
- цілісність усіх механізмів та ізоляції проводів [4].

Автомобіль необхідно встановити на спеціальну платформу, після чого, за допомогою універсального затискача, автомобіль фіксується на платформі [4].

Після перевірки кріплення здійснюється підйом автомобіля [4].

Злив мастила з картера КПП.

Для зливу оливи необхідно відвернути зливну пробку за допомогою гайкового ключа. Масло зливається в спеціальну ванну для зливу масла [4].

Вимкнення проводів.

Для зняття КПП необхідно від'єднати дроти датчика заднього ходу, датчика швидкості та маси. Для цієї операції використовуються гайкові ключі [4].

Зняття пневмопідсилювача.

Для цієї операції необхідно використовувати гайкковерт із відповідними головками. Після зняття з корпусу, пневмопідсилювач фіксується на рамі автомобіля [4].

Зняття тяги важеля важеля перемикання передач.

Для виконання цієї операції необхідно відкрутити болти кріплення верхньої кришки КПП, після чого витягти вилку перемикання з коробки. Далі тяга забирається в сторону і фіксується [4].

Встановлення пристосування для зняття КПП.

Пристосування підкочується під автомобіль, після чого платформам піднімається до рівня КПП [4].

Від'єднання краданної передачі.

До встановлення необхідно зафіксувати кардан, після чого за допомогою гайкових ключів і пневмоключа відкрутити кріплення кардана [4].

Від'єднання КПП.

Зняття здійснюється за допомогою пневмоключа [3].

Опускання КПП на пристосуванні.

КПП викочується на пристосуванні з-під автомобіля.

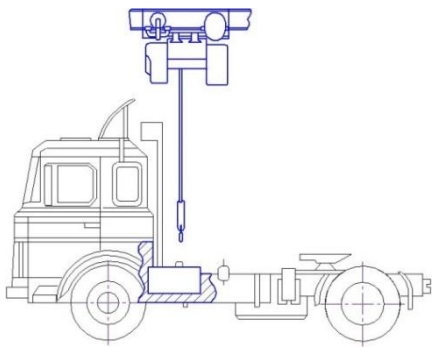
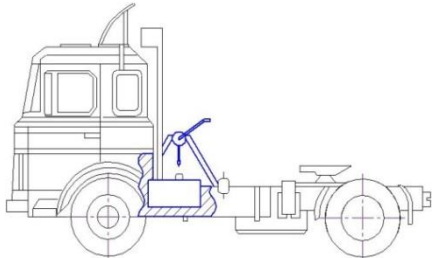
РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ДЕМОНТАЖУ КПП ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Ремонт КПП є невід'ємною частиною процесу ремонту на станціях технічного обслуговування. Пропоноване пристосування механізує процес зняття і встановлення одного з основних вузлів трансмісії. Від загальної трудомісткості розбірних робіт на монтаж і демонтаж КПП витрачається дуже багато часу, тому що цей агрегат дуже важкий і розташовується у важкодоступному місці. Це пристосування дає змогу знизити трудомісткість і механізувати процес.

На табл. 3.1 представлено аналіз наявних конструкцій для зняття коробки змінної передачі.

Таблиця 3.1 – Аналіз наявних конструкцій для зняття коробки змінної передачі.

Ескіз конструкції	Обґрунтування	Переваги та недоліки
Електричний тельфер 	Зняття КПП за допомогою тельфера з використанням вантажозахватних механізмів	Недоліки: 1. Потреба в стаціонарних вантажозахоплювальних механізмах. 2. Для демонтажу-монтажу необхідно як мінімум 2 людини
Ручна лебідка 	Призначена для підйому й опускання КПП. Встановлюється на рамі автомобіля.	Недоліки: 1. Травмонебезпечність. 2. Для демонтажу-монтажу необхідно як мінімум 2 людини Переваги: 1. простота конструкції

4.1 Призначення та сфера застосування

Пристосування призначене для монтажу і демонтажу КПП автомобіля МАЗ, MAN. Він може застосовуватися в спеціалізованих цехах і підприємствах з ремонту автомобілів МАЗ, MAN.

Це пристосування з гідроприводом, який дає змогу піднімати й опускати КПП щодо нульового розташування трансмісії.

3.2 Вихідні дані для проектування

- габаритні розміри, мм:

довжина 1300

ширина 600

висота підйому 520-1120 мм.

- маса, 80 кг

- кількість обслуговуючого персоналу, 1 чол.

- вантажопідйомність, 3000 кг.

3.3 Пристрій пропонованого пристосування для зняття та встановлення КПП.

Пристосування складається з: рами 1, яка являє собою зварену конструкцію зі швелерів і куточків, розмірами 1300×600×80 мм, на якій кріпиться все інше обладнання, опори КПП 2, Тяга 3 призначена для підйому рухомого майданчика за допомогою гідроциліндра 4. Гідроциліндр піднімає і опускає опору за допомогою гідронасоса 7, який створює тиск масла в гідроциліндрі. До рами кріпляться всі основні елементи пристосування. До рами приєднані маточини коліс 5, до якої кріпляться колеса 6, які зі свого боку призначені для переміщення пристосування рівним майданчиком.

Пристосування для зняття і встановлення КПП на рис. 3.1.

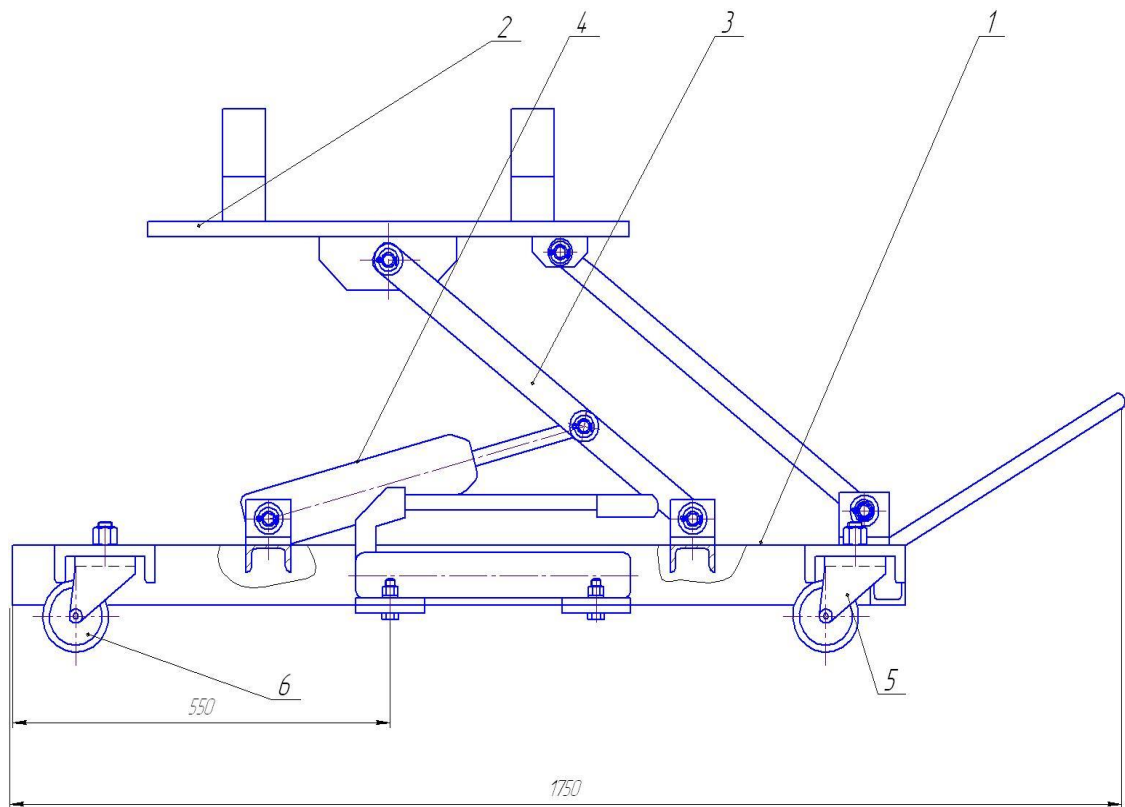


Рис. 3.1. Пристосування для зняття і встановлення коробки змінних передач

3.4 Принцип роботи пристосування для зняття і встановлення КПП

Піднімають опору КПП 2 за допомогою важеля 8, який нагнітає тиск у гідронасосі 7, унаслідок чого рідина подається на гідроциліндр 4, який піднімає на потрібну висоту опору КПП. Трохи піднявши пристосуванням КПП, відкручуємо КПП від кожуха маховика, відкрутивши задній фланець від карданного вала. Після того як КПП нічого не перешкоджає переміщенню в поздовжньому напрямку, пересуваємо пристосування за допомогою важеля 9. Витягнувши первинний вал КПП зі шліцьового зачеплення зі зчепленням, плавно опускаємо КПП. Після того як опустили КПП у найнижче положення, пересуваємо пристосування з КПП у необхідне для ремонту місце.

3.5 Розрахунок елементів пристосування для зняття та встановлення коробки змінних передач

3.5.1 Розрахунок зварних швів.

Міцність кутового шва станини, на який діють згинальний момент і сила, паралельна шву, розраховується за формулою [14]:

$$\tau_3 = \sqrt{\left(\frac{F}{0,7 \times K \times l}\right)^2 + \left(\frac{6 \times F \times l}{0,7 \times K \times l^2}\right)^2} \leq [\tau_3], \quad (3.1)$$

де τ_3 – розрахункове напруження зрізу на шві;

$[\tau_3]$ – допустиме напруження на зріз шва, $[\tau_3] = 40 \dots 75$ МПа;

F – сила, що розтягує з'єднані елементи, Н;

L – довжина шва, мм;

K – катет поперечного перерізу шва, мм.

У нашому випадку F приймаємо 1000 Н.

$$\tau_3 = \sqrt{\left(\frac{1000}{0,7 \times 3 \times 680}\right)^2 + \left(\frac{6 \times 1000 \times 680}{0,7 \times 3 \times 680^2}\right)^2} = 4,2 \leq [\tau_3].$$

Розрахункове значення напруги на зріз задовольняє умову [4].

Визначимо реакції в опорах А і В, для чого складемо рівняння моментів щодо опор А і В.

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = -q \cdot 0,25 - 0,125 - q \cdot 0,25 - 0,125 + R_{(B)} \cdot 0,25 = 0$$

$$R_B = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 0,125 + 2 \cdot 0,25 \cdot 0,125}{0,25} = 0,5 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\sum M_B = -q - 0.25 - 0.125 - q - 0.25 - 0.125 + R_{(A)} \cdot 0.25 = 0$$

$$R_A = 0.5 \text{ кН}$$

Перевірка: $\sum y = -q - 0.5 + R_B + R_A = 0$

$$\sum y = -2 - 0.5 + 0.5 + 0.5 = 0$$

Будуємо епюру навантаження майданчика від сили ваги КПП:

I ділянка (зліва): $0 \leq X_1 \leq 0.1 \text{ м}$

$$Q_1 = 0 \text{ кН}$$

$$M_{i1} = 0 \text{ кН-м;}$$

II ділянка (ліворуч): $0.1 \leq X_2 \leq 0.35 \text{ м}$

$$Q_{2x=0.1} = q - (x_2 - 0.1) = 0 \text{ кН}$$

$$Q_{2x=0.35} = q - (x_2 - 0.1) = 0.5 \text{ кН}$$

$$M_{и2x=0.1} = \frac{-q \cdot (x_2 - 0.1)^2}{2} = 0 \text{ кН-м}$$

$$M_{и2x=0.35} = \frac{-q \cdot (x_2 - 0.1)^2}{2} = 0.0625 \text{ кН-м}$$

IV ділянка (праворуч): $0 \leq X_{(4)} \leq 0.1 \text{ м}$

$$Q_4 = 0 \text{ кН}$$

$$M_{и4} = 0 \text{ кН-м;}$$

III ділянка (праворуч): $0.1 \leq X_{(3)} \leq 0.35 \text{ м}$

$$Q_{3x=0.1} = -R_B + q - (x_3 - 0.1) = -0.5 \text{ кН}$$

$$Q_{3x=0.35} = -R_B + q - (x_3 - 0.1) = 0 \text{ кН}$$

$$M_{и3(x=0.1)} = R_B(x_3 - 0.1) - \frac{q \cdot (x_3 - 0.1)^2}{2} = 0 \text{ кН-м}$$

$$M_{и3(x=0.35)} = R_B(x_3 - 0.1) - \frac{q \cdot (x_3 - 0.1)^2}{2} = 0.125 - 0.0625 = 0.0625 \text{ кН-м}$$

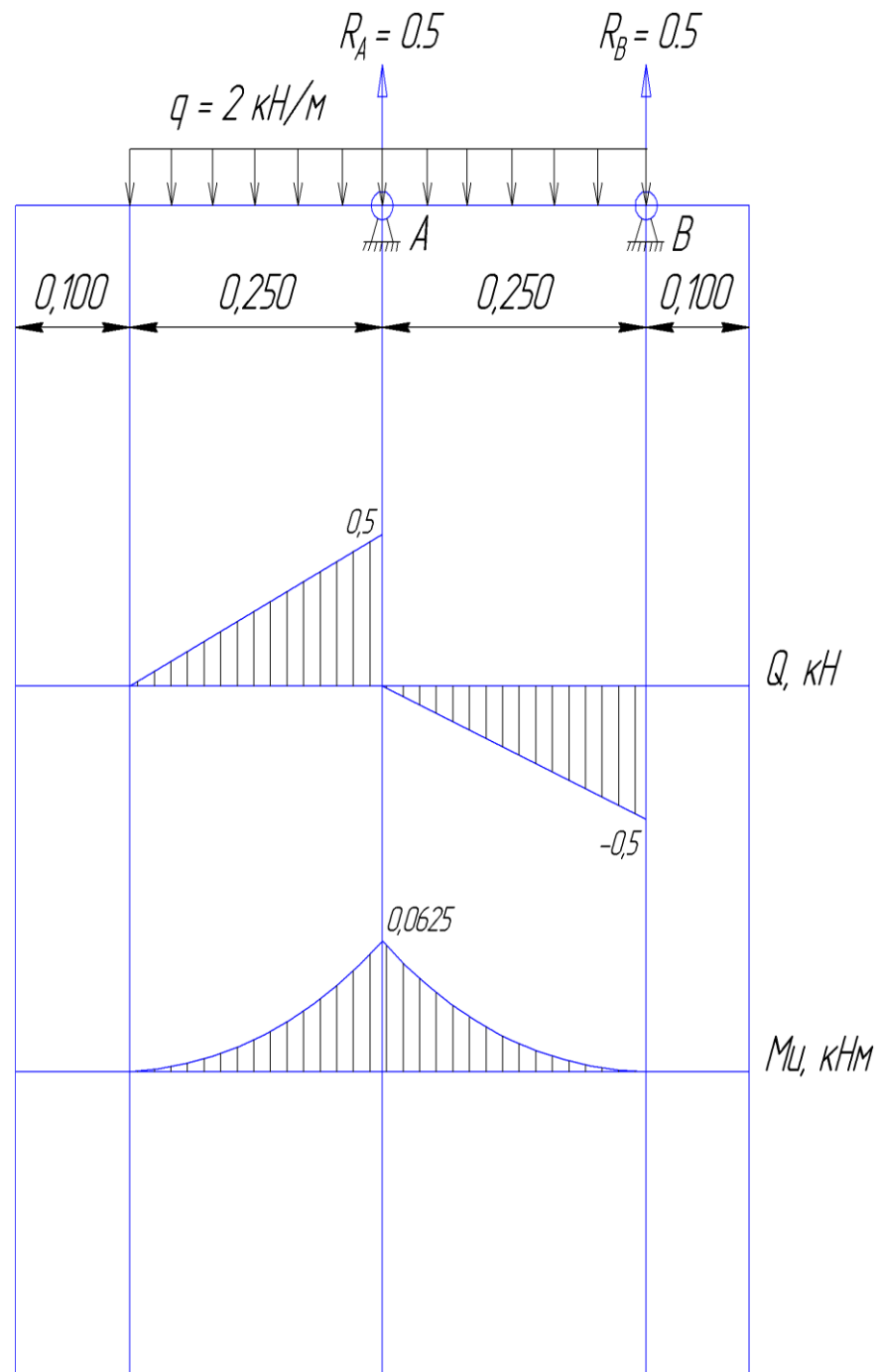


Рис. 3.2. Епюра.

Виходячи з розрахункових даних, отримуємо, що максимальний момент, що діє на майданчик, дорівнює 0,0625 кН-м. Допустима напруга під час вигину для виливків зі сталі $[\sigma_3] = 25 \text{ МПа} = 2,5 \text{ кН/см}^2$. Отже, ми можемо розрахувати осьовий момент опору, який характеризує міцність матеріалу [5].

$$W_{oc} = M_{и}^{max} / [\sigma_3] = 0,25 \text{ см}^3 \quad (3.2)$$

Отримуємо, що умова міцності на вигин майданчика під дією ваги КПП виконується [5].

Міцність зварного шва в сполученні майданчика на зріз під дією ваги КПП розраховується за формулою [4]:

$$\tau_{zp} = \sqrt{\left(\frac{F}{0,7 \times K \times l}\right)^2 + \left(\frac{6 \times F \times l}{0,7 \times K \times l^2}\right)^2} \leq [\tau_{zp}], \quad (3.3)$$

де τ_{zp} – розрахункове напруження зрізу на шві;

$[\tau_{zp}]$ - допустиме напруження на зріз шва, $[\tau_{zp}] = 65$ МПа;

F – сила, що розтягує з'єднані елементи, Н;

L – довжина шва, мм;

K – катет поперечного перерізу шва, мм.

$$\tau_c = \sqrt{\left(\frac{600}{0,7 \times 3 \times 60}\right)^2 + \left(\frac{6 \times 600 \times 60}{0,7 \times 3 \times 60^2}\right)^2} = 28,9 \leq [\tau_c]$$

Розрахункове значення напруги на зріз зварного шва задовольняє умову.

3.5.2 Розрахунок важелів на міцність

Розраховуємо упор на вигин [19]. Схему сил, що діють на упор, наведено на рис. 3.3.

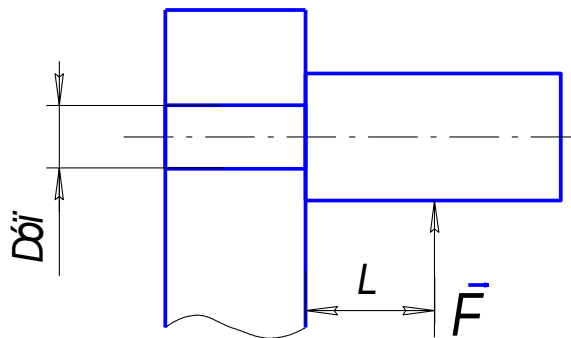


Рис. 3.3. Схема сил, що діють на упор.

$$\sigma_{II} = M_{II} / W_x \geq [\sigma_{II}], \quad (3.4)$$

де $M_{\text{и}}$ – згинальний момент, кН×м;

W_x – осьовий момент опору, см³.

$$M_{\text{и}} = F \times l, \quad (3.5)$$

де F – сила, що діє на упор, Н; $F = 1000$ Н;

l – плече сили, м; $l = 0.03$ м.

$$M_{\text{и}} = 1000 \times 0.03 = 30 \text{ Н-мм.}$$

$$W_x = \frac{\pi \cdot d_{\text{уп}}^3}{32} \quad (3.6)$$

Де $\pi = 3.14$;

d – діаметр упору, мм.

$$[\sigma_{\text{и}}] = \sigma_{\text{в}} / n, \quad (3.7)$$

де $\sigma_{\text{в}}$ – допустиме напруження, Н/мм²; $\sigma_{\text{в}} = 780$ Н/мм²;

n – коефіцієнт запасу, $n = 2.25$.

$$[\sigma_{\text{и}}] = 780 / 2.25 = 346.6 \text{ Н/мм}^2 = 346.6 \text{ МПа}$$

$$d_{\text{уп}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot [\sigma_{\text{и}}]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 30}{3.14 \cdot 346.6}} = 9.59 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{\text{уп}} = 10$ мм.

Розраховуємо упор на зріз [19].

Під час розрахунку упору на зріз, має виконуватися умова [9]:

$$\Sigma_{\text{зр}} = P / A_{\text{зр}} \leq [\sigma_{\text{зр}}], \quad (3.8)$$

де P – сила, що діє на упор, Н; $P = 1000$ Н;

$A_{зр}$ – площа поперечного перерізу упору, мм^2 .

$$A_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.9)$$

де d – діаметр упору, мм; $d = 15$ мм.

$$A_{зр} = \frac{3.14 \cdot 100}{4} = 78.5 \text{ мм}^2.$$

$$\Sigma_{зр} = 1000/78.5 = 12.7 \text{ Н/мм}^2.$$

$$[\sigma_{зр}] = \sigma_T/n, \quad (3.10)$$

де σ_T – напруження, що допускається, Н/мм^2 ; $\sigma_T = 540 \text{ Н/мм}^2$;

n – коефіцієнт запасу, $n = 1.75$ [5].

$$[\sigma_{зр}] = 540/1.75 = 308.5 \text{ Н/мм}^2.$$

$$12.7 \leq 308.5.$$

Розрахункове значення упору на вигин задовольняє умову.

3.5.3 Розрахунок осі на зріз

Для осі приймаємо:

- матеріал сталь 45;

гранично-допустиме напруження $[\tau_{зр}] = 58 \text{ МПа}$ [11].

Умова міцності при зрізі має вигляд [12].

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{F} \leq [\tau_{зр}], \quad (3.11)$$

де Q – сила, що діє під час зрізу осі, вона дорівнюватиме силі реакції опор $R_A = Q = 0.5 \text{ кН}$;

F – площа зрізу.

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.12)$$

де d – діаметр осі;

$$F = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2 = 3,14 \text{ см}^2.$$

$$\tau_{зр} = \frac{0,5}{3,14} = 0,15 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 1,5 \text{ МПа}.$$

Запас міцності визначимо за формулою:

$$n = \frac{[\tau]}{\tau}, \quad (3.13)$$

$$n = \frac{58}{1,5} = 38,6.$$

Отже, міцність осі забезпечено.

Під час складання пристосування повинні виконуватися такі вимоги:

- Суворі послідовність виконання операцій під час складання машини відповідно до вимог технології: деталь – сполучення – складальна одиниця – вузол – агрегат – пристосування;
- Збірка повинна виконуватися за допомогою сучасних засобів;
- Перед складанням деталі мають бути промиті, робочі поверхні протерті і змащені маслом, канали продуті;

- Під час складання слід дотримуватися: зазорів, натягу, розбігів, люфтів, співвісності, регулювання, затягування різьблень та ін. параметрів;
- Під час складання необхідно ретельно стежити за герметичністю збірки, не допускаючи підтікання масла;

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконаного дослідження було розроблено технологічну схему агрегатної дільниці машинно-ремонтної майстерні, що забезпечує ефективне обслуговування та ремонт коробок передач вантажних автомобілів. Проаналізовано асортимент і номенклатуру необхідного машинного та складського обладнання, що дозволило оптимізувати планувальне рішення дільниці з урахуванням принципів ергономіки, безпеки праці та скорочення простоїв техніки. Виконано функціонально-конструктивний аналіз існуючих методів демонтажу КПП, що виявив ключові недоліки традиційних підйомно-захватних пристроїв, зокрема недостатню універсальність і підвищене навантаження на кузов автомобіля.

Проведені розрахунки міцності та стабільності конструктивних елементів пристосування підтвердили відповідність його технічних характеристик нормативним вимогам і допустимим граничним навантаженням.

Техніко-економічна оцінка показала, що впровадження розробленої технологічної одиниці дозволить скоротити час демонтажу та монтажу КПП на 25–30 %, знизити витрати на трудовитрати та підвищити продуктивність дільниці на 15–20 %.

Загалом, виконана робота належить до прикладних досліджень із високим рівнем практичної значущості та може бути рекомендована до впровадження в ремонтних підприємствах аграрного та транспортного секторів. Запропонована конструкція пристосування має модифікаційний потенціал для адаптації під різні моделі вантажних автомобілів, що створює основу для подальших досліджень та розвитку ремонтно-обслуговуючих технологій. Впровадження отриманих результатів сприятиме підвищенню надійності автопарків, зниженню витрат на ремонт та забезпеченню безперебійної роботи транспорту в умовах зростаючих навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко Ю. М. Технологія ремонту автомобільного транспорту. Київ : Арістей, 2014. 432 с.
2. Судаков В. І. Організація та планування ремонтних виробництв. Харків : О. Е. Міщенко, 2012. 368 с.
3. Король І. Г. Проектування виробничих діляниць машинно-ремонтних майстерень. Львів : Львівський національний університет, 2018. 290 с.
4. Олійник П. С. Гідравлічні системи вантажних автомобілів: довідник. Київ : Техніка, 2015. 256 с.
5. Лисан В. П. Діагностика енергетичних установок: сучасні методи. Дніпро : Наукдрук, 2017. 312 с.
6. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
7. 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.
8. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». 2020. № 2. С 34–41.
9. 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.
10. етренко О. В., Шевчук С. А. Оптимізація технологічних процесів машинно-ремонтної майстерні. Технічний журнал. 2020. № 4. С. 45–52.

11. Шевчук С. А. Мобільні технічні станції: технології та організація роботи. Збірник наукових праць «Автотранспорт і сервіс». 2019. Вип. 12. С. 78–85.
12. Іваненко М. П. 3D-друк у виробництві запасних частин: практика застосування. Інновації в промисловості. 2021. № 1. С. 23–29.
13. Пат. № 11223344 Україна, МПК В66С 13/00 «Пристрій для демонтажу коробки передач вантажного автомобіля»; заявл. 10.05.2023; опубл. 20.11.2023.
14. Пат. № 10987654 Україна, МПК В62D 43/00 «Мобільна ремонтна станція для вантажних автомобілів»; заявл. 15.03.2022; опубл. 01.10.2022.
15. Гончарук А. В. Управління ризиками в умовах воєнного стану. Бізнес-безпека. 2022. № 3. С. 15–22.
16. Дорошенко П. С. Логістика в умовах кризових ситуацій. Київ : Логос, 2019. 274 с.
17. Коваленко О. С. Автоматизація обліку та діагностики автопарків. Системи управління та інформаційні технології. 2021. Т. 8, № 2. С. 95–103.
18. Johnson P.R., Lee M.K. Workshop Layout and Facility Planning. New York : John Wiley & Sons, 2016. 450 p.
19. Brown A.L. Heavy Vehicle Transmission Systems: Maintenance and Repair. London : Elsevier, 2017. 368 p.
20. Miller T.S., Davis R. Hydraulics in Automotive Applications. Warrendale : SAE International, 2015. 300 p.
21. Peterson M.J. Computer-Aided Design for Repair Tools. New York : McGraw-Hill Education, 2014. 400 p.
22. Davis K., Thompson J. Ergonomics in Industrial Machinery Maintenance. London : Taylor & Francis, 2018. 250 p.
23. Roberts S., Green D. Maintenance Engineering Handbook. Boca Raton : CRC Press, 2016. 1024 p.

24. Wang L., Zheng Y. Additive Manufacturing for Spare Parts Production. Berlin : Springer, 2020. 220 p.
25. Lee C.H. Telemetry Systems in Heavy Vehicles. Journal of Vehicle Technology. 2021. Vol. 45, No. 2. Pp. 78–89.
26. SAE J861 Shop Equipment Standards for Gear Removal and Installation. Warrendale : SAE International, 2019. 12 p.