

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Бугасенко Назар Володимирович

УДК 629.3.08

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
**ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
АВТОМОБІЛІВ У ПРОЄКТНОМУ АТП З РОЗРОБКОЮ
СТЕНДУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТУРБОКОМПРЕСОРА**

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 _____ Бугасенко Н.В.

Керівник роботи

Міненко С.В.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Бугаєнко Назар Володимирович. Організація технічного обслуговування автомобілів у проєктному АТП з розробкою стенду для діагностики турбокомпресора. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання організації технічного обслуговування автомобілів у межах функціонування проєктного автотранспортного підприємства. Здійснено аналіз структури й умов експлуатації автопарку, виявлено основні недоліки в діючій системі технічного обслуговування та визначено напрями її удосконалення. Особливу увагу приділено сучасним вимогам до діагностики агрегатів автомобіля, зокрема турбокомпресорів, які є високонавантаженими і складними у технічному обслуговуванні вузлами.

У рамках роботи запропоновано технічне рішення – спеціалізований стенд для діагностики турбокомпресора, що дозволяє оперативно визначати його технічний стан без повного демонтажу з двигуна. Описано конструктивні особливості розробленого стенду, принцип його дії, алгоритм проведення діагностики та передбачено технічні заходи безпеки.

Результати дослідження мають значне практичне значення, оскільки впровадження розробленого стенду дозволяє підвищити якість технічного обслуговування, скоротити тривалість діагностичних операцій та зменшити витрати на ремонт.

Ключові слова: технічне обслуговування, автотранспортне підприємство, турбокомпресор, діагностика, стенд, сервіс, ефективність, ремонт, ресурс, технічний стан.

ANNOTATION

Bugayenko Nazar Vladimirovich. Organisation of car maintenance in the project vehicle service station with the development of a turbocharger diagnostic stand. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work considers the issues of organising vehicle maintenance within the framework of the project motor transport enterprise. The structure and operating conditions of the vehicle fleet were analysed, the main shortcomings in the current maintenance system were identified, and areas for its improvement were identified. Particular attention is paid to the modern requirements for diagnosing vehicle components, in particular turbochargers, which are highly loaded and difficult to maintain.

As part of the work, a technical solution is proposed - a specialised stand for diagnosing a turbocharger, which allows to quickly determine its technical condition without complete dismantling from the engine. The paper describes the design features of the developed stand, the principle of its operation, the diagnostic algorithm, and technical safety measures.

The results of the study are of considerable practical importance, since the introduction of the developed stand allows to improve the quality of maintenance, reduce the duration of diagnostic operations and reduce repair costs.

Keywords: maintenance, motor transport enterprise, turbocharger, diagnostics, test bench, service, efficiency, repair, resource, technical condition.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ПІДРОЗДІЛІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	9
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА.....	28
РОЗДІЛ 3. ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ УСТАНОВКИ.....	34
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження «Організація технічного обслуговування автомобілів у проєктному АТП з розробкою стенду для діагностики турбокомпресора» зумовлена сучасними тенденціями в розвитку автотранспорту, які передбачають широке використання двигунів з турбонаддувом. Такі силові агрегати забезпечують кращі показники потужності, паливної економічності та екологічної ефективності. Однак турбокомпресор як складний і високонавантажений елемент двигуна вимагає підвищеної уваги з боку технічного персоналу. Недостатній контроль за його станом призводить до зниження продуктивності, збільшення витрат пального, виходу з ладу суміжних систем та, як наслідок, до значних фінансових втрат для автотранспортного підприємства [1-8].

У багатьох діючих автотранспортних підприємствах процес технічного обслуговування досі здійснюється за застарілими схемами, без використання сучасного діагностичного обладнання, що унеможливорює своєчасне виявлення потенційних несправностей. Особливо це стосується агрегатів, робота яких не супроводжується явними зовнішніми ознаками несправностей до моменту їх критичного зносу — зокрема, турбокомпресорів. Відсутність спеціалізованих стендів для перевірки їх працездатності значно ускладнює процес обслуговування та продовжує простої транспортних засобів [9-12].

Створення ефективної системи технічного обслуговування на базі АТП з урахуванням впровадження нового діагностичного обладнання дозволяє своєчасно виявляти відхилення у роботі турбокомпресора, виконувати планове технічне обслуговування та попереджувати аварійні поломки. Такий підхід дозволяє значно скоротити витрати на ремонт, підвищити коефіцієнт технічної готовності рухомого складу та продовжити ресурс основних агрегатів автомобіля [13].

Крім того, впровадження власної розробки стенду для діагностики турбокомпресора в межах організації технічного обслуговування дозволяє адаптувати його до потреб конкретного підприємства, враховуючи специфіку транспортного парку, умов експлуатації та структуру ремонтної бази. Це забезпечує високу ефективність технічного сервісу та незалежність підприємства від сторонніх діагностичних центрів [7].

Ураховуючи зазначене, дана тема є надзвичайно актуальною в умовах зростаючої інтенсифікації транспортних процесів, потреби в надійній роботі техніки та раціонального використання ресурсів. Розробка та впровадження стенду для діагностики турбокомпресора в межах АТП є одним із напрямів технічної модернізації, що забезпечує підвищення ефективності управління технічним станом автомобілів і сприяє розвитку конкурентоспроможного автотранспортного підприємства.

Мета дослідження полягає в підвищенні ефективності організації технічного обслуговування автомобілів у проєктному автотранспортному підприємстві шляхом удосконалення діагностики турбокомпресорів за рахунок розробки та впровадження спеціалізованого стенду.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан технічного обслуговування автомобілів на АТП, особливо щодо діагностики турбокомпресорів;
- вивчити будову, принцип дії та характерні несправності турбокомпресорів, що використовуються у двигунах внутрішнього згоряння;
- обґрунтувати необхідність впровадження спеціалізованого стенду для діагностики турбокомпресора в умовах АТП;
- розробити конструкцію та принцип роботи стенду для діагностики турбокомпресора, адаптовану до умов експлуатації та потреб підприємства.

Об’єкт дослідження – процес технічного обслуговування автомобілів на автотранспортному підприємстві.

Предмет дослідження – організаційно-технічні рішення щодо діагностики та обслуговування турбокомпресорів автомобільних двигунів із використанням спеціалізованого стенду.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко С. В., Суханюк Б. О., Сумма Д. Я., Шикера М. О., **Бугаєнко Н. В.** Особливості організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки в КИТАЇ. 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. 78-79.

2. Борак К.В., Федорчук А.О., Куликівський В.Л., Ясінський В.О., **Бугаєнко Н.В.** Технічний сервіс сільськогосподарських машин в Україні: стан, проблеми та європейський досвід. 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». Житомир: ЖАТФК. С. 69-75.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці та можливості впровадження ефективного технічного рішення для діагностики турбокомпресорів безпосередньо на базі автотранспортного підприємства. Запропонований стенд дозволяє здійснювати оперативну, достовірну та якісну перевірку технічного стану турбокомпресора без потреби демонтажу з двигуна, що суттєво скорочує час простою автомобілів та знижує витрати на діагностику і ремонт.

Впровадження такого обладнання сприяє підвищенню рівня технічної готовності автопарку, продовженню строку служби силових агрегатів,

покращенню паливної економічності та екологічних показників транспортних засобів. Крім того, використання власного діагностичного стенду дає змогу підприємству зменшити залежність від сторонніх сервісних структур і підвищити загальний рівень технічного сервісу.

Результати роботи можуть бути впроваджені в практику діяльності діючих АТП, використовуватись при модернізації ремонтно-діагностичної бази, а також у процесі навчання фахівців технічного профілю для набуття практичних навичок обслуговування турбонаддувних двигунів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 22 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 45 сторінок комп'ютерного тексту, містить 9 рисунків та 18 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ПІДРОЗДІЛІВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Підготовка вихідних даних

Таблиця 1.1 – Роки випуску введення в експлуатацію та пробіг

Найменування	Кількість	Рік випуску - введення в експлуатацію	Пробіг за останній рік, км	Клим. умови	Категорія умов експл.
КРАЗ-5401С2	4	2012	102540	Помір. хол.	II
КРАЗ-6511С4	1	2014	35670		
VOLVO FH AERO	5	2017-2019	190850		
Volvo FH16	3	2013	112850		
Volvo FMX	8	2015	213498		
Volvo FL	4	2018	162380		
Volvo FM	9	2014-2018	325800		

В автопарку підприємства на 2025 р. налічується 34 автомобілі. Для спрощення розрахунків автомобілі групують у кілька технологічно сумісних груп (ТСГА). Технологічно сумісні з обслуговування автомобілі мають: приблизно рівну періодичність за пробігом до ТО і трудомісткість його проведення, практично ідентичні операції ТО-1, ТО-2 і діагностування, конструктивно близьку конструкцію, для проведення їм РОВ можуть використовуватися універсальні пости діагностування, ТО і ПР [6].

Рухомий склад автопарку згрупований у дві ТСГА:

- перша група – автомобілі КРАЗ;
- друга група – автомобілі Volvo.

Середньодобовий пробіг L_c для базового автомобіля ТСГА визначається за формулою [4]:

$$L_c = \frac{\sum_{i=1}^n L_r}{D_p^r N_i}, \quad (1.1)$$

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку виробничої програми з ТО і ремонту автопарку

Група	Марка рухомого складу	Спискова кількість автомобілів, шт.	Середній річний пробіг на автомобіль, км	Кількість робітників змін за рік, D_{pg} , див.	Середній пробіг автомобілів у частках пробігу з початку експлуатації до КР, %
1	КРАЗ	5	27642	280	100
2	Volvo	29	34668		

де L_c – середньодобовий пробіг автомобіля технічно сумісної групи;

$\sum_{i=1}^n L_r$ – сума річного пробігу автомобілів технічно сумісної групи;

D_p^r – кількість робочих днів у році;

N_i – кількість автомобілів, що входять до технічно сумісної групи.

Таблиця 1.3 – Розрахунок середньодобового пробігу

Марка автомобіля	Кількість, шт.	Річний пробіг на автомобіль, км	Загальний пробіг по групі, км	Середньодобовий пробіг
КРАЗ	5	27642	138210	98,7
Volvo	29	34668	1005378	123

1.2 Коригування нормативів періодичності технічного обслуговування

Для конкретних умов експлуатації рухомого складу підприємства диференційовану величину періодичності РОВ визначають за формулами [1]:

$$L_{TO-1д} = L_{TO-1}^н \cdot K_1 \cdot K_3; \quad (1.2)$$

$$L_{TO-2д} = L_{TO-2}^н \cdot K_1 \cdot K_3; \quad (1.3)$$

$$L_{KPD} = L_{KP}^н \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_6, \quad (1.4)$$

де $L_{TO-1д}, L_{TO-2д}, L_{KPD}$ – диференційовані норми пробігу автомобілів до ТО-1, ТО-2, КР у конкретних умовах експлуатації, км;

$L_{TO-1}^н, L_{TO-2}^н, L_{KP}^н$ – норматив пробігу автомобіля до ТО-1, ТО-2 і КР, км;

K_1, K_2, K_3 , – коригувальні коефіцієнти, що враховують категорію умов експлуатації (K_1); модифікацію автопарку та організацію його роботи (K_2); та природно-кліматичні умови (K_3);

K_6 – коефіцієнт, що коригує міжремонтний пробіг залежно від "віку і стану" автомобіля, визначається за формулою:

$$K_6 = \frac{A_n + 0,8A_k}{A_n + A_k}, \quad (1.5)$$

де A_n – кількість нових автомобілів, тобто тих, що не були в капітальному ремонті, шт;

A_k – кількість автомобілів, що пройшли КР, шт.

Для першої групи автомобілів:

$$L_{TO-1д} = 3000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 2430 \text{ км};$$

$$L_{TO-2д} = 12000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 9720 \text{ км};$$

$$L_{KPD} = 250000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 145800 \text{ км}.$$

Для другої групи автомобілів:

$$L_{TO-1д} = 3000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 2430 \text{ км};$$

$$L_{TO-2д} = 12000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 9720 \text{ км};$$

$$L_{КРД} = 300000 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 174960 \text{ км}.$$

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку диференційованої періодичності РОВ автомобілів

Показник	Одиниця виміру	Марка базового автомобіля	
		КРАЗ	Volvo
Нормативне значення періодичності обслуговування			
$L_{TO-1}^н$	км	3000	3000
$L_{TO-2}^н$	км	12000	12000
$L_{КР}^н$	тис. км	250	300
Значення коригувальних коефіцієнтів			
K_1		0,9	0,9
K_2		0,8	0,9
K_3		0,9	0,9
Значення диференційованої періодичності обслуговування			
$L_{TO-1д} = L_{TO-1}^н \cdot K_1 \cdot K_3$	км	2430	2430
$L_{TO-2д} = L_{TO-2}^н \cdot K_1 \cdot K_3$	км	9720	9720
$L_{КРД} = L_{КР}^н \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$	тис. км	145800	174960

1.3 Коригування нормативів трудомісткості ТО і ПР автомобілів

Трудомісткість робіт з обслуговування автопарку на підприємстві складається з обсягу робіт з ТО (ЩТО, ТО-1, ТО-2, СО), діагностування (Д-1, Д-2), поточного ремонту (ПР) і самообслуговування підприємства. Капітальні ремонти автомобілів, їх агрегатів виконують на спеціалізованих ремонтних підприємствах [1-7].

Перед розрахунком трудомісткості робіт у зоні обслуговування необхідно скоригувати нормативи трудомісткості за видами РОВ. Коригування нормативів трудомісткості проводиться залежно від модифікації рухомого складу, організації роботи та розміру автопарку [2-8].

У разі застосування в зоні ЩТО механізованих мийних установок, а також у разі механізації інших видів робіт ЩТО, наприклад, прибиральних, при використанні повітря частка обдування (сушіння) автомобілів трудомісткість робіт ЩТО має бути зменшена [3-9].

Розрахункову трудомісткість ЩТО, що реалізується шляхом ручного оброблення автомобілів за поточного методу використання, можна визначити за такою формулою [1-5]:

$$t_{EOi} = t_{EOi}^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M, \quad (1.6)$$

де t_{EOi}^H – трудомісткість ЩТО і групи автомобілів нормативна, люд.-год;

$K_2 \cdot K_5 \cdot K_M$ – відповідно коефіцієнти, що враховують тип і модифікацію рухомого складу, розмір АТП і зниження трудомісткості за рахунок механізації робіт ЩТО.

Значення K_M залежно від питомої ваги механізованої частини робіт автомобіля, що обслуговується, може бути прийнято від 0,35 до 0,75 [7].

Розрахунок трудомісткості ЩТО автомобілів проводять з метою планування фінансових витрат, завантаження зони обслуговування, а якщо ЩТО виконуватиме спеціалізована служба без водіїв, то і для визначення чисельності обслуговуючого персоналу [11].

Коригування трудомісткості ТО-1, ТО-2 автомобілів здійснюється за формулами [2-4]:

$$t_{TO-1i} = t_{TO-1i}^H \cdot K_2 \cdot K_5; \quad (1.7)$$

$$t_{TO-2i} = t_{TO-2i}^H \cdot K_2 \cdot K_5, \quad (1.8)$$

де t_{TO-1i}^H, t_{TO-2i}^H – нормативне значення трудомісткості обслуговування i -ої групи автомобілів відповідно під час ТО-1, ТО-2, люд.-год.

Коригування трудомісткості одиниці поточного ремонту здійснюється за i -ою групою автомобіля на 1000 км пробігу (для автомобілів, що працюють без причепа) [13-15]:

$$t_{TP} = t_{TP}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (1.9)$$

Для автомобілів першої групи з урахуванням нормативу:

$$t_{\text{ЩТО}} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 0,66 \text{ люд.-год};$$

$$t_{\text{ТО-1}} = 3,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 4,83 \text{ люд.-год};$$

$$t_{\text{ТО-2}} = 12,6 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 17,4 \text{ люд.-год};$$

$$t_{TP} = 4,00 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 7,89 \text{ люд.-год}.$$

Для автомобілів другої групи:

$$t_{\text{ЩТО}} = 0,5 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 0,53 \text{ люд.-год};$$

$$t_{\text{ТО-1}} = 3,4 \cdot 1,15 \cdot 1,15 = 4,5 \text{ люд.-год};$$

$$t_{\text{ТО-2}} = 14,5 \cdot 1,15 \cdot 1,15 = 19,17 \text{ люд.-год};$$

$$t_{TP} = 8,5 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 16,07 \text{ люд.-год}.$$

Таблиця 1.5 – Відкоригована трудомісткість ТО і ПР

Марка автомобіля	Трудомісткість, люд.год.			
	ТО-1	ТО-2	ЩТО	ПР
КРАЗ	4,83	17,4	0,66	7,89
VOLVO	4,5	19,17	0,53	16,07
Середньозважена трудомісткість, люд. год	4,66	18,28	0,595	11,98

1.4 Розрахунок коефіцієнтів технічної готовності та технічного використання

Питомий простій для автомобіля можна визначити, знаючи трудомісткість ремонтно-обслуговуваних впливів.

До показників рівня працездатності належать безрозмірні показники: коефіцієнт технічної готовності та коефіцієнт технічного використання.

Коефіцієнт технічної готовності розраховується за формулою [15]:

$$K_{TG} = \frac{M_K - M_{PEM}}{M_K} = \frac{M_P}{M_K}; \quad (1.10)$$

$$K_{TG} = \frac{M_P}{M_K} = \frac{M_K - M_{PEM} - M_{TO}}{M_K}, \quad (1.11)$$

де M_k – календарне число машино-днів у році;

M_{TO} – число машино-днів перебування автомобіля на технічному обслуговуванні протягом року;

M_{PEM} – число машино-днів перебування автомобіля в ремонті протягом року;

M_p – число машино-днів у працездатному стані.

Під час проектувальних розрахунків використовують такі вирази:

$$M_{TG} = \frac{1}{1+\beta+L_c}; \quad (1.12)$$

$$M_{TG} = \frac{1}{1+\gamma+L_c}, \quad (1.13)$$

де β – питомі простої автомобіля при проведенні поточного ремонту, дні/1000км;

L_c – середньодобовий пробіг, тис. км;

γ – Сумарні питомі простої автомобілів при проведенні ремонту і ТО, дні/1000км.

Питомі простої визначаються за такими виразами:

$$\beta = \frac{t_{PP}}{T_{cm} \cdot m}; \quad (1.14)$$

$$\delta = \frac{1000 \cdot t_{TO-1}}{T_{cm} \cdot m \cdot L_{TO-1}} \cdot \left(1 - \frac{L_{TO-1}}{L_{TO-2}}\right) + \frac{1000 \cdot t_{TO-1}}{T_{cm} \cdot m \cdot L_{TO-2}}; \quad (1.15)$$

$$\gamma = \frac{1000 \cdot t_{TO-1}}{T_{cm} \cdot m \cdot L_{TO-1}} \cdot \left(1 - \frac{L_{TO-1}}{L_{TO-2}}\right) + \frac{1000 \cdot t_{TO-1}}{T_{cm} \cdot m \cdot L_{TO-2}} + \frac{t_{TP}}{T_{cm} \cdot m}, \quad (1.16)$$

де t_{TO-1}, t_{TO-2} – трудомісткість проведення відповідно ТО-1 і ТО-2, люд.год;

t_{PP} - трудомісткість проведення поточного ремонту, люд.год/1000км;

m – кількість слюсарів;

T_{cm} – тривалість зміни, год. (приймаємо для 6-ти денного робочого тижня 8 годин);

L_{TO-1}, L_{TO-2} – періодичність проведення ТО-1, ТО-2, км.

Для автомобілів першої групи.

Визначення нормативних коефіцієнтів технічної готовності та використання:

$$\beta = \frac{4}{8 \cdot 2} = 0,25 \text{ дні/1000км};$$

$$M_{TG} = \frac{1}{1+0,25+0,0987} = 0,97;$$

$$\gamma = \frac{1000 \cdot 3,5}{8 \cdot 2 \cdot 3000} \cdot \left(1 - \frac{3000}{12000}\right) + \frac{1000 \cdot 12,6}{8 \cdot 2 \cdot 12000} + 0,25 = 0,37;$$

$$M_{TH} = \frac{1}{1 + 0,37 + 0,123} = 0,96$$

Визначення розрахункових коефіцієнтів технічної готовності та використання.

$$\beta = \frac{7,89}{8 \cdot 2} = 0,5 \text{ дні/1000км};$$

$$M_{TG} = \frac{1}{1+0,5+0,0987} = 0,95;$$

$$\gamma = \frac{1000 \cdot 4,83}{8 \cdot 2 \cdot 2700} \cdot \left(1 - \frac{2700}{10800}\right) + \frac{1000 \cdot 17,4}{8 \cdot 2 \cdot 10800} + 0,5 = 0,68;$$

$$M_{TH} = \frac{1}{1 + 0,68 + 0,0987} = 0,94$$

Для автомобілів другої групи.

Визначення нормативних коефіцієнтів технічної готовності та використання.

$$\beta = \frac{8,5}{8 \cdot 2} = 0,53 \text{ дні/1000км};$$

$$M_{TG} = \frac{1}{1+0,53+0,123} = 0,94;$$

$$\gamma = \frac{1000 \cdot 3,4}{8 \cdot 2 \cdot 3000} \cdot \left(1 - \frac{3000}{12000}\right) + \frac{1000 \cdot 14,5}{8 \cdot 2 \cdot 12000} + 0,53 = 0,66;$$

$$M_{TH} = \frac{1}{1 + 0,66 + 0,123} = 0,93$$

Визначення розрахункових коефіцієнтів технічної готовності та використання [13].

$$\beta = \frac{16,07}{8 \cdot 2} = 1,004 \text{ дні/1000км};$$

$$M_{TG} = \frac{1}{1+1,004+0,123} = 0,89;$$

$$\gamma = \frac{1000 \cdot 4,5}{8 \cdot 2 \cdot 2430} \cdot \left(1 - \frac{2430}{9720}\right) + \frac{1000 \cdot 19,17}{8 \cdot 2 \cdot 9720} + 1,004 = 1,214;$$

$$M_{TH} = \frac{1}{1 + 1,214 + 0,0987} = 0,87$$

Таблиця 1.6 – Розрахунок коефіцієнтів технічної готовності

Марка автомобіля	Коефіцієнти			
	Нормативна		Розрахункова	
	КТГ	КТІ	КТГ	КТІ
КРАЗ	0,94	0,93	0,89	0,87
VOLVO	0,97	0,96	0,95	0,94

1.5 Кількість технічних обслуговувань на рік

Кількість обслуговувань визначається окремо для кожної групи автомобілів на основі пробігу за рік базового автомобіля. Розрахунок ведеться за формулами [6]:

$$N_{кр} = \frac{L_{\Gamma}}{L_{кр}} = \frac{L_c \cdot D_{pg} \cdot Z}{L_{кр}}, \quad (1.17)$$

де Z – кількість автомобілів у групі, шт.;

$N_{кр}$ – кількість капітальних ремонтів;

$L_{кр}$ – періодичність КР;

D_{pg} – кількість робочих днів у році.

$$N_{TO-2} = \frac{L_{\Gamma}}{L_{TO-2}} - N_{кр}; \quad (1.18)$$

$$N_{TO-1} = \frac{L_{\Gamma}}{L_{TO-1}} - N_{кр} - N_{TO-2}; \quad (1.19)$$

$$N_{\text{ЩТО}} = \frac{L_{\Gamma}}{L_{cc}} - N_{\text{кр}} - N_{\text{ТО-2}} - N_{\text{ТО-1}}, \quad (1.20)$$

де $N_{\text{кр}}, N_{\text{ТО-1}}, N_{\text{ТО-2}}, N_{\text{ЩТО}}$ – кількість відповідних видів ТО;

$L_{\text{ТО-1}}, L_{\text{ТО-2}}$ – відкоригована періодичність ТО-1, ТО-2, км;

L_{cc} – середньодобовий пробіг, км.

Для першої групи автомобілів:

$$N_{\text{кр}} = \frac{138210}{145800} = 1 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{138210}{10800} - 1 = 12 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{138210}{2700} - 1 - 12 = 38 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{ЕТО}} = \frac{138210}{123} - 1 - 12 - 38 = 1073 \text{ шт.}$$

Для другої групи автомобілів:

$$N_{\text{кр}} = \frac{1005378}{174960} = 6 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{1005378}{9720} - 6 = 98 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{1005378}{2430} - 6 - 98 = 310 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{ЕТО}} = \frac{1005378}{123} - 6 - 98 - 310 = 7760 \text{ шт.}$$

Кількість сезонних ТО двічі на рік на один автомобіль:

$$N_{\text{СТО}} = Z \cdot 2 \quad (1.21)$$

Таблиця 1.7 – Кількість ТО і КР

Марка автомобіля	Кількість ТО				
	ЩТО	ТО-1	ТО-2	КР	СО
САЗ , ЗІЛ	7760	310	98	6	10
VOLVO	1073	38	12	1	58
Сумарна кількість ТО	8803	348	110	7	68

1.6 Річний обсяг робіт

Річний обсяг робіт визначається як добуток числа ТО і відкоригованої трудомісткості кожного виду. Після чого трудомісткість підсумовується за кожним видом РОВ окремо.

Трудомісткість робіт за кожною маркою визначається за виразами.

Обсяг робіт із ТО:

$$T_{TO-1} = N_{TO-1} \cdot t_{TO-1}; \quad (1.22)$$

$$T_{TO-2} = N_{TO-2} \cdot t_{TO-2}; \quad (1.23)$$

$$T_{ЩТО} = N_{ЩТО} \cdot t_{ЩТО} \quad (1.24)$$

Обсяг робіт із ПР:

$$T_{ПР} = \frac{L_{Г}}{1000} \cdot Z \cdot t_{ПР} \quad (1.25)$$

Обсяг робіт із сезонного обслуговування:

$$T_{сез} = 2 \cdot Z_i \cdot t_{TO-2} \cdot K. \quad (1.26)$$

Для першої групи.

Обсяг робіт із ТО:

$$T_{TO-1} = 38 \cdot 4,83 = 182 \text{ люд.год.};$$

$$T_{TO-2} = 98 \cdot 19,17 = 209 \text{ люд.год.};$$

$$T_{ЩТО} = 1073 \cdot 0,66 = 708 \text{ люд.год.}$$

Обсяг робіт ПР:

$$T_{ПР} = \frac{27642}{1000} \cdot 5 \cdot 7,89 = 1091 \text{ люд.год.}$$

Обсяг робіт із сезонного обслуговування:

$$T_{сез} = 2 \cdot 5 \cdot 17,04 \cdot 0,3 = 51 \text{ люд.год.}$$

Для другої групи.

Обсяг робіт із ТО.

$$T_{TO-1} = 310 \cdot 4,5 = 1395 \text{ люд.год.};$$

$$T_{TO-2} = 98 \cdot 19,17 = 1878 \text{ люд.год.};$$

$$T_{ЕТО} = 7760 \cdot 0,53 = 4113 \text{ люд.год.}$$

Обсяг робіт ПР.

$$T_{TP} = \frac{34668}{1000} \cdot 29 \cdot 16,07 = 16156 \text{ люд.год.}$$

Обсяг робіт із сезонного обслуговування.

$$T_{CEZ} = 2 \cdot 29 \cdot 19,17 \cdot 03 = 334 \text{ люд.год.}$$

Таблиця 1.8 – Річна трудомісткість

Марка автомобіля	Трудомісткість, люд.год				
	ТО-1	ТО-2	ПР	СТО	ЩТО
КРАЗ	182	209	1091	51	708
VOLVO	1395	1878	16156	334	4113
Сума	1577	2087	17247	385	4821
Усього T _{річ}	21296				

1.7. Розподіл трудомісткості

Розподіл річного обсягу робіт, що виконується, на постах діагностування: ТО-1, ТО-2 і ПР, здійснюється відповідно до прийнятої технологічної схеми процесу окремо за кожною групою автомобілів або загалом за парком, використовуючи сумарну трудомісткість [3-7].

У разі, якщо передбачається створення універсального поста, обсяг діагностичних робіт підсумовується. Тоді, трудомісткість робіт, що виконуються на посту діагностики, розраховується таким чином [7]:

$$T_{Д-1} = (0,1 - 0,12) \cdot T_{ТО-1} \quad (1.27)$$

$$T_{Д-2} = (0,12 - 0,18) \cdot T_{ТО-2} \quad (1.28)$$

Оскільки роботи з діагностування входять до ТО, трудомісткість ТО зменшується на цю величину:

$$T^{\partial TO-1} = T_{ТО-1} - T_{Д-1} \quad (1.29)$$

$$T^{\partial TO-2} = T_{ТО-2} - T_{Д-2} \quad (1.30)$$

$$T_{\text{Д}}^{\text{ПОСТ}} = T_{\text{ТО-1}}^{\text{Д}} + T_{\text{ТО-2}}^{\text{Д}} \quad (1.31)$$

На постах ТО-1 проводяться всі операції з ТО-1, отже, трудомісткість постових робіт дорівнює трудомісткості ТО-1 [6]:

$$T_{\text{ТО-1}}^{\text{ПОСТ}} = T_{\text{ТО-1}}^{\text{Д}} \quad (1.32)$$

На постах ТО-2 проводиться повністю обсяг робіт з ТО-2, СТО, а також супутній поточний ремонт в обсязі 10-20 % від обсягу постових робіт з ПР [1-9]:

$$T_{\text{СОП-ТО-2}}^{\text{ПОСТ}} = K_{\text{ПОСТ}} \cdot K_{\text{СОП}} \cdot T_{\text{ТР}} , \quad (1.33)$$

де $K_{\text{СОП}}$ – коефіцієнт, що враховує частку супутнього ремонту, що проводиться на посту ТО-2 ($K_{\text{СОП}}=0,1-0,2$) ;

$K_{\text{ПОСТ}}$ – коефіцієнт, що враховує частку робіт із ПР, виконуваних на посту ТР ($K_{\text{ПОСТ}}= 0,46-0,6$).

Тоді, обсяг робіт на постах ТО-2 дорівнюватиме [6]:

$$T_{\text{ТО-2}}^{\text{ПОСТ}} = T_{\text{ТО-2}}^{\text{Д}} + T_{\text{СОП(ТО-2)}} + T_{\text{СЕЗ}} \quad (1.34)$$

Обсяг робіт з поточного ремонту на посту ПР проводиться в обсязі 46-60 % від загального обсягу робіт. З урахуванням супутнього ремонту, що проводиться на постах ТО-2, обсяг робіт на посту ПР становитиме [1-9]:

$$T_{\text{ПР}}^{\text{ПОСТ}} = K_{\text{ПОСТ}} \cdot T_{\text{ТР}} - T_{\text{СОП(ТО-2)}} \quad (1.35)$$

Річну трудомісткість зони ТО і ПР визначаємо за виразом [1-7]:

$$T_{\text{Г}}^{\text{ПОСТ}} = T_{\text{ТО-1}}^{\text{ПОСТ}} + T_{\text{ТО-2}}^{\text{ПОСТ}} + T_{\text{Д}}^{\text{ПОСТ}} + T_{\text{ПР}}^{\text{ПОСТ}} \quad (1.36)$$

Обсяг дільничних робіт складе [1-9]:

$$T_{\text{ТР}}^{\text{УЧ}} = (1 - K_{\text{ПОСТ}}) \cdot T_{\text{ПР}} \quad (1.37)$$

Трудомісткість робіт на посту діагностики [1-12]:

$$T_{\text{Д-1}} = 0,12 \cdot 1577 = 189 \text{ люд.год.}$$

$$T_{\text{Д-2}} = 0,12 \cdot 2087 = 250 \text{ люд.год.}$$

Оскільки роботи з діагностування входять до ТО, трудомісткість ТО зменшується на цю величину [6]:

$$T^{\partial}_{TO-1} = 1577 - 189 = 1388 \text{ люд.год.}$$

$$T^{\partial}_{TO-2} = 2087 - 250 = 1837 \text{ люд.год.}$$

Діагностичні роботи під час організації універсального поста [1-9]:

$$T^{\text{ПОСТ}}_{\text{Д}} = 189 + 250 = 439 \text{ люд.год.}$$

На постах ТО-1 проводяться всі операції з ТО-1:

$$T^{\text{ПОСТ}}_{\text{ТО-1}} = 1388 \text{ люд.год.}$$

На постах ТО-2 проводиться повністю обсяг робіт із ТО-2, СТО, а також супутній поточний ремонт в обсязі 15 % від обсягу постових робіт із ПР:

$$T^{\text{ПОСТ}}_{\text{СОП-ТО-2}} = 0,5 \cdot 0,15 \cdot 17247 = 1294 \text{ люд.год.}$$

Обсяг робіт на постах ТО-2:

$$T^{\text{ПОСТ}}_{\text{ТО-2}} = 1837 + 1294 + 385 = 3516 \text{ люд.год.}$$

Обсяг робіт на посту ТР:

$$T^{\text{ПОСТ}}_{\text{ТР}} = 0,5 \cdot 17247 - 1294 = 7330 \text{ люд.год.}$$

Річна трудомісткість зони ТО і ТР:

$$T^{\text{ПОСТ}}_{\text{Г}} = 1388 + 3516 + 439 + 7330 = 12673 \text{ люд.год.}$$

Обсяг дільничних робіт:

$$T^{\text{УЧ}}_{\text{ПР}} = (1 - 0,5) \cdot 17247 = 8623,5$$

Таблиця 1.9 – Трудомісткість постових робіт, люд.год.

	ТО-1	ТО-2	Д	ПР	Сумарна трудомісткість постових робіт за марками	На спец. ділянках
Трудомісткість постових робіт	1388	3516	439	7330	12673	8623,5

1.8 Визначення чисельності робітників

Виходячи з показників трудомісткості технічного обслуговування та поточного ремонту автівок, визначимо оптимальну чисельність і структурний склад обслуговчого персоналу [5].

Розрахунок кількості працівників зон обслуговування та поточного ремонту здійснюється за такими формулами:

де $P_{ш}$ – штатна кількість робітників;

$\Phi_{ш}$ – річний фонд робочого часу штатного робітника, год;

$T_G^{сум}$ – річна трудомісткість робіт за зоною ТО і ПР (сума за марками автомобілів);

τ – коефіцієнт використання часу зміни (для поста ТО) $\tau = 0,8 - 0,82$

$K_{сп}$ – коефіцієнт спеціалізації.

Річний фонд робочого часу дорівнює [4]:

$$\Phi_{ш} = ((D_k - D_B - D_{П} - D_{отп} - D_{уП}) \cdot T_c - D_{ПП}), \quad (1.39)$$

де D_k – число календарних днів у році;

D_B – число вихідних днів у році;

$D_{П}$ – кількість святкових днів у році;

$D_{отп}$ – число днів відпустки;

$D_{уП}$ – число днів не виходу на роботу з поважної причини;

$D_{ПП}$ – кількість субот і передсвяткових днів у році, в які робочий день скорочується на 1 годину;

$T_{см}$ – тривалість зміни.

При виконанні розрахунків у вихідних даних подано кількість робочих днів у році, тому фонд робочого часу може бути розрахований за формулою [6]:

$$\Phi_{ш} = D_{рг} \cdot T_c \quad (1.40)$$

Фонд робочого часу [2]:

$$\Phi_{ш} = 280 \cdot 8 = 2240 \text{ годину.}$$

Кількість робітників на посту ТО-1:

$$P_{III} = \frac{0,8 \cdot 1388}{2240 \cdot 0,85} = 0,58 \text{чол.}$$

Кількість робітників на посту ТО-2:

$$P_{III} = \frac{0,8 \cdot 3516}{2240 \cdot 0,85} = 1,5 \text{чол.}$$

Кількість робітників на посту Д:

$$P_{III} = \frac{1 \cdot 439}{2240 \cdot 0,75} = 0,26 \text{чол.}$$

Кількість робітників на посту ПР :

$$P_{III} = \frac{0,8 \cdot 7330}{2240 \cdot 0,85} = 3,07 \text{чол.}$$

Таблиця 1.10 – Розрахунок числа слюсарів зони ТО і ремонту автомобілів

Вид ТО	Трудоміст кість, люд.год.	Фонд робочого часу штатного робітника, год.	Коефіцієнт використання часу зміни	Коефіцієнт спеціалізації	Розрахунок ва кількість слюсарів, чол.	Прийнята кількість слюсарів, чол.
ТО-1	1388	2240	0,85	0,8	0,58	1
ТО-2	3516	2240	0,85	0,8	1,5	2
Д	439	2240	0,75	1	0,26	1
ПР	7330	2240	0,85	0,8	3,07	3
Усього						7

1.9 Розрахунок ритму і такту виробництва ТО

Основним фактором, що впливає на вибір методу технічного обслуговування автомобілів, є змінна (добова) програма ТО-1 і ТО-2 автомобілів. За різномарочної структури рухомого складу і малої змінної програми технічне обслуговування організовують на універсальних постах тупиковим методом. Для вибору методу необхідно визначити ритм і такт поста. Ритм поста – це час у хвилинах, відведений для перебування автомобіля на посту [7].

Ритм поста визначається за формулою

$$R = \frac{60 \cdot n_c \cdot T_c}{N_{icc}}, \quad (1.41)$$

де n_{cm} – кількість змін зони обслуговування на добу;

T_C – норма зміни, год;

$N_{(i) (ДОБ)}$ – добова продуктивність із ТО кожного виду, люд-год.

Добова виробнича програма з ТО автомобілів визначається за формулою [7]:

$$N_{iДОБ} = \frac{N_T}{D_p^T}, \quad (1.42)$$

де N_T – річна виробнича програма кожного виду обслуговування (кількість ТО-1, ТО-2);

D_p^T , – кількість робочих днів.

Такт поста характеризує час виконання робіт на посту в хвилинах з урахуванням витрат часу на в'їзд і виїзд автомобіля.

Такт поста визначається за формулою:

$$\tau_n = \frac{60 \cdot T_{CP} \cdot C_{TO}}{P} + t_{II}, \quad (1.43)$$

де T_{TO} – відкоригована трудомісткість ТО, чол-год;

C_{TO} – коефіцієнт, що характеризує передачу частини роботи в цехи ($C_{TO-1} = 1; C_{TO-2} = 0,8$);

P – кількість робітників, зайнятих одночасно на посту (ТО-1 = 2 чол., ТО-2 = 2 чол.);

t_{II} – час від'їзду і заїзду автомобіля (у середньому 3 хв).

Добова виробнича програма:

Для першої групи.

$$N_{TO-1CCY} = \frac{38}{280} = 0,14$$

$$N_{TO-2CCY} = \frac{12}{280} = 0,043$$

Для другої групи.

$$N_{TO-1CCY} = \frac{310}{280} = 1,1$$

$$N_{TO-2CCY} = \frac{98}{280} = 0,35$$

Ритм виробництва:

- для першої групи

$$R_{TO-1} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 8}{0,14} = 3428,6$$

$$R_{TO-2} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 8}{0,043} = 11162$$

- для другої групи

$$R_{TO-1} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 8}{1,1} = 436,4$$

$$R_{TO-2} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 8}{0,35} = 1371,4$$

Такт виробництва:

- для першої групи.

$$\tau_{TO-1} = \frac{60 \cdot 4,83 \cdot 1}{2} + 3 = 147,9$$

$$\tau_{TO-2} = \frac{60 \cdot 17,4 \cdot 0,8}{2} + 3 = 420,6$$

- для другої групи.

$$\tau_{TO-1} = \frac{60 \cdot 4,5 \cdot 1}{2} + 3 = 138$$

$$\tau_{TO-2} = \frac{60 \cdot 19,17 \cdot 0,8}{2} + 3 = 463$$

Таблиця 1.11 – Результати розрахунків

Марка автомобіля	Добова програма		Ритм виробництва		Такт виробництва	
	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-2
КРАЗ	0,14	0,043	3428,6	11162	147,9	420,6
VOLVO	1,1	0,35	436,4	1371,4	138	463

Рішення про застосування потокового методу ТО або методу універсальних постів приймається залежно від співвідношення ритму виробництва і такту поста. У цьому випадку при $\tau < 2R$ доцільним є застосування методу універсальних постів обслуговування автомобілів [8].

Висновки

Нині витрати на ремонт і технічне обслуговування за період експлуатації в кілька разів перевищують первісну вартість машин. У зв'язку з цим необхідно вдосконалювати технологію ремонту автомобілів за рахунок розроблення та

впровадження нових ресурсозберігаючих технологій, автоматизації технологічних процесів.

Єдиним і доступним способом забезпечити працездатний стан автопарку є організація технічного обслуговування автомобілів спеціалізованою службою, оснащеною технологічним обладнанням для його якісного проведення. Для досягнення цього необхідне розроблення інженерних рішень щодо організації технічного обслуговування та поточного ремонту автомобілів в автопідприємстві.

Під час обслуговування автомобілів у зоні технічного обслуговування і ремонту однією з трудомістких операцій вважається зняття, встановлення і транспортування основних вузлів і механізмів, особливо це стосується проведення ремонтно-профілактичних робіт під кузовом автомобілів. Пов'язано це з обмеженістю використання на даній операції підйомного обладнання зони ТО і ПР: електричних талів, кран-балок тощо. Виконання цієї операції за допомогою помічників і монтажного інструменту – процес трудомісткий і неефективний, а також небезпечний для здоров'я з точки зору безпеки праці. Під час планування виробничих зон для проведення технічних обслуговувань і ремонту використовують підйомники з різною вантажопідйомністю. Метою дипломного проекту є розробка підйомника для автомобілів.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

2.1 Огляд наявних конструкцій

2.1.1 Стенд для дослідження турбокомпресорів QZY-2

Стенд застосовується для тестування продуктивності турбокомпресора на різних моделях ДВЗ вантажівок. Стенд призначений для безмоторного випробування ТКР двигунів внутрішнього згоряння з метою визначення показників якості.

Технічні характеристики:

Габарити.....1350×850×1800мм

Напруга мережі.....380 В

Потужність двигуна масляного насоса.....4кВт

Максимальні оберти ротора турбокомпресора під час випробування 18000
обертів

Тиск повітря.....17,5 гсм

Максимальний тиск масла.....20кгсм

Місткість масляного бака.....10л

Загальна маса не більше.....4000кг

Переваги:

- точність вимірювання.

Недоліки:

- необхідна мережа високої напруги;
- складність виготовлення;
- висока вартість;
- велика маса.



Рис. 2.1. Стенд для дослідження турбокомпресорів QY-2

2.1.2 Стенд для дослідження турбокомпресорів ІТК-3.

Стенд замкнутого циклу являє собою безмоторну установку для моделювання різних режимів роботи турбокомпресора, що відповідають режимам його роботи на двигуні і для визначення параметрів турбокомпресора на цих режимах відповідно до технічних умов на турбокомпресор. Він призначений для безмоторного випробування ТКР двигунів внутрішнього згоряння з метою визначення показників якості.

Технічні характеристики:

Габарити.....1520×680×1600мм

Напруга мережі.....380 В

Потужність двигуна масляного насоса...4кВт

Максимальні оберти ротора турбокомпресора під час випробування 15000
обертів

Тиск повітря.....15кгс/м

Максимальний тиск масла.....20кгс/м

Місткість масляного бака.....5л

Загальна маса не більше..... 380кг

Переваги:

- простота експлуатації.

Недоліки:

- велика маса;
- необхідна мережа високої напруги;
- складність виготовлення;
- висока вартість



Рис. 2.2. Стенд для дослідження турбокомпресорів ІТК-3

2.1.3 Стенд для дослідження турбокомпресорів СТТ-06

Стенд призначено для випробування турбокомпресорів тепловозних дизелів за номінальних обертів, визначення часу вибігу ротора турбокомпресора, розрядження на всмоктування, тиск оливи в системі мастила.

Технічні характеристики:

Габарити.....800×1750×1900мм

Напруга мережі.....380 В

Потужність двигуна масляного насоса...5кВт

Максимальні оберти ротора турбокомпресора під час випробування 10000 обертів

Тиск повітря.....21, 5кгс/м

Максимальний тиск масла...27кгс/м

Місткість масляного бака.....10л

Загальна маса не більше.....450кг



Рис. 2.3. Стенд для дослідження турбокомпресорів СТТ-06

Переваги:

- висока якість обладнання.

Недоліки:

- потрібна електрична мережа;
- складність виготовлення;
- висока вартість;
- велика маса.

2.2 Призначення і принцип дії розроблюваного обладнання

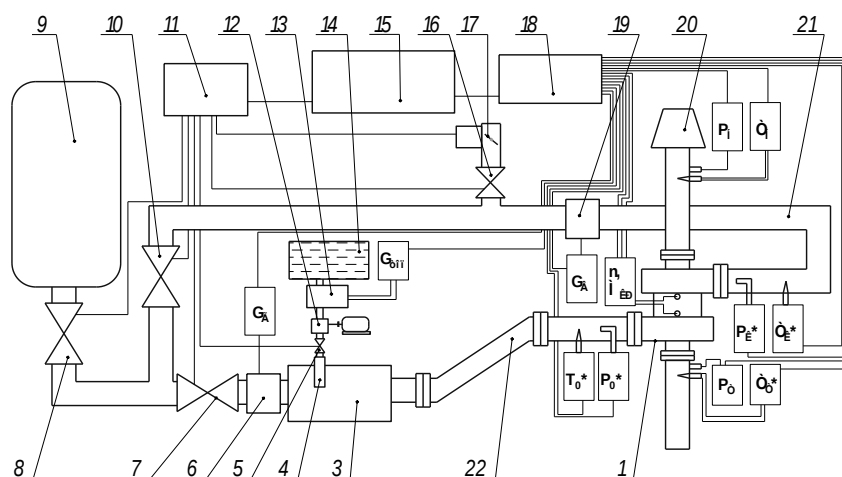


Рис. 2.4. Схема стенда

Пристрій призначений для стендового випробування без під'єднання до двигуна турбокомпресорів ДВЗ з метою оцінки їх продуктивних характеристик.

Конструкція стенда (рис. 2.4) включає такі головні складові: випробовуваний турбокомпресор; паливну систему; балон високого тиску або стаціонарну лінію стисненого повітря, що постачає повітря в камеру згоряння (тип реактивної камери) під час пускових режимів; багатоканальний реєстратор сигналів від первинних датчиків; панель керування; та ЩТОМ для обробки отриманих даних.

Порядок роботи стенда такий. На старті експерименту вентиль 8 зачинений. Відкривши вентиль 10, повітря із балона 9 (або з мережі) надходить у камеру згоряння 3. Одночасно паливо із бака 14 за допомогою насоса 11 через регулювальний вентиль 4 подається до форсунки 4. Із камери згоряння відпрацьовані гази спрямовуються в турбіну турбокомпресора 1 і після виконання роботи викидаються в атмосферу. Водночас компресор стискає атмосферне повітря, яке проходить через фільтр 3; при цьому, оскільки кран 10 під час пуску закритий, стиснене повітря на виході з компресора через відкриті вентиль 20 і дросельну заслінку 5 зливається в атмосферу.

Коли частота обертання турбокомпресора досягає заданої величини (тиск на виході компресора перевищує 300 кПа), відкривається вентиль 14, а вентиля 9 і 13 закриваються. У цей момент зупиняється скидання стисненого повітря в атмосферу, і воно починає надходити в камеру згоряння. Лише після цього можна розпочати точні вимірювання параметрів газу та роботи турбокомпресора.

Режим турбіни коригують за рахунок регулювання об'ємного потоку та температури робочого газу. Зміна подачі газу через турбіну здійснюється вентилем 8, а через компресор — дросельною заслінкою 15 (за умови закритого вентиля 13). Температуру газів на вході до турбіни, що надходять із камери згоряння, змінюють шляхом корекції кількості палива, що впорскується форсункою через вентиль 5. Управління елементами системи

(вентилями 6, 8, 9, 11, 14, дросельною заслінкою 15 і вузлом 2) може виконуватися вручну з виносної панелі 13 або автоматично через ЩТОМ 15, до якої також підключені керуючі органи панелі 11. Виміряні параметри фіксує реєстратор 15 і передає їх у ЩТОМ для подальшої обробки.

Робоча потужність турбіни споживається компресором, що виконує функцію повітряного гальма. Щоб мінімізувати теплові втрати, ділянки трубопроводів від камери згоряння до турбіни, від виходу турбіни та на виході з компресора покриті теплоізоляцією.

РОЗДІЛ 3

ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ УСТАНОВКИ

3.1 Розрахунок вузлів і деталей установки

3.1.1 Розрахунок приводу масляного насоса

Технічні розрахунки установки проводимо з урахуванням форми і розміщення стандартних деталей.

Виходячи з масляного тиску, необхідного для турбокомпресора, вибираємо масляний насос НМШ 2-40-2/5.

Технічні характеристики:

Подача.....2м³/год

Тиск.....0,6МПа

Розрахунок потужності на привід масляного насоса і вибір електродвигуна [8].

Потужність на привід масляного насоса можна розрахувати за виразом [6]:

$$N_{np} = \frac{N_{нас\epsilon}}{\eta_{мех}}, \quad (3.1)$$

де $N_{нас}$ – потужність на привід насоса;

$\eta_{мех}$ – повний механічний ККД.

$$\eta_{мех} = \eta_0 \cdot \eta_m \cdot \eta_{\epsilon}, \quad (3.2)$$

де η_n – ККД насоса [5];

η_o – об'ємний коефіцієнт корисної дії ($\eta_o = 0,85 \dots, 98$) [4];

$\eta_{(м)}$ загальний механічний коефіцієнт корисної дії, який враховує механічне тертя в підшипниках і ущільнення вала, а також гідравлічне тертя неробочих поверхонь коліс, що не працюють, ухвалюють $\eta_m = 0,92 - 0,96$ [3];

η_{Γ} – гідравлічний ККД, що враховує гідравлічне тертя (для сучасних насосів $\eta_{\Gamma} = 0,85 \dots 0,96$)

$$\eta_H = 0,92 \cdot 0,87 \cdot 0,88 = 0,704$$

Визначаємо втрати напору у всмоктувальній лінії за формулою [8]:

$$h_{\text{п.в.л.}} = \left(\lambda \cdot \frac{L_{bc}}{d_{\text{екв}}} + \sum \xi_{bc} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g}, \quad (3.3)$$

де λ – коефіцієнт тертя;

L_{bc} – довжина трубопроводу на лінії всмоктування, м;

$d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр, м;

$\sum \xi_{bc}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на лінії всмоктування.

$$h_{\text{п.в.л.}} = \left(0,026 \cdot \frac{6}{0,064} + 4,7 + 4,7 + 0,5 \right) \cdot \frac{1,86^2}{20} = 2,134 \text{ м}$$

Визначаємо втрати напору в нагнітальній лінії за формулою [5]:

$$h_{\text{п.л.н.}} = \left(\lambda \frac{L_{нагн}}{d_{\text{екв}}} + \sum \xi_{нагн} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2g}$$

де $L_{нагн}$ – довжина трубопроводу на лінії нагнітання, м;

$\sum \xi_{нагн}$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на лінії нагнітання.

$$h_{\text{п.л.н.}} = \left(0,026 \cdot \frac{15}{0,064} + 4,7 + 4,7 + 1 + 3,2 \right) \cdot \frac{1,86^2}{20} = 3,40 \text{ м}$$

$$h_{\text{повн.}} = 3,40 + 2,134 = 5,540 \text{ м}$$

Загальну величину напору, що створює насос, обчислюємо за таким виразом [6]:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_{\text{г}} + h_{\text{п}}, \quad (3.4)$$

де P_1 – тиск в апараті, з якого перекачується рідина, Па;

P_2 – тиск в апараті, в який подається рідина, Па;

$H_{\text{г}}$ – геометрична висота підйому рідини, м;

$h_{\text{п}}$ – повна втрата напору у всмоктувальній і нагнітальній лініях.

$$H = \frac{0,6 \cdot 10^6}{900 \cdot 9,8} + 1,1 + 5,54 = 24,6 \text{ м}$$

$$N_{\text{а нас}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot g \cdot H}{1000}, \quad (3.5)$$

де $Q_{\text{дн}}$ – дійсна продуктивність насоса;

γ – густина масла, кг/м³;

g – прискорення сили тяжіння, що дорівнює 9,8 м/с²

H – напір, що розвивається насосом.

$$N_{a\text{нас}} = \frac{900 \cdot 9,8 \cdot 0,0007 \cdot 24,6}{1000} = 0,62 \text{ кВт.}$$

Потужність на привід масляного насоса:

$$N_{np} = \frac{0,62}{0,7} = 0,88 \text{ кВт}$$

Потужність на валу електродвигуна (споживана) [12]:

$$N_{\partial} = \frac{N}{\eta_{\partial\partial}}, \quad (3.6)$$

де $\eta_{\partial\partial}$ – ККД електродвигуна, який приймається орієнтовно залежно від номінальної потужності.

$$N_{\partial} = \frac{0,88}{0,90} = 0,97 \text{ кВт}$$

За споживаною потужністю електродвигуна $N_{\partial}=0,97 \text{ кВт}$ і орієнтовними оборотами вибираємо електродвигун 4А80А.

Електродвигуни серії 4А закриті обдувні, спеціально пристосовані для роботи в запиленних приміщеннях. Властиві простота конструкції та догляду, невисока вартість. Перевагу слід віддавати високооборотним двигунам, оскільки вони дешевші та мають менші габарити.

- потужність двигуна $N_{\partial}= 1,1 \text{ кВт}$

- частота обертання $n = 1500 \text{ об/хв}$

Розрахунок муфти

Для з'єднання валів приймаємо муфту пружну втулково-пальцеву, які виготовляються за ДСТУ. МУВП набули найширшого поширення на практиці, оскільки прості за конструкцією, надійні в експлуатації, забезпечують легкість монтажу і демонтажу. Муфта складається з двох напівмуфт, на одній з яких закріплюються пальці з надітими на них пружними втулками. Напівмуфти виготовляються з чавуну СЧ 21-40, а пальці виготовляються зі сталі 45, втулки зі спеціальної гуми. Муфти вибирають за $M_{(кр)} (розр)$ – розрахунковим крутним моментом і діаметрами хвостовиків, на які вона встановлюється [8].

$$M_{(кр)} (розр) = M_{(кр)} (ном) \cdot \alpha_{(0)} \quad (3.6)$$

$$M_{(кр) (розр)} = 5,3 - 1,5 = 7,95 \text{ Н·м}$$

Обираємо МУВП-16, для якої:

$$M_{кр} = 16 \text{ Н·м}; d = 16 \text{ мм}; D = 15 \text{ мм}; L = 83 \text{ мм}; D_0 = 20 \text{ мм}; d_{II} = 8 \text{ мм}; z = 6 \text{ мм}; l_1 = 14 \text{ мм}; l_{II} = 20 \text{ мм}; b = 6 \text{ мм}.$$

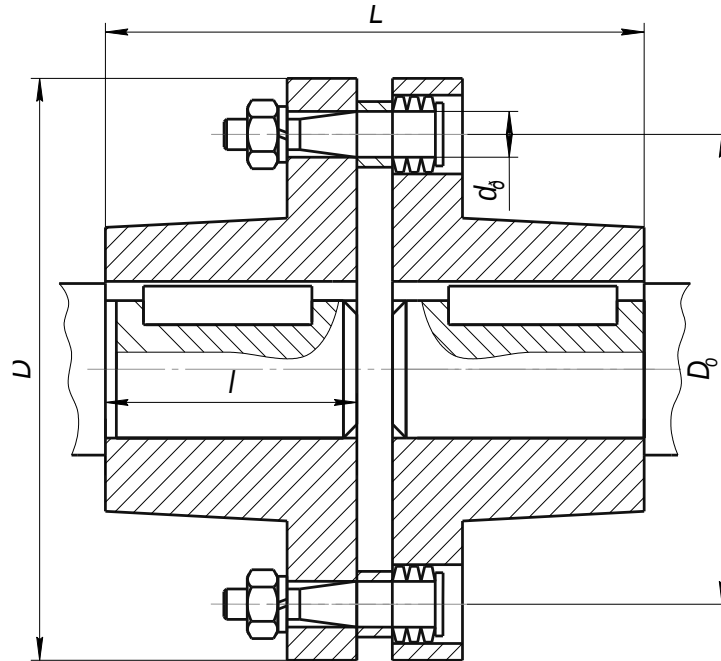


Рис. 3.1. Муфта пружна втулково-пальцева пружна.

Перевірка на вигин і зминання:

$$\sigma_{II} = \frac{M_{II}}{W_0} \leq [\sigma_{II}] \quad (3.7)$$

$$M_{II} = F_{(t)} \cdot (l_{II}/2) \quad (3.8)$$

$$F_t = 2 \cdot M_{(кр.) (розр)} / D_0 - Z \quad (3.9)$$

$$W_0 = \pi \cdot d_{(n)}^3 / 32 = 0,1 - d_{(n)}^3 \quad (3.10)$$

$$\sigma_{II} = \frac{6 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 20}{8^3 \cdot 60 \cdot 6} = 16,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{II} = 16,6 \text{ МПа} < [\sigma_0] = 80 \dots 120 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot M_{кр} \text{ РАЩ}}{D_0 \cdot z \cdot d_{II} \cdot (l_{II} - y)} \quad (3.11)$$

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 10^3}{20 \cdot 6 \cdot 8 \cdot (20 - 6)} = 1,2 \text{ МПа} < [\sigma_{CM}]$$

$$\sigma_{CM} = 1,2 \text{ МПа} < [\sigma_{(0)}] = 1,8 \dots 2,5 \text{ МПа}$$

3.3.2 Розрахунок зварних з'єднань.

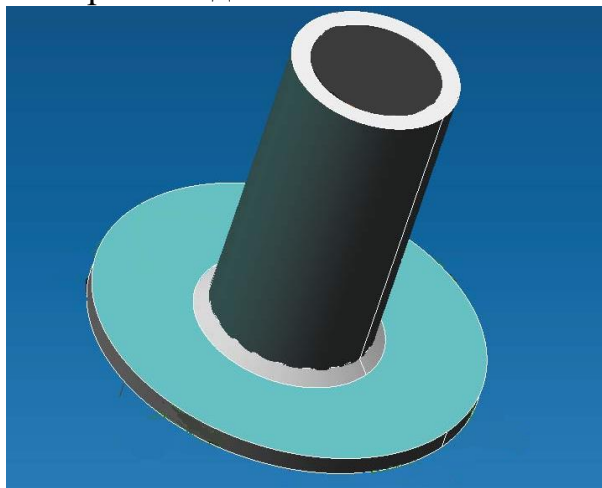


Рис. 3.2. З'єднання металевого патрубка з фланцем.

Тип з'єднання: таврове одностороннім швом.

Тип розрахунку: проектувальний.

Діапазон кольорів напружень [МПа].

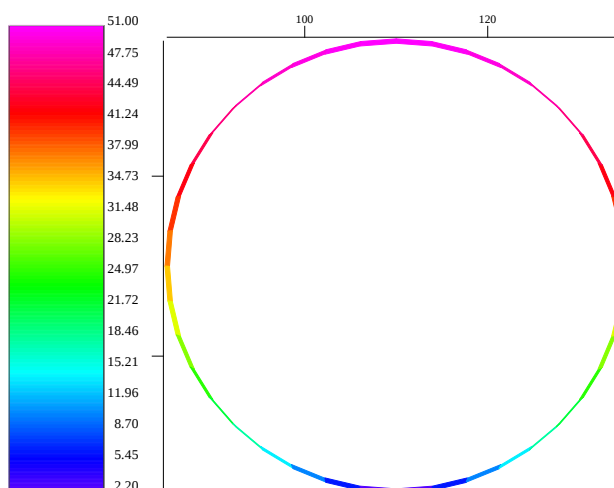


Рис. 3.3. Сумарні результати.

Рисунок 3.1 – Центр мас зварного шва: X= 110.00 Y= 110.00 мм.

Площа шва в небезпечному перерізі	79.780	кв.мм
Момент інерції стику відносно центральних осей		
відносно горизонтальної осі	24971.219	мм
відносно вертикальної осі	24971.219	мм
Кут нахилу головних центральних осей	0.000	град
Макс. дотична напруга	51.000	МПа
Катет	1.825	мм

Рисунок 3.2 – Постійні параметри.

Коефіцієнт запасу плинності деталей кріплення	3.000	
Межа плинності матеріалу деталей сполучення	25.000	МПа

Рисунок 3.3 – Дотичні сили.

N	Координати [мм]			Проекції [Н]	
	x	y	z	на x	на y
0	110.00	135.00	0.00	0.00	-200.00
1	135.00	111.00	0.00	-200.00	200.00

На рис. 3.3. показано створену в модулі АРМ модель таврового одностороннього шва.

Модуль АРМ Joint дав змогу виконати розрахунок зварювальних швів у місцях з'єднання деталей. Вихідними даними для такого розрахунку слугували максимальні та мінімальні значення вертикальних і горизонтальних сил, що діють на металевий патрубок і фланець, виготовлені з матеріалу Ст3. На рис. 3.3. показано карту розподілу напружень у зварювальному шві. Також тут наведено результати проектувального розрахунку для одностороннього шва. Результати розрахунків показують, що катет шва 1,825 мм. Отже, вибираємо катет зварного шва – 2 мм.

На підставі виконаного циклу розрахунків можна зробити висновок про те, що є необхідний запас міцності та стійкості для цієї ділянки конструкції. Аналіз отриманих результатів розрахунку зварювальних з'єднань показує гарний збіг отриманих розмірів елементів з'єднання з тими, які реально є в конструкції.

3.3.3 Розрахунок болтових з'єднань

Тип з'єднання: болтове із зазором.

Тип розрахунку: проектувальний.



Рис. 3.4. Діапазон кольорів тисків [МПа] Діапазон кольорів навантажень болтів [Н].

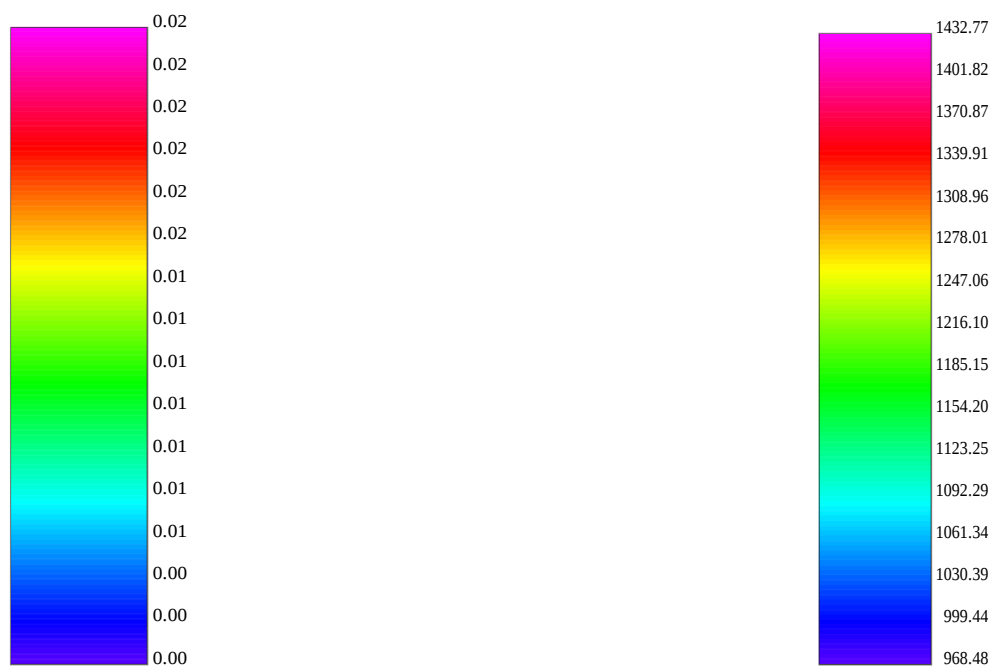


Рис. 3.5. Сумарні результати:

Рисунок 3.4 – Центр мас поверхні стику: $X=0.50$ $Y=0.41$ м

Площа поверхні стику	0.819	кв.м
Момент інерції стику відносно центральних осей		
відносно горизонтальної осі	0.047	м
відносно вертикальної осі	0.067	м
Кут нахилу головних центральних осей	0.000	град
Сила затягування	1161.608	Н

Макс. навантаження на болт	1432.773	Н
Максимальний тиск	0.023	Па
Діаметр болта	12.000	мм
Момент загвинчування	1.517	Н*м
Момент тертя в різьбі	0.796	Н*м
Момент тертя на торці гайки	0.721	Н*м

Рисунок 3.5 – Постійні параметри:

Коефіцієнт запасу на нерозкриття	1.100	
Коефіцієнт запасу зсуву	1.100	
Коефіцієнт основного навантаження	0.200	
Коефіцієнт запасу плинності деталей кріплення	3.000	
Межа плинності матеріалу деталей кріплення	250.000	МПа
Коефіцієнт тертя	0.150	
Межа міцності матеріалу деталей кріплення	400.000	МПа

Таблиця 3.6 – Болти

N	Координати [м]		Дотична сила [Н]	Нормальна сила [Н]
	x	y		
0	0.07	0.66	0.00	1236.42
1	0.94	0.78	0.00	968.48
2	0.94	0.05	0.00	1195.02
3	0.05	0.05	0.00	1432.77

Таблиця 3.7 – Нормальні сили

N	Координати [м]		Значення [Н]
	x	y	
0	0.85	0.63	-3000.00
1	0.64	0.44	-2000.00
2	0.11	0.41	-600.00
3	0.35	0.41	-600.00

На рис. 3.4 показано створену в модулі APM Joint модель столу. На ньому розташовується обладнання для діагностики турбокомпресора, зусилля від якого і має витримати кріплення столу.

Модуль APM Joint дозволив виконати розрахунок болтових з'єднань для столу. Вихідними даними для розрахунку слугували максимальні та мінімальні значення вертикальних і горизонтальних сил, що діють на стіл, і матеріал болтів Сталь 20. Для болтового з'єднання спочатку проводився проектувальний

розрахунок, результатом якого є значення діаметра найбільш навантаженого болта. На рис. 3.5 показано карту тисків на поверхню і карту навантаження на болти, а також вікна результатів проєктувального і перевірного розрахунків, у яких видно розрахований діаметр болта і коефіцієнти запасу за плинністю і витривалістю для болтів.

На підставі виконаного циклу розрахунків можна зробити висновок про те, що є необхідний запас міцності та стійкості для цього елемента конструкції.

Програма АРМ є дуже хорошим інструментом для проведення розрахунків елементів машин і конструкцій. Користь цієї системи в тому, що на стадії моделювання можна швидко вносити різні зміни в конструкцію і після проведення розрахунків проводити їхній оперативний аналіз, а також, за потреби, виконувати повторні розрахунки.

ВИСНОВОК

У результаті виконання кваліфікаційної роботи вирішено важливе завдання – удосконалено організацію технічного обслуговування автомобілів у межах проєктного автотранспортного підприємства з урахуванням сучасних вимог до підвищення ефективності сервісу. Проведено аналіз існуючої структури технічного обслуговування, визначено недоліки в її організації та запропоновано заходи щодо їх усунення. Удосконалення системи ТО базується на впровадженні сучасних технічних засобів діагностики, що дозволяє суттєво знизити витрати часу, підвищити якість обслуговування й забезпечити своєчасне виявлення несправностей.

У роботі запропоновано й обґрунтовано конструкцію спеціалізованого стенду для діагностики турбокомпресора, який забезпечує можливість визначення технічного стану агрегату без демонтажу з двигуна. Детально описано принцип його дії, функціональні можливості та переваги у порівнянні з традиційними методами контролю. Розробка стенду спрямована на підвищення надійності та ресурсу турбокомпресорів, що в умовах інтенсивної експлуатації автомобільного транспорту має велике практичне значення.

Запропоновані технічні та організаційні рішення сприятимуть підвищенню загальної ефективності діяльності автотранспортного підприємства, скороченню простоїв техніки та зменшенню витрат на її ремонт. Практична реалізація результатів дослідження може бути здійснена як на базі новостворених, так і діючих підприємств, що забезпечують технічний сервіс автотранспорту. Отже, кваліфікаційна робота має прикладну цінність і може бути використана в реальній виробничій діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боропай В. Є. Організація технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник. Харків : НТУ "ХПІ", 2020. 312 с.
2. Детков Д. В. Сучасні технології технічного обслуговування автомобілів. Київ : Арістей, 2019. 256 с.
3. Зінченко І. М., Буркацький В. П. Турбонаддув і турбокомпресори: конструкція, діагностика, ремонт. Львів : Каменярь, 2021. 224 с.
4. Автомобілі: конструкція, технічне обслуговування, ремонт : навч. посіб. / За ред. А. К. Васильєва. Київ : Ліра-К, 2020. 488 с.
5. Білоконь С. І. Організація діагностики автомобілів: навч. посіб. Харків : НТУ "ХПІ", 2018. 210 с.
6. Шевченко О. С. Організація роботи автотранспортного підприємства. Київ : Центр учбової літератури, 2022. 298 с.
7. Якименко О. П. Основи технічної експлуатації автомобілів. Харків : ХНАМГ, 2017. 315 с.
8. ISO 13232-1:2014. Motorcycles – Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices.
9. Bosch Automotive Handbook. 10th ed. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018. 1450 p.
10. Борок 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.
11. Kiencke U., Nielsen L. Automotive Control Systems: For Engine, Driveline, and Vehicle. 3rd ed. Springer, 2021. 512 p.
12. Guzzella L., Onder C. Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. 2nd ed. Springer, 2020. 345 p.
13. Heywood J. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. New York : McGraw-Hill, 2018. 960 p.

14. Pundir B. P. Engine Emissions: Pollutant Formation and Advances in Control Technology. 3rd ed. Alpha Science Int'l, 2019. 450 p.
15. Войцеховський І. І. Автомобільні турбокомпресори: устрій, діагностика, ремонт. Київ : Основа, 2023. 272 с.
16. Технологія технічного обслуговування автомобілів: підручник / В. І. Гришко, І. В. Нечаєв. Харків : УПА, 2019. 340 с.
17. Нормативно-технічна документація з технічного обслуговування та ремонту автомобілів. ДСТУ 3649:2010.
18. Єременко В. С., Ільченко С. І. Обладнання для діагностики автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2018. 198 с.
19. Сучасні діагностичні технології: методи та засоби / за ред. А. П. Бабича. Київ : Політехніка, 2021. 276 с.
20. Mollenhauer K., Tschöke H. Handbook of Diesel Engines. 2nd ed. Springer, 2020. 784 p.
21. Слюсар І. І. Основи надійності автотранспортної техніки. Київ : Академвидав, 2017. 322 с.
22. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: ТЩТОретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.