

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

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Турбал Максим Вікторович**

**УДК 629.3.083**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО І РЕМОНТУ  
АВТОМОБІЛІВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ КРАНА ДЛЯ ЗАМІНИ  
ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ АГРЕГАТІВ ТРАНСМІСІЇ  
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

\_\_\_\_\_ Турбал М.В.

**Керівник роботи**

Білецький В.Р.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2024**

## АНОТАЦІЯ

**Турбал Максим Вікторович. Удосконалення організації ТО і ремонту автомобілів з модернізацією крана для заміни та транспортування агрегатів трансмісії автомобілів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Даний дипломний проєкт зосереджено на вирішенні актуальної проблематики удосконалення процесів технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

У рамках проєкту проведено аналіз сучасних технологій і обладнання, що застосовуються в автосервісах, з акцентом на недоліки, що обмежують продуктивність і безпеку процесів. Виявлено ключові фактори, які ускладнюють заміну та транспортування трансмісійних агрегатів, зокрема, неадекватна мобільність кранів, низька точність позиціонування вантажу та недостатня ергономічність обладнання.

Проєктом передбачено розробку нову конструкцію крана, який включає вдосконалені механізми підйому, оптимізовану систему управління та покращені можливості регулювання для підвищення точності та маневреності при виконанні робіт. Окрім технічних аспектів, у проєкті враховано вимоги до безпеки та екологічності.

Запровадження запропонованих технічних рішень сприятиме не лише підвищенню ефективності ремонтних робіт, але й забезпечить значне зниження часу на обслуговування та ремонт, зменшення витрат на експлуатацію обладнання та поліпшення робочого середовища для сервісних інженерів.

*Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, кран, трансмісія, транспортування, розбирання.*

## ANNOTATION

*Maksym Viktorovych Turbal. Improvement of the organization of maintenance and repair of cars with modernization of the crane for replacement and transportation of car transmission units. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2024.

This thesis project focuses on solving the urgent problem of improving the processes of car maintenance and repair.

The project analysed the current technologies and equipment used in car repair shops, with a focus on the shortcomings that limit the productivity and safety of the processes. The key factors that complicate the replacement and transportation of transmission units were identified, including inadequate crane mobility, low load positioning accuracy and insufficient ergonomics of the equipment.

The project envisages the development of a new crane design that includes improved lifting mechanisms, an optimised control system and improved adjustment capabilities to increase the accuracy and manoeuvrability of the crane. In addition to the technical aspects, the project takes into account safety and environmental requirements.

The implementation of the proposed technical solutions will not only improve the efficiency of repair work, but will also significantly reduce maintenance and repair time, reduce equipment operating costs and improve the working environment for service engineers.

*Keywords: maintenance, repair, crane, transmission, transport, disassembly.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ.....	13
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	19
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У сучасному світі автомобільний транспорт є не лише засобом пересування, але й важливим елементом економічної системи, що вимагає високоефективного підходу до обслуговування та ремонту. Організація технічного обслуговування (ТО) та ремонт автомобілів відіграє ключову роль у забезпеченні надійності, безпеки та довговічності транспортних засобів. Однією з найбільш важливих і водночас складних операцій у процесі ремонту є заміна та транспортування агрегатів трансмісії, яка вимагає точності, надійності обладнання та високої кваліфікації персоналу.

У цьому контексті актуальність дипломного проекту полягає у необхідності модернізації крана, який використовується для заміни та транспортування трансмісійних агрегатів. Сучасні умови експлуатації та ремонту вимагають від обладнання високої ефективності, надійності та ергономічності. Це спонукає до розробки нових технічних рішень, здатних забезпечити швидке та безпечно виконання ремонтних робіт.

В рамках даного проекту виконано аналіз існуючих моделей кранів, оцінено їхні технічні характеристики та експлуатаційні недоліки. На основі цього аналізу було визначено основні напрямки модернізації, що включають вдосконалення механізмів підйому, системи управління, а також загальної конструкції крана для покращення його мобільності та адаптивності до різних умов роботи.

Дипломний проєкт передбачає розробку концепції нового крана, який би відповідав сучасним вимогам безпеки, ефективності та екологічності. Основною метою модернізації є створення обладнання, здатного зменшити фізичне навантаження на персонал, скоротити час, необхідний для виконання робіт, та забезпечити вищий рівень безпеки при ремонті автомобілів.

Таким чином, реалізація цього проєкту не тільки сприятиме оптимізації ремонтних процесів, але й забезпечить подальше розвиток автосервісної

індустрії в умовах постійно зростаючих технічних вимог та оновлення автопарку.

Основною метою даного дипломного проєкту є підвищення ефективності процесів технічного обслуговування (ТО) та ремонту автомобілів через модернізацію крана, використовуваного для заміни та транспортування агрегатів трансмісії. Це включає поліпшення конструкції крана для забезпечення більшої безпеки, точності, ергономічності та ефективності в роботі.

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- провести детальний огляд та аналіз сучасних кранів і систем, які використовуються для заміни та транспортування трансмісійних агрегатів у автомобілях. Оцінити їхні технічні характеристики, переваги та недоліки;
- розробити вимоги до модернізованого крана, включаючи параметри безпеки, надійності, ефективності роботи, ергономічності, а також вимоги екологічності;
- на основі проведеного аналізу та визначених вимог розробити проєкт модернізації крана, що включає технічні креслення, розрахунки і вибір матеріалів;
- сформулювати рекомендації для використання модернізованого крана в сервісних центрах, включаючи інструкції з експлуатації, обслуговування та можливості додаткового удосконалення.

Ці завдання спрямовані на досягнення поставленої мети проєкту та внесення значного вкладу в підвищення стандартів роботи в автомобільних сервісах.

**Об'єктом дослідження** у дипломному проєкті є процеси технічного обслуговування та ремонту автомобілів, спеціалізуючись на заміні та транспортуванні агрегатів трансмісії. Це включає аналіз існуючих методик і обладнання, що використовуються в автосервісних центрах, з метою виявлення

потреби у модернізації для підвищення ефективності, безпеки та якості виконуваних робіт.

**Предметом дослідження** є кран для заміни та транспортування агрегатів трансмісії автомобілів. Дослідження зосереджене на вивченні його конструктивних особливостей, робочих характеристик та можливостей модернізації з метою оптимізації його використання в рамках зазначених процесів технічного обслуговування та ремонту. Основна увага приділяється вдосконаленню ергономіки, безпеки роботи, а також підвищенню загальної продуктивності та ефективності обладнання.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Міненко С. В., Груницький М. Р., Диняк О. В., Прищепа А. В., **Турбал М. В.** Система забезпечення працездатності автомобілів. Сучасна концепція освітлення в птахівництві. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 15-18.

2. Білецький В. Р. **Турбал М. В.**, Прищепа А. В. Контроль технологічної дисципліни під час виконання робіт технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2024. С. 70-73.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє конструкція модернізованого крана для заміни та транспортування агрегатів трансмісії автомобілів.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань.

Загальний обсяг роботи становить 32 сторінки комп'ютерного тексту, містить 2 рисунки та 4 таблиці.



## РОЗДІЛ 1

### ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

За даними американських економістів, кошти, вкладені у виробництво запасних частин і організацію технічного обслуговування проданого обладнання, можуть забезпечити вдвічі більший прибуток, ніж вкладення їх у виробництво цього обладнання.

З цієї причини провідні автомобілебудівні фірми мають широку, добре організовану мережу технічного обслуговування, що складається з постійно діючих діагностичних і консультаційних пунктів, навчальних центрів, станцій технічного обслуговування та ремонтних майстерень (часто об'єднаних із діагностичними пунктами), а також складів і магазинів запасних частин і автоприналежностей.

Пункти і центри технічного обслуговування забезпечуються у великих кількостях каталогами запасних частин, проспектами, прейскурантами, інструкціями з догляду та експлуатації, сервісними книжками, а також спеціальними керівництвами, в яких надаються детальніші відомості про всі бази і пункти технічного обслуговування автомобілів даної фірми. Як приклад можна навести діяльність німецького концерну «Фольксваген», який завдяки високому рівню організації технічного обслуговування зумів витримати конкурентну боротьбу з боку американських і європейських концернів. Фірма і продає на ринку США десятки тисяч своїх автомобілів.

Вивчення досвіду роботи [1 -3] інших великих авто- мобільних концернів, таких як "Форд", "Дженерал Моторс", "Мерседес-Бенц". "Рено", показує, що їхні успіхи в експорті значною мірою зумовлені завчасно підготовленою службою з технічного обслуговування і ремонту в країнах-імпортерах.

Досвід показує, що задовільне технічне обслуговування автомобілів можна забезпечити, якщо на одне ремонтне машино-місце припадає не більше 70 автомобілів.

Для досягнення оперативності технічного обслуговування автомобілів потрібна мережа пунктів обслуговування певної і устоти. Прийнято вважати, що гарне обслуговування забезпечується при середній відстані між пунктами обслуговування, що дорівнює 100 км. На території Англії станції технічного обслуговування (СТО) однієї фірми розташовані на відстані 40 км одна від одної, причому планується скоротити цю відстань до 20 км. У США відстань між СТО однієї фірми близько 30 км.

У таблиці 1.1, за результатами наближеного аналізу, представлено залежність кількості майстерень від числа машино-місць у процентному співвідношенні.

Таблиця 1.1. Співвідношення кількості майстерень і кількості машино-місць

Кількість машино-місць у майстерні	Кількість майстерень (у відсотках від загальної кількості майстерень)
3 – 9	44...50
10 – 19	21...25
20 – 36	14...20
Більше 37	11...15

Мережа технічного обслуговування (ТО) може бути власністю заводу-виготовлювача, а в тих районах, де парк машин невеликий, вдаються до укладення договорів з авторемонтними майстернями, які працюють у цій місцевості самостійно, тобто належать іншим власникам.

У Німеччині під час організації ТО і ремонту легкових автомобілів беруть за основу такі норми: на кожні 100 автомобілів планують 3 ремонтні пости площею 53 м<sup>2</sup> кожен. Крім того, на кожен пост плануються приміщення для складу запчастин, побутових потреб, конторські приміщення, приміщення для

рекламної літератури та приймання клієнтів - по 10 м' кожне. Таким чином, усього на одне машино-місце потрібно 93 м<sup>2</sup>.

Технічне обслуговування автомобілів включає три етапи:

- 1) передпродажне обслуговування;
- 2) технічне обслуговування в гарантійний період;
- 3) технічне обслуговування в післягарантійний період.

Передпродажне обслуговування передбачає перевірку основних вузлів і агрегатів автомобіля. регулювання окремих вузлів у разі потреби, перевірку і підтяжку кріпильних деталей, мастильні роботи, випробування і перевірку автомобіля в цілому, ліквідацію пошкоджень, отриманих під час транспортування, надання автомобілю найкращого товарного вигляду (миття, полірування і т.п.).

Заміна деталей під час гарантійного терміну проводиться безоплатно за умови виконання інструкцій з експлуатації.

Роботи в післягарантійний період проводяться за рахунок власників автомобілів.

Великою і важливою складовою частиною системи заходів щодо ТО і ремонту автомобілів є чітка організація постачання запасними частинами в необхідних кількостях і номенклатурі, організація маркетингу запасних частин.

Всі запасні частини за рівнем їхньої витрати розділені на три і групи – А, В, С: група А представляє 10% найменувань деталей, на які припадає 70% споживання, група В - відповідно 30% і 22%. група С 60% і S%.

Деякі фірми застосовують систему з чотирьох груп.

До четвертої групи відносять деталі, які потрібні у великих кількостях, фільтри, свічки, прокладки тощо. контроль над замовленнями яких здійснюється щодня.

Коли автомобільний та тракторний парк концерну "Форд" у Фінляндії налічував 1 4000 одиниць. запасні часті для обслуговування були представлені 6125 найменуваннями. Було складено специфікацію запасних частин за

принципом зменшення цифр «річна реалізація – сума виручки» узагальнення якої показано в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. – Специфікація запасних частин по принципу зменшення цифр

Кількість найменувань	% от загальної кількості найменувань	% від загальної реалізації
20	0,42	5
55	0,82	25
355	5,72	50
750	11,42	15
5500	81,69	5

Заявки на запасні частини, що найшвидше обертаються, 350 найменувань, на які припадає приблизно 50% усього обсягу реалізації, надсилають на завод-виготовлювачі щотижня з урахуванням забезпечення незнижуваного запасу до трьох місяців.

## РОЗДІЛ 2

### УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

Для підтримання в справному і працездатному стані парку різної техніки в російській промисловості прийнято планово-попереджувальну систему (ППС). Незважаючи на основний недолік системи - неоптимальність режимів для окремих машин - на сьогодні ППС є єдиним механізмом, що дає змогу керувати технічною готовністю парку машин. Основу такої системи становлять нормативи щодо режимів технічного обслуговування і поточного ремонту техніки [1], розроблені з використанням статистичних даних, отриманих кілька десятиліть тому. Цілком очевидно, що за цей період з'явилися нові тенденції, серед яких можна виділити такі.

По-перше, збільшення надійності і, відповідно, міжремонтних напрацювань є прогресуючим процесом, який враховувався в нормативах. Однак за останні два десятиліття кардинально змінилася структура парку, конструкція машин, умови експлуатації, економічні умови, які вплинули на технічну експлуатацію парку. Такі зміни не знайшли відображення в нормативній базі, внаслідок чого стали переважати суб'єктивні підходи до технологічного проектування підприємств галузі.

По-друге, режими ТО і Р встановлюються за нормативами Положення [1], які не відповідають показникам надійності нових марок автомобілів. З іншого боку, визначення моменту для проведення чергового ТО і Р залежить від різних чинників, які часто суперечать один одному. Ця суперечливість є вихідною передумовою для розроблення методів пошуку більш обґрунтованих варіантів визначення режимів технічного обслуговування.

По-третє, превентивні заходи, що становлять основу нинішньої політики технічної експлуатації, сформувалися в доринкових умовах за співвідношення

цін, що діяли в той період, на експлуатаційні витрати, вантажоперевезення та автомобілі, які виконують цю роботу. Концепцію планово-попереджувальної системи ТО і Р було створено саме для таких умов, тому нормативи і регламенти, які на сьогодні застосовуються, не відповідають реальним показникам надійності і часто призводять до недовикористання міжремонтного ресурсу. У зв'язку з цим у невідгідні умови потрапив, наприклад, муніципальний транспорт, де за кожен одиницю недовикористаного ресурсу, втраченого під час попереджувальних ремонтів автобусів, доводиться розплачуватися в 6-10 разів більшим, ніж раніше, обсягом перевезень. У сучасних економічних умовах потрібні нові підходи до визначення нормативів, режимів і, загалом, формування стратегій ТО і ТР парку техніки.

В існуючій планово-попереджувальній системі періодичність і трудомісткість ТО і ТР рухомого складу коригуються за допомогою коефіцієнтів залежно від таких умов [1]:

- категорії умов експлуатації –  $K_1$ ;
- модифікації рухомого складу та організації його роботи –  $K_2$  ;
- природно-кліматичних умов експлуатації –  $K_3$ ;
- пробігу з початку експлуатації –  $K_4$ ;
- розміру автотранспортного підприємства (АТП) і числа сумісних груп парку –  $K_5$ .

Результуючий коефіцієнт коригування нормативів визначається як добуток окремих коефіцієнтів для таких показників:

- періодичності ТО –  $K_1 K_3$  ;
- ресурсу (пробігу до КР) і витрати запасних частин –  $K_1 K_2 K_3$  ;
- трудомісткості ТО –  $K_2 K_5$  ;
- питомої трудомісткості поточних ремонтів (ТР) –  $K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$ .

Числові значення коефіцієнта  $K_1$  коригування нормативів, залежно від категорії умов експлуатації рухомого складу, наведено в табл. 1 [1].

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт коригування К

Категорії умов експлуатації	Значення коефіцієнта К <sub>1</sub>		
	Періодичність ТО	Питомої трудомісткості ТР	ресурсів
I	1,0	1,0	1,0
II	0,95	1,15	0,95
III	0,85	1,25	0,85
IV	0,75	1,45	0,75
V	0,65	1,55	0,65

Числові значення коефіцієнта К<sub>3</sub> коригування нормативів залежно від кліматичних умов експлуатації рухомого складу наведено в табл. 2.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнт коригування К<sub>3</sub>

Кліматичний район	Значення коефіцієнта К <sub>3</sub>		
	періодичність ТО	Питома трудомісткість ТР	Ресурсів
Помірний	1,0	1,0	1,0
Помірно-теплий, помірно-теплий вологий, теплий вологий	0,95	1,15	0,95
Спекотний, сухий, дуже спекотний сухий	0,9	1,1	0,9
Помірно холодний	0,95	1,15	0,95
Холодний	0,9	1,25	0,85
Дуже холодний	0,8	1,35	0,75

Як впливає з табл. 1-2, періодичність ТО для врахування специфіки експлуатації парку може змінюватися від нормативного значення в бік зниження. При цьому, згідно з вимогами [1], скориговане значення має становити не менше

0,5 від нормативної величини. Для змішаних категорій або їхніх поєднань, значення можуть екстраполюватися. Практичне використання такого методу за усередненими даними є обмеженим і використовується в рідкісних випадках. При цьому коригування нормативних інтервалів між технічними впливами в бік збільшення за допомогою коефіцієнтів не передбачено. Очевидно, тут має місце принципово інша задача, під час розв'язання якої враховується зв'язок між надійністю, різними питомими витратами на утримання техніки та режимами ТО і Р.

Незважаючи на наявність економічно обґрунтованих нормативів на пробіги автомобілів між черговими технічними обслуговуваннями, момент постановки автомобілів на той чи інший вид планового обслуговування в практиці роботи багатьох АТП визначається календарним графіком, який майже не враховує нормативи. Іноді загальнопарковим графіком передбачаються однакові терміни ТО як для різних моделей рухомого складу, так і для автомобілів з різними середньодобовими пробігами. Така практика, безумовно, є невиправданою.

З іншого боку, на практиці має місце і спроба ставити автомобілі на обслуговування за фактичним пробігом на підставі показань спідометрів. Але якщо дотримуватися тільки фактичних пробігів, причому дотримуватися суворо, то добова програма зон ТО-1 і ТО-2 може день у день значно змінюватися, викликаючи відповідні зміни чисельності ремонтних робітників. Щоденне уточнення переліку автомобілів, що підлягають обслуговуванню, у цьому разі настільки ускладнюється, що такою роботою доводиться займатися працівнику, якого виокремлюють окремо. Але головне, мабуть, це те, що мета - ставити автомобілі на обслуговування суворо за пробігом - однаково залишається нездійсненою, оскільки уникнути їхнього недопробігу або перепробігу практично неможливо. І це особливо помітно в тих випадках, коли уточнення списку автомобілів, що обслуговуються, проводиться завчасно (за кілька днів до моменту початку обслуговування) або коли має місце спроба ставити на



обслуговування щодня строго визначену кількість автомобілів - з найбільшим пробігом на день обслуговування.

Тут доречно зазначити, що навряд чи взагалі є особлива необхідність будь-що-будь витримувати пунктуально заданий нормативний пробіг до чергового ТО, бо самі нормативи до певної міри є осередненими, тобто наближеними. Допустимість невеликих відступів від рекомендованої періодичності ТО підтверджується також плавним характером зміни сумарних витрат на обслуговування і ремонт. Тому заслуговує на увагу досвід проведення технічного обслуговування за графіками, заснованими на календарних термінах, але з урахуванням фактично виконуваних пробігів. Такі графіки широко застосовуються і в нашій країні, і за кордоном.

Беручи до уваги вищесказане, можна вважати, що як теоретично, так і практично цілком виправдується таке компромісне рішення, за якого виробництво ТО ґрунтується на графіку, складеному з урахуванням середньодобових пробігів.

За комплексних форм організації виробничих процесів ТО, порядок побудови графіка матиме відмінності. Однак і в такому графіку передбачаються різні терміни проведення обслуговування для груп автомобілів, що значно відрізняються за нормативними пробігами між моментами обслуговування. При цьому для всіх груп автомобілів кількість прийомів-заїздів на ТО-2 передбачається однаковою. Після закінчення планового періоду, для якого складено графік, у графік вписуються дати наступного циклу обслуговування, тоді як сам графік залишається незмінним. У разі списання або заміни окремих автомобілів, у відповідних клітинах графіка робляться виправлення. Для автомобілів, що знову надходять, у графіку передбачаються вільні рядки.

Згідно із завданням, визначаємо та розраховуємо кількість обладнання для трьох відділень: мийного, механічного та зварювального. Обладнання для інших відділень підбираємо на основі технічної літератури без додаткових розрахунків. Усі підібрані та розраховані дані заносимо в таблицю (додаток 2).

## **Висновки по розділу**

Модернізована мобільна ремонтна майстерня значно полегшила роботу механізаторів і дозволила проводити ремонт сільськогосподарських машин у холодний зимовий період. Вона суттєво покращила якість технічного обслуговування і ремонту, що збільшило термін служби машинно-тракторного парку господарства. Завдяки поліпшеному обслуговуванню значно зменшилася витрата пально-мастильних матеріалів. Майстерня також сприяла кращому використанню машинно-тракторного парку шляхом зменшення простоїв через поломки техніки.

## РОЗДІЛ 3

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Обґрунтування вибору конструкторської розробки

Згідно з досвідом роботи ремонтно-технічних підприємств, було встановлено, що їхній робочий процес є надзвичайно трудомістким, із значною часткою ручної праці. Для зменшення ручної праці в процесі відновлення деталей було прийнято рішення розробити та впровадити консольно-поворотний кран. Промисловість країни спеціалізується на виробництві кранів середньої та великої вантажопідйомності. Однак, через їхню високу вантажопідйомність і металоємність, використання таких кранів у нашому випадку є недоцільним. Тому в рамках цього дипломного проекту пропонується розробка консольно-поворотного крана малої вантажопідйомності з невеликим вильотом стріли. Використання цього крана буде найбільш ефективним, враховуючи обмежену площу проектованої ділянки та компактне розташування технологічного обладнання. Використання консольно-поворотного крана істотно зменшить час, необхідний для навантаження і розвантаження ремонтних матеріалів та відновлених деталей, що, у свою чергу, скоротить трудомісткість процесу.

#### 3.2 Розрахунок конструкторської розробки

Розрахунок механізму підйому

а) Вибір каната [13, 14]:

Максимально допустиме зусилля (статичне) [13, 14]:

$$S_{MAX} = \frac{G}{Z_K \cdot U \cdot \eta_{II}}, \quad (3.1)$$

де:  $Z_K$  – кількість гілок, що намотуються на барабан;

$U$  – кратність поліспасти;

$\eta_{II}$  – ККД поліспасти.

$$S_{MAX} = \frac{1000 \cdot 9,81}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 9810 \text{ Н.}$$

б) Зусилля на розрив:

$$S_{РАЗ} \geq S_{MAX} \cdot k_{ЗАК} = 9810 \cdot 5 = 49050 \text{ Н.} = 49,05 \text{ кН.}$$

Обираємо канат подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції  $6 \times 19 (1 + 6 + 6/6) + 10$ , ДСТУ 2688-2005  $d_K = 9,9$  мм. за припустимої напруги на розтягнення дроту  $[G]_p = 1666 \text{ Н/мм}^2$ .

в) Розрахунок барабана [13]:

$$D_B \geq d_K \cdot l, \quad (3.2)$$

де:  $l$  – коефіцієнт, що регламентує норми Держгіртехнагляду ( $l = 20$  для вантажопідійомних машин усіх типів) середніх режимів роботи;

$$D_B \geq 9,9 \cdot 20 = 198 \text{ мм.} \approx 200 \text{ мм.}$$

Приймаємо один шар навивки, нарізний Сталь 20 барабан із кроком нарізки:

$$S = d_K + 2 \dots 3, \quad (3.3)$$

$$S = 9,9 + 2 \dots 3 = 12 \text{ мм.}$$

Число витків різьби розраховується за формулою [7]:

$$Z = \frac{H \cdot U}{\pi \cdot D_B} + Z_3 + Z_K, \quad (3.4)$$

де:  $H$  – висота підйому, м.  $H = 2$  м.

$U$  – кратність поліспасти,  $U = 1$  ;

$Z_3$  – замовні витки, передбачені правилами Держтехнагляду,  $Z_3 = 1,5$  ;

$Z_K$  – число витків під кріпленням каната на барабані,  $Z_K = 2 \dots 3,5$  .

$$Z = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 1}{3,14 \cdot 200} + 1,5 + 3,5 = 8,9$$

Приймаємо  $Z = 9$  .

г) Довжина нарізної частини барабана визначається за формулою [6]:

$$l = S \cdot Z, \quad (3.5)$$

$$l = 12 \cdot 9 = 108 \text{ мм.}$$

Товщина стінки литого барабана дорівнює [13]:

$$\delta = 0,02 \cdot D_B + (6 \dots 10) \text{ мм}, \quad (3.6)$$

$$\delta = 0,02 \cdot 200 + (6 \dots 10) = 6,4 \dots 10,4 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $\delta = 8 \text{ мм}$ .

Перевіряємо стінки барабана на стиск [13]:

$$\sigma_{СТ} = \frac{S_{MAX}}{\delta \cdot S}, \quad (3.7)$$

$$\sigma_{СТ} = \frac{9810}{8 \cdot 12} = 102,2 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma]_{СЖ}.$$

$[\sigma]_{СТ} = 160 \text{ Н/мм}^2$  - для середніх режимів роботи.

Перевіряємо на вигин із крученням [14]:

$$\sigma_{3Г} = \frac{\sqrt{M_{3Г}^2 + (\alpha \cdot M_{КР})^2}}{W} \leq [\sigma]_{ИЗ}, \quad (3.8)$$

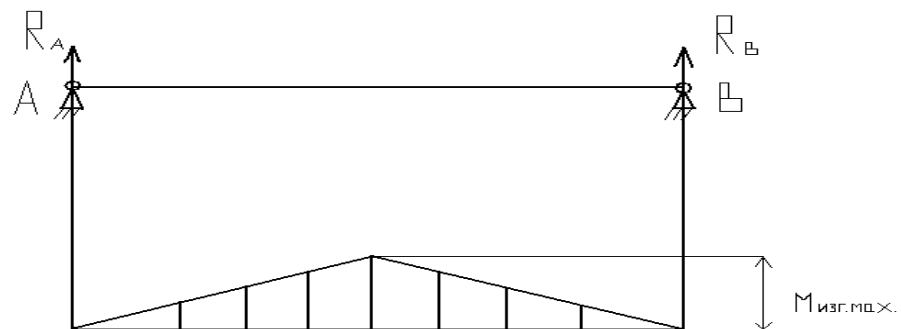


Рис. 3.1. Епюра моментів на вигин із крученням.

$$M_{3Г} = \frac{S_{MAX}}{2} \cdot \frac{l}{2}, \quad (3.9)$$

$$M_{ИЗГ} = \frac{9810 \cdot 108}{2} = 264870 \text{ Н мм}.$$

$$M_{КР} = \frac{S_{MAX} \cdot D_B}{2}, \quad (3.10)$$

$$M_{КР} = \frac{9810 \cdot 200}{2} = 981000 \text{ Н мм}.$$

$\alpha$  – коефіцієнт приведення,  $\alpha = 0,75$ .

$$\sigma_{3Г} = \frac{\sqrt{264870^2 + (0,75 \cdot 981000)^2}}{226885,65} = 3,45 \text{ Н/мм}^2.$$

$$[\sigma]_{3Г} = G_T \cdot 0,33, \quad (3.11)$$

де:  $G_T = 250 \text{ Н/мм}^2$ .

$$[\sigma]_{3Г} = 250 \cdot 0,33 = 82,5 \text{ Н/мм}^2.$$

д) вибір гакової підвіски;

Приймаємо за ДСТУ гак однорогий для механізмів з машинним приводом, вантажопідйомністю 1 т [7].

е) Вибір електродвигуна.

Максимальна статична потужність визначається за формулою [13]:

$$P_{CT.MAX} = \frac{G \cdot V}{\eta_{PP}}, \quad (3.12)$$

де:  $V$  – швидкість підйому вантажу, приймаємо  $V = 10$  м/хв = 0,17 м/сек;  $\eta_{PP}$  – ККД приводу,  $\eta_{PP} = 0,8$ .

$$P_{CT.MAX} = \frac{9810 \cdot 0,17}{0,8} = 2084,6 \text{ Вт.}$$

Обираємо асинхронний електродвигун із фазним ротором серії МТН612-10 ДСТУ  $P_{эл.} = 2,2$  кВт,  $n_{эл.} = 560$  хв<sup>-1</sup>.

Частота обертання барабана визначається за формулою [2]:

$$n_B = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_B}, \quad (3.13)$$

$$n_B = \frac{60 \cdot 0,17}{3,14 \cdot 0,2} = 16,2 \text{ хм}^{-1}.$$

Загальне передавальне відношення приводу дорівнює [3]:

$$U = \frac{n_{эл.}}{n_B}, \quad (3.14)$$

$$U = \frac{560}{16,2} = 34,6$$

Розрахунок основної балки з тягою. Тяга працює на розтягнення.

Умова міцності [4]:

$$G_P = \frac{R_T}{A} \leq [\sigma]_P, \quad (3.15)$$

Балка працює на вигин [6]:

$$\sigma_{изг.} = \frac{G_P \cdot L}{W_Z} \leq [\sigma]_{изг.}, \quad (3.16)$$

Тяга-швелер № 8,  $A_{ш} = 898$  мм<sup>2</sup>.

Балка-двотавр № 24,  $J_\alpha = 3460 \cdot 10^4$  мм,  $W_Z = 289 \cdot 10^3$  мм<sup>3</sup>.

Матеріалом для балки і тяги приймаємо сталь Ст 3,  $G_T = 200$  Н/мм<sup>2</sup>.

Розраховуємо за граничними навантаженнями. Граничне розтягувальне навантаження тяги [4]:

$$\begin{aligned} R_T &= G_T \cdot A, \\ R_T &= 200 \cdot 898 = 179600 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Оскільки  $R_T = \frac{G_P}{\sin \alpha}$ , то навантаження на балку при цьому буде:

$$G_P' = R_T \cdot \sin \alpha = 179600 \text{ Н}$$

Граничне навантаження балки дорівнює [5]:

$$\begin{aligned} G_{P.НАВАН.} &= \frac{G_T \cdot W_Z}{L}, \\ G_{P.НАВАН.} &= \frac{200 \cdot 289 \cdot 10^3}{3200} = 18062,5 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (3.18)$$

При цьому навантаження на тягу становитиме [5]:

$$\begin{aligned} R_T' &= \frac{G_{P.НАВАН.}}{\sin \alpha}, \\ R_T' &= \frac{18062,5}{\sin 15,7^\circ} = 66749,7 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Таким чином гранична вантажопідйомність становить [5]:

$$\begin{aligned} G_{MAX.} &= G_{P.ГРАН.} - G_{ТАЛЬ}, \\ G_{MAX.} &= 18062,5 - 1000 \approx 17000 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Розрахунок підшипників.

а) Підбираємо упорний підшипник № 8112,  $d = 60$  мм,  $d_i = 60,2$  мм,  $D = 85$  мм.

Динамічна вантажопідйомність  $C = 37500$  Н [5].

Перевіряємо довговічність у мільйонах обертів [5]:

$$L = \left( \frac{C}{P_\ominus} \right)^M, \quad (3.21)$$

де:  $M = 3$  для кулькових підшипників.

$$P_\ominus = F_A \cdot k_T \cdot k_B, \quad (3.22)$$

де:  $k_T = 1$  за температури до  $90^\circ \text{C}$ ;

$k_B = 1$  за середніх режимів роботи.

$$F_A = G_P + G_{KP}, \quad (3.23)$$

$$F_A = 11000 + 20000 = 31000 \text{ Н,}$$

$$P_\ominus = 31000 \cdot 1 \cdot 1 = 31000 \text{ Н,}$$

$$L = \left( \frac{37500}{31000} \right)^3 = 1,77 \text{ млн.об.}$$

Довговічність підшипників у годинах визначається за формулою [5]:

$$L_{II} = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}, \quad (3.24)$$

$$L_{II} = \frac{1,77 \cdot 10^3}{60 \cdot 0,1} = 295000 \text{ люд.}$$

Умовно приймаємо частоту повороту крана  $n = 0,1 \text{ хв}^{-1}$ .

б) У верхній і нижній опорах для сприйняття радіальних навантажень приймаємо підшипник радіальний сферичний дворядний, кульковий № 1208  $d = 40 \text{ мм}$ ,  $D = 80 \text{ мм}$  [5].

Динамічна вантажопідйомність  $C = 15100 \text{ Н}$  [5].

Найбільш навантажений нижній підшипник. Перевіряємо довговічність [5]:

$$L = \left( \frac{C}{P_3} \right)^M,$$

$$P_3 = (X \cdot V \cdot F_r + 4 \cdot F_A) \cdot k_B \cdot k_T,$$

де  $V = 1$  при обертанні всередині кільця;

$F_r = X_A = 12038 \text{ Н}$ . – радіальне навантаження в опорі А;

$X = 1$  – коефіцієнт радіального навантаження.

$$P_3 = (1,1 + 12038) \cdot 1 \cdot 1 = 12038 \text{ Н.}$$

$$L = \left( \frac{15100}{12038} \right)^3 = 1,97 \text{ млн. об.}$$

Довговічність у годиннику дорівнює [5]:

$$L_{II} = \frac{L \cdot 10^6}{n \cdot 60}, \quad (3.25)$$

$$L_{II} = \frac{1,97 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 60} = 328940 \text{ год.}$$

Розрахунок фундаментних болтів. Фундаментні болти запобігають зсуву



нижньої опори щодо фундаменту від зсувної сили [5]:

$$F_{CD} = X_A = 12039 \text{ Н.}$$

З умови відсутності зсуву визначаємо необхідний діаметр болтів за формулою [5]:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot F_{CD}}{f \cdot \pi \cdot [\sigma]_p \cdot Z}}, \quad (3.26)$$

де:  $f = 0,3$  - коефіцієнт тертя для сталі по бетону.

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{[S]}, \quad (3.27)$$

$$[\sigma]_p = \frac{200}{5} = 40 \text{ Н/мм}^2,$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 12039}{0,3 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 6}} = 6,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо шість болтів зі сталі Ст 3.  $[\sigma]_T = 200 \text{ Н/мм}$ ,  $[S] = 5$  при діаметрах до 16 мм,  $Z = 6$  - кількість болтів. Приймаємо болти М10 [5]:

Розрахунок кріплення.

$$L = 3200 \text{ мм}, l = 4005 \text{ мм}, G_p = 11000 \text{ Н.}$$

$$X_B = 8789 \text{ Н}, a = 100 \text{ мм}, b = 60 \text{ мм}, c = 100 \text{ мм.}$$

$$\tau_{3P} = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot (2a + 2b + 2c)} \leq [\tau]_{3P}, \quad (3.28)$$

$$\tau_{3P} = \frac{8789}{0,7 \cdot 4 \cdot (2 \cdot 100 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 100)} \leq [\tau]_{CP} = 0,6 \cdot [\sigma]_P = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ Н/мм}^2.$$

Приймаємо ручне зварювання електродом Е42А,  $k = 4 \text{ мм}$ .

### 3.3 Оцінка крана на техніку безпеки

Розрахунок колони на стійкість.

а) На стиснення:

Визначимо реакції в опорах:

$$\sum F_{KY} = 0 \quad Y_A - G_p = b \quad a = 2924 \text{ мм.}$$

$$\sum m_A = 0 \quad G_p \cdot L - X_B \cdot (a + b + c) = 0 \quad b = 920 \text{ мм.}$$

$$\sum m_B = 0 \quad G_P \cdot L - X_A \cdot a = 0 \quad c = 161 \text{ мм.}$$

$$L = 3200 \text{ мм.}$$

$$X_B = \frac{G_P \cdot L}{a + b + c}, \quad (3.29)$$

$$X_B = \frac{11000 \cdot 3200}{2924 + 920 + 161} = 8789 \text{ Н.}$$

$$X_A = \frac{G_P \cdot L}{a}, \quad (3.30)$$

$$X_A = \frac{11000 \cdot 3200}{2924} = 12038 \text{ Н.}$$

Момент сили  $G_P$  замінюємо моментами сил  $R_T$  і  $R_B$ , що діють на колонну:

$$\sum m_A = 0 - X_B \cdot (a + b + c) + R_T \cdot \cos \alpha (a + b) - R_B \cdot a = 0,$$

$$\sum m_M = 0 - X_B \cdot c + R_B \cdot b - X_A \cdot (a + b) = 0,$$

$$\sum F_{kY} = 0 \quad Y_A - R_T \cdot \sin \alpha = 0.$$

$$R_T = \frac{Y_A}{\sin \alpha}, \quad (3.31)$$

$$R_T = \frac{11000}{\sin \cdot 15,7} = 40650,3 \text{ Н.}$$

$$R_B = \frac{X_B \cdot c + X_A \cdot (a + b)}{b}, \quad (3.32)$$

$$R_B = \frac{8789 \cdot 161 + 12038 \cdot (2924 + 920)}{920} = 51836 \text{ Н.}$$

Колона трубчастого перетину (сталь звичайної якості Ст. 3),

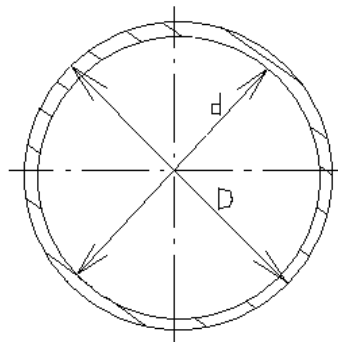


Рис. 3.1. Колона:  $D = 180$  мм.,  $d = 168$  мм.

Площа поперечного перерізу [3]:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \quad , \quad (3.33)$$

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot (180^2 - 168^2) = 3280 \text{ мм}^2 .$$

Перевіряємо на стиснення [5]:

$$\sigma_{CT} = \frac{G_P}{A} \leq [\sigma]_{CT}, \quad (3.34)$$

$$\sigma_{CT} = \frac{11000}{3280} = 3,35 \text{ Н/мм} \leq [\sigma]_{CT} = 90 \text{ Н/мм}^2 .$$

б) на стійкість:

Умова стійкості [4]:

$$\sigma_{VC} = G_P + \frac{M_{MAX}}{W_Z} \leq [\sigma]_{VC}, \quad (3.35)$$

$$M = M_o = 3519911,2 \text{ Н мм.}$$

$$W_Z = 0,1 \cdot (D^3 - d^3), \quad (3.36)$$

$$W_Z = 0,1 \cdot (180^3 - 168^3) = 109037 \text{ мм}^3 .$$

$$M_I = X_B \cdot c, \quad (3.37)$$

$$M_I = 8789 \cdot 161 = 1415029 \text{ Н мм.}$$

$$M_{MAX} = M_o = X_A \cdot a, \quad (3.38)$$

$$M_{MAX} = 12038 \cdot 2924 = 3519911,2 \text{ Н мм.}$$

$$\sigma = \frac{11000}{3280} + \frac{3519911,2}{109037} = 32,6 \text{ Н/мм}^2 .$$

Додаткова напруга на вигин для Ст 3:  $[\sigma] = 100 \text{ Н/мм}^2$  .

Додаткове напруження на стійкість [3]:

$$[\sigma] = Y[\sigma], \quad (3.39)$$

де:  $Y$  – коефіцієнт зменшення основних допустимих напружень.

Визначаємо гнучкість колони [4]:

$$\lambda = \frac{M \cdot l}{i} = \frac{M \cdot l}{\sqrt{\frac{J_{MIN}}{A}}}, \quad (3.40)$$

де:  $M = 1$  – коефіцієнт приведення довжини;

$$J_{MIN} = 0,05 \cdot (D^4 - d^4), \quad (3.41)$$

$$J_{MIN} = 0,05 \cdot (180^4 - 168^4) = 12658291 \text{ мм}^4 .$$

$$l = a + b + c , \tag{3.42}$$

$$l = 292 + 920 + 161 = 4005 \text{ мм} .$$

$$\lambda = \frac{1 \cdot 4005}{\sqrt{\frac{12658291}{3280}}} = 64,5$$

При  $\lambda = 64,5$   $Y = 0,84$  :

$$[\sigma]_{vc} = 0,84 \cdot 100 = 84 \text{ Н/мм}^2 .$$

Умова стійкості виконується.

а) За даними розрахунків, консольно-поворотний кран відповідає нормам ССБТ, і, як показали розрахунки, умови стійкості виконуються [5].

б) Фарбування крана проводиться згідно з ДСТУ [5].

в) Організація та обладнання робочого місця при роботі з краном відповідає вимогам системи стандартів [5].

На вантажопідійомних механізмах з електричним приводом, що рухаються по підкранових рейкових шляхах, встановлюються кінцеві автоматичні вимикачі та упори-буфери. Автоматичне вимкнення двигуна повинно забезпечувати зупинку візка на відстані 200 мм від упору, що досягається шляхом правильної установки вимикачів. Недопустимо, щоб візки торкалися упорів.

Щоб уникнути електротравм, перед використанням коробки кнопочного управління вантажопідіймальним механізмом необхідно очистити руки від мастильних матеріалів і переконатися, що корпус коробки не має тріщин чи інших пошкоджень. Потім натискають відповідні кнопки та перевіряють роботу крана в усіх напрямках. Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом широко застосовуються засоби ізоляції людини від частин обладнання, що знаходяться під напругою, а також ізоляція від землі при одночасному контакті з заземленими частинами електроустаткування та струмоведучими частинами.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом під час

роботи на консольному крані використовується захисне заземлення. Заземлювальний провід крана приєднується до заземлювальної магістралі за допомогою окремих провідників. Опір заземлювачів визначається розрахунковим шляхом або безпосереднім вимірюванням на місці. [5].

Визначимо розтікання струму одиночного стрижневого заземлювача [7]:

$$R_c = 0,366 \cdot \frac{\rho}{e} \cdot \left( \lg \frac{2l}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4h+l}{4h-l} \right), \quad (3.43)$$

де:  $\rho$  – опір землі (питомий), Ом м;

$l, d$  – довжина та діаметр заземлювача, м;

$h$  – глибина закладення труби, м.

$$R_c = 0,366 \cdot \frac{120}{5} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 5}{0,05} + 0,5 \cdot \lg \frac{5}{5} \right) = 20,19 \text{ Ом.}$$

Потрібна кількість заземлювачів [5]:

$$n = \frac{R_c \cdot k_c}{R_H \cdot \eta_{\text{э}}}, \quad (3.44)$$

де:  $k_c$  – коефіцієнт сезонності;

$R_H$  – нормативний опір заземлювача, Ом;

$\eta_{\text{э}}$  – коефіцієнт використання заземлювачів.

$$n = \frac{20,19 \cdot 1,3}{30 \cdot 0,45} \approx 2 \text{ шт.}$$

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У рамках даного дипломного проекту було проведено глибоке дослідження процесів технічного обслуговування та ремонту автомобілів, з особливим акцентом на модернізацію крана для заміни та транспортування агрегатів трансмісії. Аналіз існуючих систем та методик в автосервісних центрах виявив значні обмеження у використанні стандартних кранів, що веде до підвищення трудомісткості, зниження безпеки та ефективності робочих процесів.

Проектом було розроблено нову модель крана, що включає покращення механізмів підйому, оптимізацію системи управління та загальної конструкції для підвищення мобільності та адаптивності до різних умов роботи. Ці зміни дозволили значно підвищити ергономічність і безпеку обладнання, забезпечивши швидшу та ефективнішу заміну та транспортування агрегатів.

Завершення проекту довело, що модернізація крана для заміни та транспортування агрегатів трансмісії є не тільки технічно доцільною, але й економічно вигідною. Впровадження даного обладнання може стати ключовим фактором у підвищенні якості та швидкості сервісного обслуговування, що зробить автосервісні центри більш конкурентоспроможними та орієнтованими на потреби сучасного ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болтянський Б. В. Удосконалення технічного сервісу автомобілів. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. 250 с.
2. Кривцун В. І., Нагачевський, В. Й., Баранов, А. М. Технологія технічного обслуговування автомобілів. Вінниця: ВНТУ, 2015. 320 с.
3. Вдовиченко В. І. Технічний сервіс автомобільного транспорту. Київ: Вища школа, 2017. 256 с.
4. Лисенко В. М. Технології ремонту автомобілів. Суми: СумДУ, 2018. 240 с.
5. Мельник П. С. Технічний сервіс і ремонт автомобільних засобів. Дніпро: ДНУ, 2017. 230 с.
6. Назаренко О. Г. Технологічні процеси ремонту автомобілів. Київ: НАУ, 2020. 270 с.
7. Пономаренко Д. І. Технічний сервіс в автомобільному комплексі. Вінниця: ВНТУ, 2016. 320 с.
8. Радченко В. В. Основи технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Полтава: ПДАА, 2018. 250 с.
9. Сидоренко А. М. Технологія ремонту автомобілів. Київ: КНУ, 2017. 300 с.
10. Тарасов Ю. О. Технічний сервіс і ремонт автомобільних виробів. Львів: Львівська політехніка, 2019. 280 с.
11. Уманець І. В. Технологічні процеси технічного обслуговування автомобілів. Миколаїв: НУК, 2016. 260 с.
12. Федоренко М. І. Основи технології ремонту автомобільних засобів. Одеса: ОНМУ, 2018. 240 с.
13. 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.

14. Хоменко В. Г. Технічний сервіс і ремонт автомобільної техніки. Вінниця: ВНТУ, 2017. 280 с.
15. Черненко П. П. Основи технічного обслуговування автомобілів. Харків: ХНТУ, 2019. 320 с.
16. Шевченко С. В. Технологія технічного обслуговування автомобілів. Львів: Львівська політехніка, 2020. 300 с.
17. Щербак І. М. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів. Полтава: ПДАА, 2018. 270 с.
18. Яковенко А. О. Основи технології технічного обслуговування автомобілів. Суми: СумДУ, 2017. 260 с.