

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР. АТ-60.00.00.000 ПЗ

Група АТ-22-2

Микола Тороус

2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки і робототехніки

Кафедра Автомобільного транспорту

Тороус Микола Михайлович

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Тема: Удосконалення організації і технології технічного обслуговування
та поточного ремонту автомобілів.

Автомобільний транспорт

274 – Автомобільний транспорт

Студент _____ Тороус Микола Михайлович

Науковий керівник _____ Микитій Іван Михайлович, д.ф.

Допущено до захисту

завідувач кафедри автомобільного транспорту

Доц., д.ф. _____ М.М. Гнип

Рецензент

Професор каф. _____ С.І. Криштопа

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут: інженерної механіки і робототехніки

Кафедра: автомобільного транспорту

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр:

274 “Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АТ

доц., д.ф. _____ Гнип М.М.

“ _____ ” _____
_____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Студенту

Тороусу Миколі Михайловичу

1 Тема роботи: Технологічний процес дефекації та ремонту двигуна на базі
автомобіля Toyota Prius гібрид.

керівник проєкту (роботи) Микитій І. М., д.ф.

Затверджена наказом ректора університету від “№ 75 / 8 від 02. 06. 2026”

2 Термін здачі студентом закінченої роботи _____ до 18.06.2026 р.

3 Вихідні дані до роботи 1. Автомобіль Toyota Prius, Навчально-наукова
виробнича автотранспортна лабораторія.

**Зміст розрахунково пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить
розробити)** 1. Експлуатаційна частина. 2. Технологічний розрахунок.
3. Технологічний план підприємства з будівельною частиною. 4. Технічний проєкт
дільниць. 5. Організація і управління виробництвом. 6. Методика діагностування
причин втрати працездатності двигуна. 7. Комплексний процес ремонту бензинового
двигуна гібридної силової установки. 8. Гібридна установка силового агрегату.
9. Економічна частина. Висновок.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентація.

6. Консультанти з проєкту (роботи), із зазначенням розділів проєкту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	д.т.н. Криштопа С.І.		

7. Дата видачі завдання “ ” 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Експлуатаційна частина.	09.05.2026	Виконано
2	Технологічний розрахунок	15.05.2026	Виконано
3	Технологічний план підприємства з будівельною частиною	18.05.2026	Виконано
4	Технічний проєкт діляниць.	22.06.2026	Виконано
5	Організація і управління виробництвом	25.06.2026	Виконано
6	Методика діагностування причин втрати працездатності двигуна	29.06.2026	Виконано
7	Комплексний процес ремонту бензинового двигуна гібридної силової установки	05.06.2026	Виконано
8	Гібридна установка силового агрегату	08.06.2026	Виконано
9	Економічна частина	12.06.2026	Виконано
7	Висновки	15.06.2026	Виконано

Студент

Микола ТОРОУС
(підпис) (розшифрування підпису)

Керівник роботи

Іван МИКИТІЙ
(підпис) (розшифрування підпису)

АНОТАЦІЯ

Тороус М. М.

Тема роботи: Технологічний процес дефекації та ремонту двигуна на базі автомобіля Toyota Prius гібрид.

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт».

Заклад освіти Івано-Франківський національний технічний університету нафти і газу.

Івано-Франківськ, 2026 рік.

Робота містить 87 сторінок, 16 таблиць, 25 рисунків, використаних джерел з 17 найменувань.

Бакалаврська робота присвячена процесу визначення несправностей та ремонту двигуна гібридної силової установки автомобіля Toyota Prius. У ході роботи були проведені операції з розбирання, дефектування та ремонту двигуна внутрішнього згоряння 2ZR-FXE.

Перед розбиранням було виявлено заклинювання двигуна. Для виявлення причини заклинювання двигуна було прийнято рішення зняти нижній піддон двигуна і кришки корінних шийок колінчастого вала. На корінних вкладешах колінчастого вала було виявлено сліди емульсії, але це ніяк не вплинуло на стан шийок колінчастого вала, що свідчить про те, що це не є причиною заклинювання. Після цього були зняті нижні кришки шатунних підшипників, що дозволило обертатися колінчастому валу. Отже, із цього можна зробити висновок, що проблема криється саме у циліндро-поршневій групі.

У подальшому розбиранні, після демонтажу головки блока циліндрів, було виявлено потрапляння охолоджуючої рідини в об'єм над поршнями першого та другого циліндрів.

Ключові слова: ДВЗ, гібридна силова установка, мотор-генератор, інвертор.

ABSTRACT

Torous M. M.

Topic of the work: Technological Process of Defect Inspection and Repair of the Engine Based on the Toyota Prius Hybrid.

Specialty 274 "Automobile transport".

Educational institution: Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Ivano-Frankivsk, 2026.

The work contains 87 pages, 16 tables, 25 figures, a list of references from 17 titles.

The bachelor's thesis is dedicated to the process of troubleshooting and repairing the engine of the hybrid powertrain of a Toyota Prius vehicle. In the course of the work, operations for the disassembly, defect inspection, and repair of the 2ZR-FXE internal combustion engine were performed.

Prior to disassembly, engine seizing was identified. To determine the cause of the engine seizing, a decision was made to remove the lower oil pan and the crankshaft main bearing caps. Traces of an emulsion were detected on the crankshaft main bearing shells; however, this had no impact on the condition of the crankshaft journals, indicating that this was not the cause of the seizing. Subsequently, the connecting rod bearing caps were removed, which allowed the crankshaft to rotate freely. Therefore, it can be concluded that the core issue lies within the cylinder-piston group.

During further disassembly, following the removal of the cylinder head, coolant ingress was discovered in the chamber above the pistons of the first and second cylinders.

Keywords: ICE (Internal Combustion Engine), hybrid powertrain, motor-generator, inverter.

Зміст

	с,
Перелік основних позначень і скорочень.....	7
Вступ.....	8
1 Експлуатаційна частина.....	10
2 Технологічний розрахунок.....	20
3 Технологічний план підприємства з будівельною частиною.....	34
4 Технічний проєкт діляниць.....	43
5 Організація і управління виробництвом.....	50
6 Методика діагностування причин втрати працездатності двигуна.....	53
7 Комплексний процес ремонту бензинового двигуна гібридної силової установки.....	58
8 Гібридна установка силового агрегату.....	68
9 Економічна частина.....	75
Висновки.....	86
Список використаних джерел.....	87

					БР.АТ - 60.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Тороус М. М.				Технологічний процес дефекції та ремонту двигуна гібридної силової установки на базі автомобіля Toyota Prius	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Микитій І.М.						6	87
Рецензент						ІФНТУНГ АТ-22-2		
Н. контр.								
Затвердив								

Перелік основних позначень і скорочень, символів і одиниць

ННВАЛ – навчально-наукова виробнича автотранспортна лабораторія

ВТБ – виробничо-технічна база;

АТЗ – автотранспортний засіб;

АТП – автотранспортне підприємство;

Д – діагностування;

КТП – контрольно-технічний пункт;

ПР – поточний ремонт;

ТО-1 – технічне обслуговування №1;

ТО-2 – технічне обслуговування №2;

СО – сезонне обслуговування;

ЩО – щоденне обслуговування;

га – гектари;

год. – години;

грн. – гривні;

кг – кілограм;

км – кілометр;

люд.-год. – людино-години;

м – метр;

м² – квадратний метр;

мм – міліметр;

с. – сторінка;

см – сантиметр;

т – тони;

хв. – хвилини;

чол. – чоловік;

кВт – кіловат;

к.с. – кінська сила;

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;

ГБЦ – головка блоку циліндрів;

КШМ – кривошипно-шатунний механізм;

ЦПГ – циліндро-поршнева група;

ГРМ – газорозподільний механізм;

ГСУ – гібридна силова установка;

ВВБ – високовольтна батарея;

МГ – мотор-генератор.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Сучасний світовий та український автомобільний ринок переживає масштабну трансформацію, зумовлену жорсткішими екологічними стандартами (зокрема, нормами Euro-6 та перспективними Euro-7) та постійним зростанням вартості традиційного палива. У цих умовах спостерігається стрімке зростання популярності транспортних засобів із гібридними силовими установками (HEV та PHEV). Зниження викидів CO₂ в атмосферу та висока паливна економічність, особливо в умовах інтенсивного міського циклу (де економія може досягати 30–50% порівняно з класичними ДВЗ), зробили гібриди бестселерами масового ринку.

Еволюція гібридних технологій найяскравіше простежується на прикладі лінійки Toyota Prius — піонера цього сегмента:

- Перше та друге покоління (XW10, XW20): заклали фундамент надійності, впровадивши електромеханічну трансмісію Toyota Hybrid System.
- Третє та четверте покоління (XW30, XW50): вивели енергоефективність на новий рівень завдяки переходу на термодинамічний цикл Міллера/Аткінсона та оптимізації високовольтних батарей (ВВБ).
- Сучасне п'яте покоління (XW60): остаточно зруйнувало стереотип про гібрид як про «нудне» авто, запропонувавши високу динаміку, футуристичний дизайн та значний запас ходу на електротязі.

Як наслідок, кількість гібридних автомобілів на дорогах зростає в геометричній прогресії, що формує колосальний попит на їхнє обслуговування. Ринок сервісних послуг для гібридів сьогодні є справжньою «золотою жилою» для СТО через низьку конкуренцію у сфері висококваліфікованого ремонту та високий середній чек.

Проблематика дослідження. Попри загальну надійність, експлуатація гібридних силових агрегатів має специфічний характер, який кардинально відрізняє їх від класичних автомобілів. Двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) у складі гібридної установки працює в екстремальному для себе режимі:

- Постійні цикли «старт-стоп»: ДВЗ може глухнути та запускатися десятки разів за одну міську поїздку, що призводить до підвищеного зносу кривошипно-шатунного механізму в моменти масляного голодування під час пуску.
- Хронічний недогрів у зимовий період: через постійне вимкнення двигуна та пріоритет роботи на електротязі, ДВЗ часто не встигає вийти на робочу температуру (85–90°C). Це провокує утворення конденсату в оливі, Втрату рухливості поршневих кілець та прискорене утворення нагару.

Ці чинники призводять до виникнення унікальних поломок, характерних тільки для гібридів: деградація комірок ВВБ через дисбаланс напруги, вихід з ладу інверторів через перегрів охолоджувальної рідини окремого контуру, пробій прокладки ГБЦ внаслідок специфічних теплових деформацій, а також збої в роботі планетарних редукторів.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формулювання проблеми. Головна проблема сучасного автосервісу полягає в тому, що класичні СТО виявляються абсолютно не готовими до якісного обслуговування таких авто. Більшість майстрів намагаються ремонтувати гібриди за аналогією зі звичайними бензиновими машинами. Відсутність спеціалізованого діагностичного обладнання, брак знань щодо архітектури високовольтних ланцюгів та недотримання правил техніки безпеки при роботі з напругою до 650 В призводять або до «ремонту наосліп», або до остаточного виведення електроніки з ладу.

Таким чином, існує гострий дефіцит технологічних карт, методик діагностики та спеціалізованих сервісних рішень для обслуговування гібридних силових агрегатів.

Об'єкт дослідження: процес визначення несправностей та ремонт двигуна гібридної силової установки на прикладі автомобіля Toyota Prius.

Предмет дослідження: специфічні експлуатаційні відмови та технологія діагностики і відновлення вузлів двигуна гібридної силової установки.

Метою дипломної роботи є розробка (або обґрунтування) ефективного технологічного процесу діагностики та ремонту несправностей гібридних автомобілів, що дозволить оптимізувати роботу ННВАЛ, знизити вартість робіт та підвищити експлуатаційний ресурс транспортних засобів.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Експлуатаційна частина

1.1. Призначення підприємства

Діяльність ННВАЛ ІФНТУНГ орієнтована на комплексне вирішення транспортно-логістичних завдань та забезпечення навчального процесу університету. До основних функціональних обов'язків підрозділу належать внутрішні пасажирські й вантажні перевезення, а також повне господарське обслуговування об'єктів інфраструктури ЗВО.

Транспортне забезпечення та логістика:

- Пасажирські перевезення: перевезення здобувачів вищої освіти до місць проведення навчальних, ознайомчих та виробничих практик, виконання екскурсійних турів та оперативних виїздів за замовленнями підрозділів університету.
- Освітня функція: лабораторія слугує базою для набуття практичних навичок студентами спеціальності «Автомобільний транспорт», а також забезпечує матеріально-технічну підтримку внутрішньої автошколи.

1.2. Характеристика матеріально-технічної бази:

Матеріально-технічна база: Підприємство розташоване на земельній ділянці площею 0,54 га, що має прямокутну конфігурацію з лінійними розмірами 90х60 м. Планувальне рішення території включає:

- **Адміністративно-управлінський сектор:** приміщення керівника підрозділу, робочі місця диспетчерської служби та кімнати відпочинку персоналу.
- **Виробничо-технічний комплекс:** пости ТО та ПР, ремонтні майстерні, відкрита естакада та складське господарство.
- **Інфраструктурні елементи:** внутрішня АЗС та спеціалізовані аудиторії-лабораторії.

Для зберігання рухомого складу застосовано комбінований метод (частина машин розташовується у закритих боксах, частина — на обладнаних відкритих майданчиках). Схема розстановки техніки оптимізована відповідно до внутрішнього графіку руху, що гарантує безпечне та безперешкодне маневрування машин під час виїзду чи повернення з лінії.

1.3. Організаційна структура управління підприємством

Безпосереднє керівництво ННВАЛ ІФНТУНГ здійснює завідувач лабораторії. До кола його посадових обов'язків та повноважень належать:

- видання обов'язкових до виконання розпоряджень, наказів та внутрішніх вказівок для персоналу;
- розробка та затвердження посадових і робочих інструкцій для штатних одиниць;
- застосування заходів морального й матеріального заохочення, а також накладання дисциплінарних стягнень у разі порушень;

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оперативне керування поточною фінансово-господарською та виробничою діяльністю підрозділу.

Організаційну схему підпорядкованості та взаємодії служб всередині лабораторії представлено на рисунку 1.1.

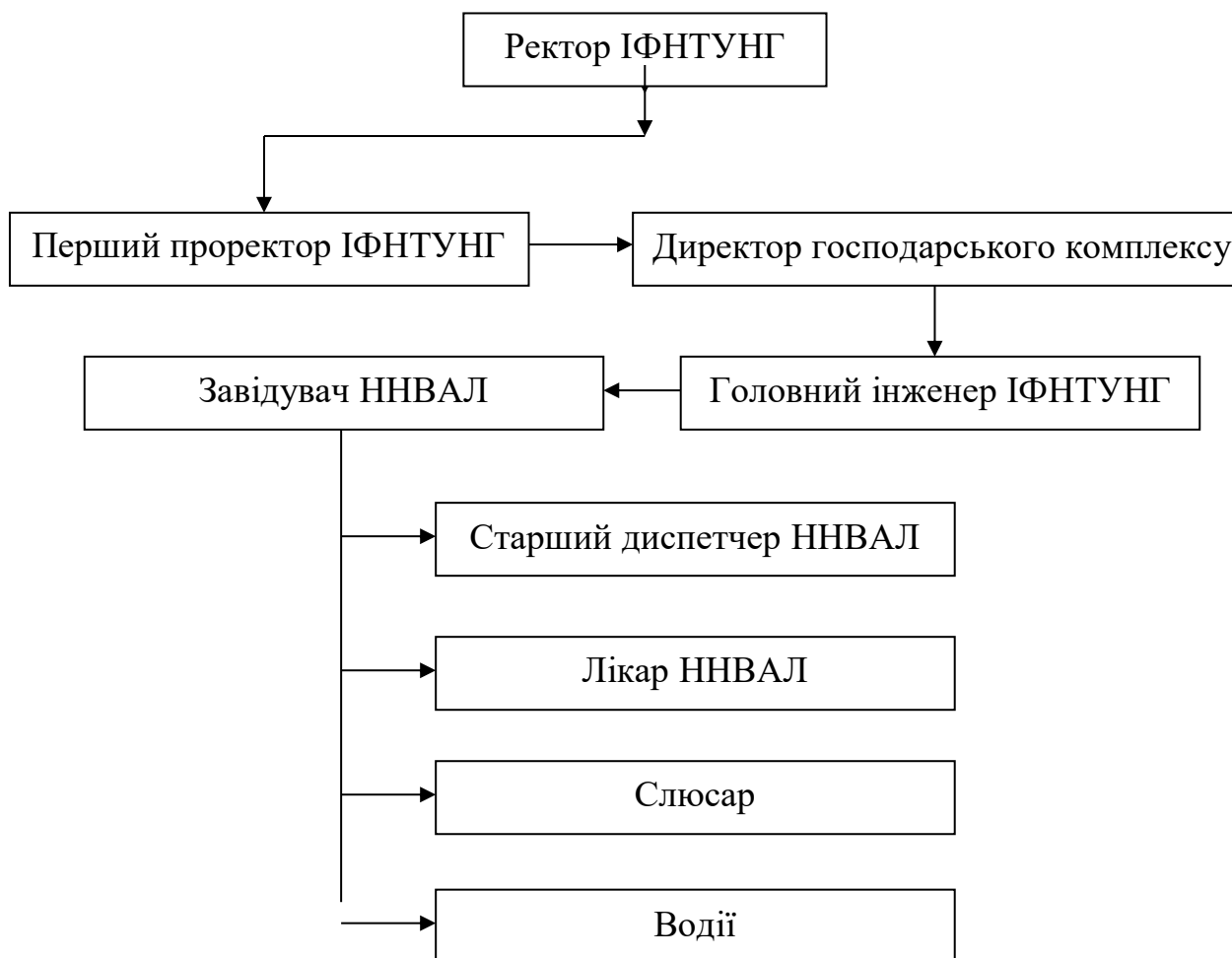


Рисунок 1.1 – Організаційна структура управління ННВАЛ ІФНТУНГ

1.4. Режим роботи підприємства

На підприємстві прийнято графік роботи тривалістю 8 годин на добу з операційним часом з 08:00 до 17:00. Річний фонд робочого часу підприємства становить 305 днів. Протягом зміни передбачено регламентовану обідню перерву тривалістю 1 година (з 12:00 до 13:00). Працівникам, чиї робочі місця пов'язані зі шкідливими або небезпечними умовами праці, додатково встановлено 15-хвилинні технологічні перерви через кожні дві години роботи. За умови виробничої потреби допускається залучення персоналу до понаднормової праці.

1.5. Склад парку

Автотранспортний підрозділ ННВАЛ ІФНТУНГ належить до підприємств із різномарковим складом техніки. За характером виконуваних робіт АТП класифікується як вантажопасажирське, проте кількісно переважає легковий сектор, що забезпечує пасажирські перевезення. Структуру наявного рухомого складу деталізовано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад рухомого складу ННВАЛ ІФНТУНГ

№	Назва автомобіля	Рік випуску автомобіля	Місце перебування
1	Mazda CX7	2008	ННВАЛ
2	Daewoo Nexia	2008	Автошкола
3	Daewoo Matiz	2003	Автошкола
4	Suzuki SX4	2009	Автошкола
5	ГАЗ 53А	1990	ННВАЛ
6	ММЗ 4502	1985	ННВАЛ
7	ГАЗ 32213Н	2002	ННВАЛ
8	Toyota Prius ZHW30	2014	Автошкола
9	Toyota Prius ZHW30	2014	ННВАЛ
10	Toyota Prius ZHW30	2014	ННВАЛ
11	Toyota Prius ZHW30	2014	ННВАЛ
12	Toyota Prius ZHW30	2014	ННВАЛ

Загальна чисельність парку становить 12 одиниць техніки. Для розробки проекту реконструкції ВТБ лабораторії за базову модель рухомого складу прийнято гібридний автомобіль Toyota Prius ZVW30.

1.6. Технічна характеристика автомобіля Toyota Prius ZVW30

Об'єкт дослідження — гібридний автомобіль Toyota Prius третьої генерації, створений на базі платформи D-класу (величина колісної бази становить 2700 мм). Рушійною силою АТЗ є модернізована послідовно-паралельна силова установка Hybrid Synergy Drive (HSD). З метою оптимізації масогабаритних показників близько 90% її вузлів було перепроєктовано наново. Сумарна потужність системи досягає 136 к.с. (100 кВт), завдяки чому швидкісний поріг у 100 км/год долається за 10,4 с при конструктивній межі 180 км/год. Споживання палива у змішаному європейському паливному циклі дорівнює близько 3,9 л/100 км. Кузов відрізняється видатними аеродинамічними властивостями, оскільки коефіцієнт C_x знижено до 0,25 [1, с 7-9].

Основним силовим агрегатом є 4-циліндровий атмосферний ДВЗ об'ємом 1798 см³ (модифікація 2ZR-FXE), що функціонує за термодинамічним циклом Аткинсона. Двигун генерує 98 к.с. при 5200 об/хв та піковий крутний момент 142 Н·м при 4200 об/хв. Специфіка циклу Аткинсона полягає в асиметрії робочих тактів (завдяки запізненню закриття впускних клапанів), що істотно підвищує ККД згоряння робочої суміші. Робота ДВЗ скоординована з дією системи

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рециркуляції вихлопних газів, яка знижує температурний показник газів до 150 °С, нівелюючи насосні втрати та виключаючи потребу у збагаченні суміші. У тепловому контурі також застосовано електричну водяну помпу та теплообмінник системи утилізації тепла відпрацьованих газів для прискорення виходу ДВЗ на робочий температурний режим [1, с 10-11].

Електромеханічна передача потужності виконана в загальному блоці-картері e-CVT, де розміщено планетарний розподільник енергії та два трифазні синхронні мотор-генератори. Головний тяговий електромотор (MG2) потужністю 60 кВт видає крутний момент до 207 Н·м (діапазон обертів ротора 0–13 000 об/хв). Робоча напруга на MG2 піднімається інвертором з базових 500 В до пікових 650 В. Допоміжний мотор-генератор (MG1) на 42 кВт виконує функції стартера для запуску ДВЗ, виробляє електроенергію та плавно регулює передавальне число трансмісії. Енергію акумулює високовольтна нікель-метал-гідридна батарея (NiMH) з робочою напругою 202 В та потужністю віддачі до 27 кВт. Модуль керування потужністю (PCU) об'єднує інвертор, підвищувальний та понижувальний перетворювач DC/DC на 14 В для живлення бортових споживачів [1, с 12-14].

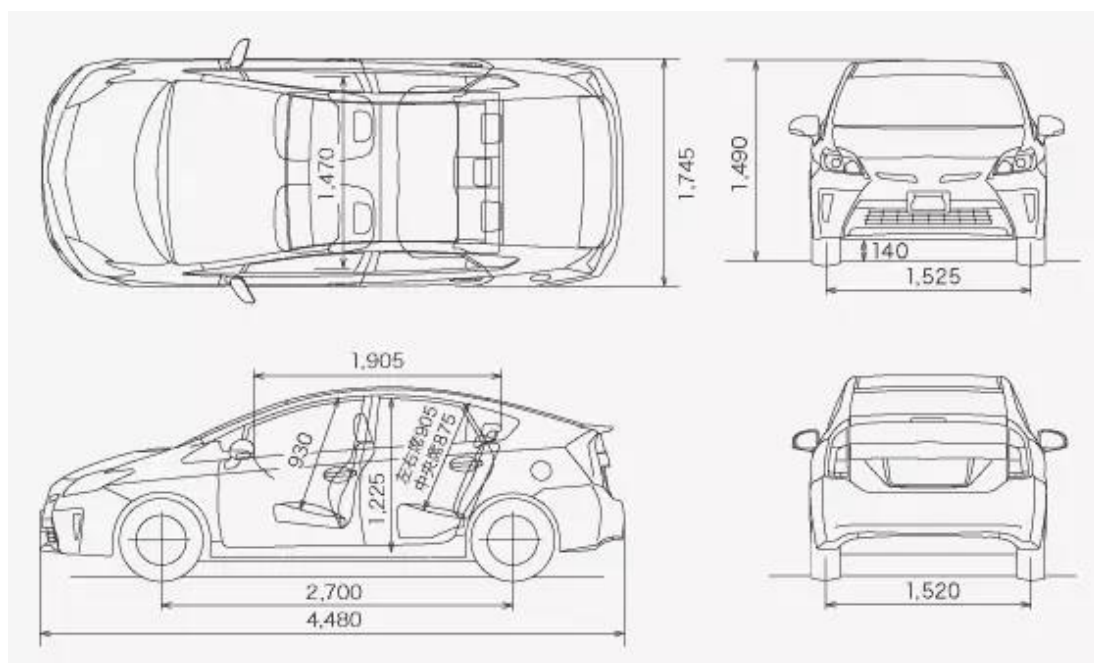


Рисунок 1.2 - Габаритні розміри і зовнішній вид автомобіля Toyota Prius

Коротка технічна характеристика автомобіля Toyota Prius приведена в таблиці 1.2

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 - Коротка технічна характеристика автомобіля Toyota Prius

№	Компонент / Параметр	Офіційне значення за специфікацією виробника
1	Параметри ДВЗ (Atkinson Cycle)	
1.1	Робочий об'єм	1798 см ³ (1,8 літра)
1.2	Максимальна потужність ДВЗ	98 к.с. при 5200 об/хв
1.3	Максимальний крутний момент ДВЗ	142 Н·м при 4200 об/хв
1.4	Особливості ГРМ та живлення	Система VVT-i
1.5	Система охолодження ДВЗ	Електрична водяна помпа
1.6	Екологічні системи ДВЗ	Cooled EGR (охолодження вихлопу до 150 °С)
2	Електромотор-генератор тяговий (MG2)	
2.1	Тип	Синхронний з постійними магнітами (АС)
2.2	Максимальна потужність	60 кВт
2.3	Максимальний крутний момент	207 Н·м (в діапазоні 0–13 000 об/хв)
2.4	Робоча напруга живлення	До 650 В (після підвищувального конвертера)
3	Мотор-генератор керуючий (MG1)	
3.1	Тип / Максимальна потужність	Синхронний змінного струму (АС) / 42 кВт
3.2	Функціональне призначення	Стартер ДВЗ, генератор, регулятор обертів ДВЗ
4	Високовольтна акумуляторна батарея (ВВБ)	
4.1	Тип хімічних елементів / Номінальна напруга	Нікель-метал-гідридна (NiMH) / 202 В
4.2	Максимальна вихідна потужність батареї	27 кВт
5	Блок керування (PCU)	
5.1	Склад модулів	Інвертор, підвищувальний конвертер, DC/DC-перетворювач (202В/14В)
5.2	Фізичні параметри інвертора	Об'єм 13 літрів, маса 13,5 кг
6	Загальні показники автомобіля	
6.1	Сумарна потужність гібридної системи	134 к.с. (100 кВт)
6.2	Коефіцієнт аеродинамічного опору (C _d)	0,25
6.3	Колісна база	2700 мм
6.4	Динаміка розгону (0–100 км/год) / Макс. швидкість	10,4 с / 180 км/год
6.5	Екологічний стандарт викидів	Еуро 5 (із відповідністю вимогам Еуро 6)

Особливе місце у забезпеченні надійності теплової частини гібридної силової установки (ГСУ) займає правильний підбір паливно-мастильних матеріалів. Для двигуна об'ємом 1,8 л (модифікація 2ZR-FXE) виробником жорстко регламентовано використання моторних олів класу в'язкості SAE 0W-16 або SAE 0W-20.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Така інженерна вимога зумовлена конструктивними особливостями ДВЗ, що працює за циклом Аткинсона:

- Мінімальні теплові зазори: Елементи циліндро-поршневої групи та підшипники колінчастого вала мають надзвичайно малі зазори, які здатна ефективно змащувати лише олива низької в'язкості. Менші числові значення кінематичної в'язкості означають, що олива є «тоншою» (менш в'язкою), що забезпечує її миттєве прокачування каналами системи змащення.
- Режим роботи «Старт-стоп»: Специфіка гібрида полягає в постійних зупинках та пусках ДВЗ під час руху. Олива з вищою в'язкістю (наприклад, 5W-30 чи 10W-40) у моменти частих «холодних» пусків не встигає вчасно дійти до верхньої частини двигуна, викликаючи масляне голодування ГРМ.
- Гідроштовхачі клапанів та система VVT-i: Робота фазообертачів безпосередньо залежить від тиску та швидкості проходження оливи. Густе мастило призводить до запізнення спрацьовування системи VVT-i, нестабільної роботи ДВЗ та підвищеного зносу муфти.

Вплив старіння оливи на знос двигуна: Оскільки ДВЗ гібрида часто працює в недогрітому стані (особливо взимку), у картері накопичується конденсат та незгоріле паливо, що розріджує оливу та прискорює деструкцію її пакету присадок. Експлуатаційне старіння мастила призводить до втрати миючих властивостей, внаслідок чого починається активне втрата рухливості поршневих кілець, забивання масляних каналів та прискорений знос дзеркала циліндрів.

1.7. Аналіз умов експлуатації рухомого складу та регламент обслуговування ГСУ

При проектуванні реконструкції виробничо-технічної бази ННВАЛ ІФНТУНГ необхідно враховувати специфіку середовища, у якому функціонує рухомий склад. Найбільш репрезентативним та поширеним сценарієм експлуатації для автомобілів класу Toyota Prius є робота в режимі інтенсивного міського циклу.

Аналіз умов експлуатації

1. Режим руху: Постійні цикли розгону та гальмування, тривала робота на холостому ході (або в режимі очікування з увімкненим кондиціонером/обігрівачем), рух у заторах на низьких швидкостях.
2. Навантаження на ГСУ: Електрична частина (мотор-генератори MG1, MG2 та високовольтна батарея) зазнає пікових струмових навантажень під час частих рушань з місця та рекуперативного гальмування. ДВЗ при цьому

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працює у нестабільному температурному режим, постійно запускаючись для підзарядки ВВБ або інтенсивного прискорення.

3. Запиленість та якість доріг: Експлуатація в міських умовах України характеризується підвищеним вмістом пилу в повітрі та значними вібраційними навантаженнями від нерівностей дорожнього покриття, що прискорює забруднення повітряних фільтрів та системи охолодження батареї

Зважаючи на зазначені важкі умови експлуатації, стандартні інтервали обслуговування, прописані виробником для ідеальних умов мають бути скорочені в межах технологічного процесу АТП.

Таблиця 1.3. — Регламент періодичності технічного обслуговування елементів ГСУ [12]

№ п/п	Елемент / Вузол ГСУ	Опис технологічної операції	Регламентний інтервал (для важких умов)
1	Моторна олива та фільтр ДВЗ	Зливання відпрацьованої оливи SAE 0W-16 / 0W-20, встановлення нового фільтра.	Кожні 7 500 км (або 1 раз на 6 місяців)
2	Трансмісійна рідина e-CVT	Часткова або повна заміна робочої рідини Toyota ATF WS у блоці-картері трансмісії.	Кожні 40 000 – 50000 км
3	Система охолодження інвертора (PCU)	Заміна антифризу (Toyota SLLC) в окремому контурі охолодження блока керування потужністю.	Перша заміна — 150 000 км, наступні — кожні 80 000 км
4	Повітряний фільтр ВВБ	Очищення від пилу та бруду захисної сітки/фільтра вентилятора охолодження батареї в салоні.	Кожні 15 000 км (обов'язковий контроль щоліта)
5	Свічки запалювання ДВЗ	Заміна іридієвих свічок для запобігання пропускам запалювання, які шкодять трансмісії.	Кожні 80 000 – 100 000 км

1.8. Обґрунтування доцільності проектування реконструкції виробничо-технічної бази підприємства

Проведений аналіз стану виробничо-технічної бази виробничо-технічної бази ННВАЛ ІФНТУНГ дозволив виявити низку суттєвих деструктивних факторів, які підтверджують гостру технічну необхідність проведення невідкладної реконструкції об'єкта. До переліку ключових недоліків теперішнього стану бази належать:

- Гострий дефіцит або повна відсутність сучасного спеціалізованого гаражного обладнання, інструменту та засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт, що унеможливорює якісне проведення регламентних операцій ТО та ПР рухомого складу.
- Низький рівень індексу технічної готовності та незадовільний технічний стан наявної автомобільної техніки, що накладає обмеження на її безпечну й ефективну експлуатацію на лінії.
- Критичний ступінь морального деградації та фізичного зносу основних виробничих фондів, параметри яких абсолютно не відповідають сучасним вимогам технологічних процесів обслуговування автотранспорту.

1.9. Уніфікація розрахункового складу автомобільного парку за базовою моделлю

Розрахунок приведення виконується відносно обраної базової моделі автомобіля — Toyota Prius ZVW30.

1.7.1 Інтегральна приведена трудомісткість комплексів ТО та ПР для кожної марки АТЗ обчислюється за математичною залежністю:

$$t_{np.c} = t_{щр} + \frac{t_1}{l_1} L_{сд} + \frac{t_2}{l_2} L_{сд} + \frac{t_{пп}}{1000} L_{сд}, \quad (1.1)$$

де $t_{щр}$, t_1 , t_2 , $t_{пп}$ - питомі нормативні показники трудомісткості відповідно для щоденного, першого та другого видів ТО (люд.-год), а $t_{пп}$ — питома трудомісткість поточного ремонту (люд.-год / 1000 км) [3, с. 64];

l_1 , l_2 , $L_{сд}$ - пробіг між відповідними ТО-1, ТО-2 та середньодобовий пробіг, км.

1.7.2 Розрахунок коефіцієнта приведення здійснюється за формулою:

$$K_{np} = \frac{t_{np.c}}{t_{np.c.OCH}}, \quad (1.2)$$

де $t_{np.c.OCH}$ - приведена сукупна річна трудомісткість обслуговування автомобіля базової марки;

1.7.3 Зведена (приведена) кількість одиниць рухомого складу розраховується як:

$$A_{np} = A_i \cdot K_{np}, \quad (1.3)$$

де A_i - фактична інвентарна кількість машин цієї модифікації в парку.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсумкові результати інженерних розрахунків зі зведення неоднорідного за марочним складом парку до базової моделі Toyota Prius згруповано й представлено в таблиці 1.4. [2].

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку приведення автомобілів до основної марки Toyota Prius

Моделі, що приводяться	$t_{щ},$ люд·год	$t_1,$ люд·год	$t_2,$ люд·год	$t_{пр},$ люд·год 1000 км	$l_1,$ км	$l_2,$ км	$l_{сд},$ км	$K_{пр}$	$t_{сум}$	A_1	$A_{пр}$
Mazda CX7	0,5	2,9	11,7	3,2	5000	20000	120	0,771	1,024	1	0,771
Daewoo Nexia	0,65	3,3	12,9	3,4	5000	20000	160	1.056	1,403	1	1.056
Daewoo Matiz	0,65	3,3	12,9	3,4	5000	20000	170	1.091	1,450	1	1.091
Suzuki SX4	0,65	3,3	12,9	3,4	5000	20000	150	1.02	1,356	1	1.02
ГАЗ 32213Н	0,7	5,5	18	5,5	5000	20000	150	1,373	1,825	1	1,373
ГАЗ 53А	0,45	3,0	10,9	3,7	4000	16000	130	0,84	1,117	1	0,84
ММЗ 4502	0,8	3,1	12,4	4,6	4000	16000	120	1,157	1,538	1	1,157
Toyota Prius ZHW30	0,5	2,9	11,7	3,2	5000	20000	190	1	1,329	5	5
Всього										12	12,31

Приймаємо для подальших розрахунків 13 автомобілів Toyota Prius.

1.10. Аналіз роботи ННВАЛ

Результати проведеного аналізу роботи автотранспортної лабораторії ІФНТУНГ доводять високу економічну доцільність збереження та розвитку власного автомобільного парку для покриття внутрішніх потреб вищого навчального закладу. Експлуатація власних автобусів та легкових машин для забезпечення виїздів студентів на виробничі об'єкти та практики демонструє суттєво меншу собівартість пасажиро-кілометра порівняно з комерційними тарифами сторонніх автоперевізників на умовах найму чи оренди.

Попри це, загальна ефективність роботи підрозділу серйозно стримується незадовільним станом інфраструктурного комплексу. Фіксується суттєвий занепад ВТБ, що проявляється у хронічній нестачі діагностичного та технологічного устаткування для виконання ТО і ПР. Через це рухомий склад має незадовільні значення коефіцієнта технічної готовності, а основні матеріальні фонди перебувають у стані граничного зносу. Ситуацію погіршує невідповідність штатної кількості та рівня кваліфікації ремонтних робітників реальним обсягам трудовитрат, що унеможливорює забезпечення високої якості сервісу та оперативного усунення несправностей техніки.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						18

1.11. Напрямки реконструкції виробництва

Етапність та черговість впровадження заходів з реконструкції визначаються логікою реалізації проектних рішень та фактичним рівнем зносу елементів ВТБ. Оскільки процеси морального й фізичного старіння активної й пасивної частин виробничих фондів безпосередньо пов'язані з темпами науково-технічного прогресу, послідовність будівельно-монтажних робіт залежить від залишкового експлуатаційного ресурсу будівель, споруд та діючих ліній обладнання. Також на формування черговості етапів модернізації впливають ступінь спеціалізації виробничих ділянок, стабільність постачання матеріально-технічних ресурсів та адаптивність поточної інфраструктури до інтеграції нових технологій.

Кінцевим вектором модернізації ВТБ є підвищення продуктивності праці робітників та досягнення максимального економічного ефекту, що виражається у зростанні позитивної різниці між сукупними результатами діяльності та загальними виробничими витратами підрозділу.

Під час виконання інженерно-економічного проектування обов'язковим є врахування чинника часу (дисконтування), що дозволяє об'єктивно оцінювати капітальні вкладення та експлуатаційні витрати впродовж усього розрахункового життєвого циклу проекту. У структурі загальних витрат мають відображатися не лише прямі інвестиції в будівництво та оновлення верстатного парку, а й прогнозні показники завантаження постів, а також залишкова (ліквідаційна) вартість фондів після завершення розрахункового терміну дії проекту.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

2.1 Специфіка використання рухомого складу

Функціонування транспортних засобів навчально-науково-виробничої автотранспортної лабораторії (ННВАЛ) ІФНТУНГ підпорядковане виконанню таких завдань:

- забезпечення логістичного супроводу студентів під час виїздів на виробничі й навчальні практики (обсяг транспортної роботи оцінюється сукупним пробігом у тисячах кілометрів);
- безпосереднє надання бази для формування практичних навичок керування автомобілями у курсантів автошколи.

2.2 Базові вихідні дані для проектування

Для розрахунку параметрів виробничої програми прийнято такі вихідні константи:

- базова модель автомобіля: Toyota Prius ZVW30;
- чисельність приведенного парку ($A_{\text{пр}}$): 13 одиниць;
- технічний стан рухомого складу: 50% автомобілів пройшли половину пробігу до капітального ремонту;
- середньодобовий пробіг одиниці транспорту ($L_{\text{сд}}$): 190 км;
- категорія умов експлуатації АТЗ: І;
- тип природно-кліматичної зони: помірний.

2.3 Розрахунок виробничої програми з КР і ТО АТЗ

Розрахунок періодичності виконується в кілометрах пробігу на основі нормативів для базового автомобіля Toyota Prius.

2.3.1 Ресурсний пробіг автомобіля до капітального ремонту, $L_{\text{кр}}$, км, обчислюється за формулою:

$$L_{\text{кр}} = L_{\text{кр}}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad \text{км} \quad (2.1)$$

де $L_{\text{кр}}^H$ - нормативний пробіг до КР, км. $L_{\text{кр}}^H = 400000$ [2];

K_1 — коефіцієнт, що враховує І категорію умов експлуатації, $K_1=1$ [3, с. 21];

K_2 — коефіцієнт, зумовлений модифікацією АТЗ АТЗ, $K_2=1$ [3, с. 21];

K_3 — коефіцієнт помірного кліматичного району, $K_3=1$ [3, с. 22].

$$L_{\text{кр}} = 400000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 400000 \quad \text{км}$$

2.3.2 Тривалість роботи автомобіля до ТО-1, L_1 , км обчислюється за формулою [4, с. 9, ф. 1.2]:

$$L_1 = L_1^H \cdot k_1, \quad (2.2)$$

де L_1^H - нормативний пробіг до ТО-1, $L_1^H = 5000$ км, [2];

$$L_1^1 = 5000 \cdot 1 = 5000$$

2.3.3 Пробіг до ТО-2, L_2 , км обчислюється за формулою:

$$L_2 = L_2^H \cdot k_1, \quad (2.3)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L_2^H - нормативний пробіг до ТО-2, км, $L_2^{H1} = 20000$ км, [3, с.23].

$$L_2^1 = 20000 \cdot 1 = 20000 \text{ км},$$

2.4 Обчислення кількості технічних впливів за один повний цикл

Розрахунок ведеться на один автомобіль за період його роботи, що дорівнює пробігу до КР (L_{KP}) = 300000 км.

2.4.1 Кількість капітальних ремонтів, N_{KP} , обчислюється за формулою [3, с.26]:

$$N_{KP}^1 = N_{KP}^2 = \frac{L_{KP}}{L_{KP}}, \quad (2.4)$$

$$N_{KP}^1 = \frac{400000}{400000} = 1$$

2.4.2 Кількість комплексів ТО-2 за цикл N_2 :

$$N_2 = \frac{L_{KP}}{L_2} - N_{KP}, \quad (2.5)$$

$$N_2^1 = \frac{400000}{20000} - 1 = 20 - 1 = 19;$$

2.4.3 Кількість комплексів ТО-1 за цикл N_1 :

$$N_1 = \frac{L_{KP}}{L_1} - N_2 - N_{KP}, \quad (2.6)$$

$$N_1^1 = \frac{400000}{5000} - 1 - 19 = 60;$$

2.4.4 Кількість щоденних обслуговувань за цикл, $N_{щд}$:

$$N_{щд} = \frac{L_{KP}}{L_{сд}}, \quad (2.7)$$

де $L_{сд} = 190$ км - середньодобовий пробіг автомобіля;

$$N_{щд}^1 = \frac{400000}{190} = 2105;$$

2.5 Розрахунок інтегральних експлуатаційних показників парку

2.5.1 Коефіцієнт технічної готовності α_T , обчислюється за формулою [4, с. 10, ф. 1.8]:

$$\alpha_T = \frac{D_{ЕЦ}}{D_{ЕЦ} + D_{РЦ}}, \quad (2.8)$$

де $D_{ЕЦ}$ - кількість днів знаходження АТЗ в експлуатації,

$$D_{ЕЦ}^1 = N_{щд}^1 = 2105 \text{ днів};$$

$D_{РЦ}$ - кількість днів знаходження АТЗ в ТО і ремонті [4, с. 10, ф. 1.10];

$$D_{РЦ} = D_{KP} + D_{ТОiPR} \frac{L_{KP}}{1000}, \quad (2.9)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D_{KP} - приймаємо кількість днів знаходження в КР, $D_{KP}^1 = 15$;
 $D_{ТОіПР}$ - питома кількість днів простою АТЗ в ТО і ремонті на 1000 км,
 $D_{ТОіПР} = 0,15$;

$$D_{PC}^1 = 15 + 0,15 \frac{400000}{1000} = 75;$$

$$\alpha_T^1 = \frac{2105}{2105 + 75} = 0,966.$$

2.5.2 Річний пробіг одного автомобіля, L_P , [4, с. 10, ф. 1.11]:

$$L_P = D_{PP} \cdot L_{CD} \cdot \alpha_T, \quad (2.10)$$

де D_{PP} - кількість днів роботи в році підприємства, $D_{PP} = 305$ днів.

$$L_P^1 = 305 \cdot 190 \cdot 0,966 = 55979,7 \text{ км},$$

2.5.3 Коефіцієнт переходу від циклу до року η [4, с. 10, ф. 1.12]:

$$\eta = \frac{L_P}{L_{KP}}, \quad (2.11)$$

$$\eta^1 = \frac{55979,7}{400000} = 0,14$$

2.6 Визначення кількості ТО і КР на весь парк за рік

2.6.1 Загальна річна кількість КР $\sum N_{KP}^P$ [4, с. 11, ф. 1.17]:

$$\sum N_{KP}^P = N_{KP} \cdot \eta \cdot A_i, \quad (2.12)$$

$$\sum N_{KP}^{P1} = 1 \cdot 0,14 \cdot 13 = 1,82 \approx 2$$

2.6.2 Загальна річна кількість ТО-2 $\sum N_2^P$:

$$\sum N_2^P = N_2 \cdot \eta \cdot A_i, \quad (2.13)$$

$$\sum N_2^{P1} = 19 \cdot 0,14 \cdot 13 = 34,58 \approx 35$$

2.6.3 Загальна річна кількість ТО-1 $\sum N_1^P$:

$$\sum N_1^P = N_1 \cdot \eta \cdot A_i, \quad (2.14)$$

$$\sum N_1^{P1} = 60 \cdot 0,14 \cdot 13 = 109,2 \approx 109$$

2.6.4 Загальна річна кількість ЩО:

$$\sum N_{щО}^P = N_{щО} \cdot \eta \cdot A_i, \quad (2.15)$$

$$\sum N_{щО}^{P1} = 2105 \cdot 0,14 \cdot 13 = 3831,1 \approx 3831;$$

2.6.5 Загальна річна кількість сезонних обслуговувань за рік $\sum N_{CO}^P$,
[4, с. 11, ф. 1.18]:

$$\sum N_{CO}^P = 2 \cdot A_i, \quad (2.16)$$

$$\sum N_{CO}^{P1} = 2 \cdot 13 = 26;$$

2.6.6 Сумарний річний обсяг діагностичних впливів Д-1 $\sum N_{Д-1}^P$:

$$\sum N_{Д-1}^P = \sum N_1^P, \quad (2.17)$$

$$\sum N_{Д-1}^{P1} = 1,1 \cdot N_1^{P1} = 1,1 \cdot 109 = 120;$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.7 Сумарний річний обсяг діагностичних впливів Д-2 $\sum N_{Д-2}^P$:

$$\sum N_{Д-2}^P = \sum N_2^P, \quad (2.18)$$

$$\sum N_{Д-2}^{P1} = 1,2 \cdot N_2^{P1} = 1,2 \cdot 35 = 42$$

2.7 Добова інтенсивність виконання обслуговувань на підприємстві

Розрахунок добової завантаженості виробничих зон виконується з урахуванням тривалості роботи відповідних постів (305 днів на рік).

2.7.1 Добова програма зони ТО-2, N_2^∂ [4, с. 11, ф. 1.20]:

$$N_2^\partial = \frac{\sum N_2^P}{D_{PP}}, \quad (2.19)$$

$$N_2^{\partial 1} = \frac{35}{305} = 0,115;$$

2.7.2 Добова програма зони ТО-1, N_1^∂ [4, с. 11, ф. 1.20]:

$$N_1^\partial = \frac{\sum N_1^P}{D_{PP}}, \quad (2.20)$$

$$N_1^{\partial 1} = \frac{109}{305} = 0,357;$$

2.7.3 Добова кількість щоденних обслуговувань $N_{ЩО}^\partial$ [4, с. 11, ф. 1.19]:

$$N_{ЩО}^\partial = \frac{\sum N_{ЩО}^P}{D_{PP}}, \quad (2.21)$$

$$N_{ЩО}^{\partial 1} = \frac{3831}{305} = 12,56 \approx 13;$$

2.7.4 Добова завантаженість поглибленого діагностування Д-2, $N_{Д-2}^\partial$:

$$N_{\ddot{A}-2} = N_2, \quad (2.22)$$

$$N_{Д-2}^{\partial 1} = \frac{N_2^{\partial 1}}{D_{306}} = \frac{42}{305} = 0,138;$$

2.7.5 Добова завантаженість експрес-діагностування Д-1, $N_{Д-1}^\partial$:

$$N_{\ddot{A}-1} = N_1, \quad (2.23)$$

$$N_{Д-1}^{\partial 1} = \frac{N_1^{\partial 1}}{D_{306}} = \frac{120}{305} = 0,393.$$

2.8 Розрахунок річного об'єму робіт по ТО і ПР АТЗ

2.8.1 Базові нормативи питомих трудовитрат становлять: ЩО, ТО-1, ТО-2 і ПР відповідно $t_{ЩО}$, t_1 , t_2 , люд-год, і $t_{ПР}$, люд-год/1000км вибираємо із нормативною документації [2]:

$$t_{ЩО} = 0,5, \quad t_1^1 = 2,9, \quad t_2^1 = 11,7, \quad t_{ПР}^1 = 3,2;$$

2.8.2 Річні трудовитрати на ЩО, $T_{ЩО}$, люд-год [4, с. 12, ф. 2.4]:

$$T_{ЩО} = \sum N_{ЩОi}^P \cdot t_{ЩОi} \cdot \kappa_b, \quad (2.24)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k_m – коефіцієнт механізації процесів, $k_m = 0,5$;

$$T_{цр} = 3813 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 957,75 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.3 Річні трудовитрати на СО, T_{CO} , люд-год [4, с. 12, ф. 2.7]:

$$T_{CO} = \sum N_{CO}^P \cdot t_2 \cdot K_{op}, \quad (2.25)$$

де K_{op} - коефіцієнт додаткових робіт ($K_{op} = 0,2$), [4, с. 12]

$$T_{CO} = 0,2 \cdot 26 \cdot 11,7 = 60,84 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.4 Річні трудовитрати на ТО-1, T_1 , люд-год [4, с. 12, ф. 2.5]:

$$T_1 = \sum N_1^P \cdot t_1, \quad (2.26)$$

$$T_1 = 109 \cdot 2,9 = 316,1 \text{ люд} \cdot \text{год}.$$

2.8.5 Річні трудовитрати на ТО-2, T_2 , люд-год [4, с. 12, ф. 2.5]:

$$T_2 = \sum N_2^P \cdot t_2, \quad (2.27)$$

$$T_2 = 35 \cdot 11,7 = 409,5 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.6 Річний обсяг поточних ремонтних робіт $T_{пр}$, люд-год [4, с. 12, ф. 2.6]:

$$T_{пр} = t_{пр} \frac{L_p}{1000} A_i \quad (2.28)$$

$$T_{пр} = 3,2 \frac{55979,7}{1000} 13 = 2328,76 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.7 Загальна річна трудомісткість профілактичних заходів ТО, $T_{ТО}$, люд.-год. [4, с. 12, ф. 2.8]:

$$T_{ТО} = T_{цр} + T_1 + T_2 + T_{CO}, \quad (2.29)$$

$$T_{ТО} = 957,75 + 316,1 + 409,5 + 60,84 = 1744,19 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.8 Сумарний обсяг безпосередньо виробничих робіт, $T_{вир}$, люд-год, [4, с. 12, ф. 2.9]:

$$T_{вир} = T_{ТО} + T_{пр}, \quad (2.30)$$

$$T_{вир} = 1744,19 + 2328,76 = 4072,95 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.9 Річна трудомісткість супутніх (допоміжних) робіт, $T_{дон}$, люд год, [4, с. 12, ф. 2.10]:

$$T_{дон} = b \cdot T_{вир}, \quad (2.31)$$

де b - коефіцієнт допоміжних робіт, який приймаємо рівним $b = 0,3$;

$$T_{дон} = 0,3 \cdot 4072,95 = 1221,89.$$

2.8.10 Загальний інтегральний обсяг трудовитрат по лабораторії, $T_{АПП}$:

$$T_{АПП} = T_{вир} + T_{дон}, \quad (2.32)$$

$$T_{АПП} = 4072,95 + 1221,89 = 5294,84 \text{ люд} - \text{год}.$$

2.8.11 Трудомісткість постових робіт у загальній структурі, $T_{Пвир}$, люд-год [4, с. 12, ф. 2.12]:

$$T_{Пвир} = T_1 + c_2 \cdot T_2 + T_{CO} + c_{пр} \cdot T_{пр}, \quad (2.33)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де c_2 - частка постових робіт при ТО-2, $c_2 = 0,85$, [4, с. 12];

c_{np} - частка постових робіт при ПР, $c_{np} = 0,45$, [4, с. 12];

$$T_{Пвир} = 316,1 + 409,5 \cdot 0,85 + 60,84 + 2328,76 \cdot 0,45 = 1772,96 \text{ люд} - \text{год}$$

2.8.12 Обсяг робіт, що виконуються на дільницях, $T_{д-вир}$, люд-год [4, с. 12, ф. 2.13]:

$$T_{д-вир} = T_{вир} - T_{Пвир} - T_{ШО}, \quad (2.34)$$

$$T_{д-вир} = 4072,96 - 957,75 - 1772,96 = 1342,24 \text{ люд} - \text{год}$$

2.8.13 Трудомісткість робіт із внутрішнього самообслуговування, $T_{сам}$, люд-год,:

$$T_{сам} = T_{доп} \cdot 0,5, \quad (2.35)$$

$$T_{сам} = 1221,89 \cdot 0,45 = 549,85 \text{ люд} - \text{год}.$$

У таблиці 2.1 відображено структуру технологічної трудомісткості за напрямками робіт, яку було розраховано у відсотковому співвідношенні до загального обсягу трудовитрат на виконання ЩО, ТО-1, ТО-2 та ПР.

2.9 Обчислення необхідної кількості виробничих кадрів, допоміжних робітників та керівного складу підприємства

2.9.1 Кількість явочних робітників $P_{я}$, чол., обчислюємо за формулою [4, с. 14, ф. 3.1]:

$$P_{я} = \frac{T}{\Phi_{я}}, \quad (2.36)$$

де $\Phi_{я}$ - фонд часу явочного робітника, год, $\Phi_{я} = 2070 \text{ год}$.

2.9.2 Кількість штатних робітників, $P_{шт}$, чол., обчислюємо за формулою [4, с. 14, ф. 3.2]:

$$P_{шт} = \frac{P_{я}}{\varepsilon}, \quad (2.37)$$

де ε - коефіцієнт штатності ремонтних робітників, $\varepsilon = 0,9$.

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.1.

Розподіл річного обсягу трудомісткості за видами робіт, а також розрахунок явочної та штатної чисельності допоміжних робітників і персоналу з обслуговування підприємства (самообслуговування) виконано за методикою, аналогічною до розрахунку технологічно необхідної кількості ремонтних робітників. Підсумкові результати зазначених обчислень для допоміжних робітників наведено в таблиці 2.2.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку кількості явочних і штатних виробничих робітників по видах робіт ТО і ПР

Назва робіт	Відсоток	Т, люд-год	Фя, год	Ря, чол.	Ря, чол.		ε	Рш, чол.
					1-а зміна	2-а зміна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТО-1:								
Діагностичні	10	31,61	2070	0,015		-	0,9	0,017
Кріпильні	43	135,923	2070	0,066		-	0,9	0,073
Регулювальні	18	56,898	2070	0,027		-	0,9	0,031
Мастильні	29	91,669	2070	0,044		-	0,9	0,049
Разом	100	316,1	2070	0,153	0,153	-	0,9	0,17
ТО-2:								
Діагностичні	10	40,95	2070	0,02	0,02	-	0,9	0,022
Кріпильні	43	176,085	2070	0,085	0,085	-	0,9	0,095
Регулювальні	26	106,47	2070	0,051	0,051	-	0,9	0,057
Мастильно-заправні	21	85,995	2070	0,042	0,042		0,9	0,046
Разом	100	409,5	2070	0,198	0,198	-	0,9	0,22
ПР:								
Постові роботи:								
Діагностичні	2	46,5752	2070	0,023	0,023	-	0,9	0,025
Поглиблене діагностування	1	23,2876	2070	0,011	0,011	-	0,9	0,013
Регулювальні,	26	605,478	2070	0,293	0,293		0,9	0,325
розбирально-складальні	35	815,066	2070	0,394	0,394	-	0,9	0,438
Зварювально-бляхарські	2	46,5752	2070	0,023	0,023	-	0,9	0,025
Малярні	5	116,438	2070	0,056	0,056	-	0,9	0,063
Разом	45	1047,94	2070	0,506	0,506	-	0,9	0,563

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дільничні роботи:								
Агрегатні	18	419,177	2070	0,203	0,203	-	0,9	0,225
Слюсарно-механічні	13	302,739	2070	0,146	0,146	-	0,9	0,163
Електротехнічні	7	163,013	2070	0,079	0,079	-	0,9	0,088
Акумуляторні	1	23,2876	2070	0,011	0,011	-	0,9	0,013
Ремонт приладів системи живлення	4	93,1504	2070	0,045	0,045	-	0,9	0,05
Шинномонтажні	1	23,2876	2070	0,011	0,011	-	0,9	0,013
Вулканізаційні	1	23,2876	2070	0,011	0,011		0,9	0,013
Ковальсько-ресорні	3	69,8628	2070	0,034	0,034	-	0,9	0,038
Мідницькі	2	46,5752	2070	0,023	0,023	-	0,9	0,025
Зварювальні	1	23,2876	2070	0,011	0,011	-	0,9	0,013
Бляхарські	1	23,2876	2070	0,011	0,011	-	0,9	0,013
Арматурні	1	23,2876	2070	0,011	0,011	-	0,9	0,013
Оббивні	2	46,5752	2070	0,023	0,023	-	0,9	0,025
Разом	55	1280,82	2070	0,619	0,619	-	0,9	0,688
Всього	100	2328,76	2070	1,125	1,125	-	0,9	1,25
До розрахунку								1,639 (2)

Постові роботи по щоденному обслуговуванні автомобілів виконують водії транспортних засобів, за що одержують надбавку до заробітної плати.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ			Арк.
								27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку кількості явочних і штатних допоміжних робітників по видах робіт

Назва робіт	Від-соток	Т, люд-год	Фя, год	Ря, чол.	Ря, чол.		ε	Рш, чол.
					1-а зміна	2-а зміна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Самообслуговування	45	549,85	2070	0,266	0,266	-	0,9	0,295
Транспортні	10	122,189	2070	0,059	0,059	-	0,9	0,066
Перегін автомобілів	20	244,378	2070	0,118	0,118	-	0,9	0,131
Прийом і видача матеріальних цінностей	10	122,189	2070	0,059	0,059	-	0,9	0,066
Прибирання приміщень і території	15	183,284	2070	0,089	0,089	-	0,9	0,098
Разом	100	1221,89	2070	0,59	0,59	-	0,9	0,656
До розрахунку								1

2.10 Визначення кількості постів ТО, ПР і діагностування

Кількість універсальних та спеціалізованих робочих постів у відповідних зонах обслуговування безпосередньо визначає пропускну здатність виробничого корпусу лабораторії. Обчислення виконуються з урахуванням добової інтенсивності надходження рухомого складу та тривалості роботи обладнання

2.10.1 Значення кількості постів для профілактичних зон ЩО, ТО-1 та ТО-2 [4, с. 16, ф. 4.4]:

$$X = \frac{T_{np}}{D_{pp} \cdot T_3 \cdot c \cdot P_n \cdot \eta}, \quad (2.38)$$

де T_{np} - сумарний річний обсяг відповідного виду робіт, що реалізуються безпосередньо на постах, люд-год.;

φ - коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на обслуговування, $\varphi = 1,2$ [4, с. 16];

$D_{pp} = 305$ - кількість днів роботи зони;

$T_3 = 8$ - тривалість зміни;

$c = 1$ - кількість змін;

$P_n = 1$ - чисельність виконавців, які одночасно працюють на одному посту;

η - коефіцієнт використання робочого часу поста, приймаємо $\eta = 0,9$;

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пости ЩО:

Беручи до уваги технологічну специфіку виконання прибирально-мийних робіт та річний обсяг трудовитрат, за розрахунком приймаємо:

$$X_{щ\phi}^1 = \frac{957,75}{305 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,44,$$

Приймаємо пост для ЩО.

- пости ТО-1:

Враховуючи річну трудомісткість постових операцій ТО-1, що становить:

$$X_1^1 = \frac{316,1}{305 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,143,$$

- пости ТО-2:

Зважаючи на плановий обсяг робіт ТО-2 у кількості 409,5 люд-год:

$$X_2^1 = \frac{409,5}{305 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,19,$$

Приймаємо 1 пост для ТО-1 та ТО-2.

З огляду на помірну добову програму технічного обслуговування автомобільного парку, операції з експрес-діагностики (Д-1) та комплексного поглибленого діагностування (Д-2) доцільно суміщати й проводити безпосередньо на універсальних робочих постах ТО-1 та ТО-2 відповідно

2.10.2 Визначення кількості постів зони поточного ремонту ПР, X_{np} [4, с. 16, ф. 4.4]:

$$X_{np} = \frac{T_{np} \cdot \phi}{D_{pp} \cdot T_3 \cdot c \cdot P_n \cdot \eta}, \quad (2.39)$$

де ϕ - коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів у зону ПР, $\phi = 1,2$ [4, с. 16];

$$X_{np1} = \frac{1047,94 \cdot 1,2}{305 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,57$$

Приймаємо 1 пост для ПР.

2.10.3 Обчислення сумарної кількості постів у виробничому підрозділі, X_{zag} :

$$X_{zag} = X_{щ\phi} + X_1 + X_2 + X_{np}, \quad (2.40)$$

$$X_{zag} = 2 + 1 + 1 = 4.$$

Виходячи з діючих санітарно-гігієнічних, технологічних та будівельних нормативів, спеціалізовану зону щоденного обслуговування (комплекс прибирально-мийних робіт) винесено за межі головного закритого приміщення. Таким чином, сумарна кількість технологічних робочих постів, що розташовані

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпосередньо всередині головного виробничого корпусу, становить 3 пости

2.11 Розрахунок штату водійського складу та керівного персоналу підрозділу

2.11.1 Визначення чисельності водіїв:

Явочний склад водіїв $P_{\text{я}}$, розраховується на основі планової кількості рухомого складу та нормативного коефіцієнта випуску машин на лінію [4, с. 15, ф. 3.4]:

$$P_{\text{я}} = \frac{t_{\text{зм}} \cdot c \cdot A_i \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot D_p}{\Phi_{\text{я}}}, \quad (2.41)$$

де $t_{\text{зм}} = 8$ - тривалість робочої зміни, год;

$c = 1$ - кількість змін;

$A_i = 13$ - кількість автомобілів;

$\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначаємо за формулою:

$$\alpha_{\text{в}} = \alpha_T \frac{D_{\text{пп}}}{D_{\text{пп}}}, \quad (2.42)$$

$$\alpha_{\text{в}}^1 = 0,966 \frac{305}{365} = 0,807$$

$$P_{\text{я}}^1 = \frac{8 \cdot 1 \cdot 13 \cdot 0,807 \cdot 305}{2070} = 12,36.$$

Штатну кількість водіїв визначаю за формулою [4, с. 14, ф. 3.2]:

$$P_{\text{ш}}^1 = \frac{P_{\text{я}}^1}{\varepsilon} = \frac{12,36}{0,9} = 13,7 \approx 14$$

Для розрахунку приймаємо 14 водіїв.

2.11.2 Кількість службовців

Склад службовців та керівників інженерно-сервісної служби формується відповідно до масштабів підрозділу, специфіки завдань та обсягу рухомого складу. До штату управлінського сектора прийнято такі посадові одиниці:

- 1) Загальне адміністрування та керівництво підрозділом — 1 чол.
- 2) Інженер з організації праці, нормування та заробітної плати — 1 чол.
- 3) Спеціаліст з бухгалтерського обліку та фінансової діяльності — 1 чол.
- 4) Інженер з матеріально-технічного забезпечення та постачання — 1 чол.
- 5) Інспектор з пожежної безпеки та охорони праці — 1 чол

Загальна кількість адміністративних службовців становить $\sum P_C = 5 \text{ чол.}$

2.11.3 Визначення чисельності лінійного персоналу експлуатаційно-технічної служби [3, с.32, ф.3.23]:

$$P_E = \frac{B_E \cdot A_i}{100}, \quad (2.43)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де B_E - коефіцієнт, який враховує чисельність персоналу

$$P_{EC} = \frac{4,9 \cdot 13}{100} = 0,64$$

Отже, приймаємо чисельність персоналу експлуатаційної служби $P_n = 1$ чол.

2.12 Розрахунок виробничих і допоміжних приміщень АТП

2.12.1 Площі зон ЩО, ТО-1, ТО-2, Д-1, Д-2, ПР і зон очікування розраховується за формулою [5, с. 51, ф. 4.22]:

$$F_{zi} = f_a \cdot X_i \cdot K_{щ}, \quad (2.44)$$

де i - індекси відповідно зони ЩО, ТО-1, ТО-2, ПР;

f_a - площа найбільшого АТЗ лабораторії ГАЗ-53 в плані становить,

$$f_a = 6,395 \cdot 2,38 = 15,22 \text{ м}^2;$$

$K_{щ}$ - коефіцієнт щільності, $K_{щ}$ на універсальних постах $K_{щ} = 4...5$, приймаємо $K_{щ} = 5$. [5, с. 51]

$$F_{щр} = 15,22 \cdot 2 \cdot 5 = 152,2 \text{ м}^2;$$

$$F_{1,2} = 15,22 \cdot 1 \cdot 5 = 76,1 \text{ м}^2;$$

$$F_{пр} = 15,22 \cdot 1 \cdot 5 = 76,1 \text{ м}^2.$$

Сумарна площа зон $F_3 = 313,3 \text{ м}^2$.

2.12.2 Визначення сукупної площі виробничих дільниць

Розрахунок корисних площ спеціалізованих дільниць виконувався за фактичними габаритами запланованого до встановлення обладнання, верстатів та приладів, а також з урахуванням нормативних коефіцієнтів проходів і робочих зон. Результати геометричного планування дільниць зведено в таблицю 2.3. [3, с. 52].

Дані розрахунку занесені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Площі дільниць

Позиці	Назва дільниці	Площа обладнання, м ²	Коефіцієнт щільності	Площа дільниці, м ²
1	Агрегатно-моторна	6,36	4	25,4
2	Слюсарно-механічна	6,75	4	27
3	Електротехнічна	3,5	4	14
4	Шиномонтажна	4,5	4	18
Разом				85

Сумарна площа дільниць за округленими нормативами прийнята рівною 85 м².

2.12.3 Площа відкритої стоянки для паркування автомобілів розраховується за формулою [3, с. 58, ф.4.25]:

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{B3} = Z_{\text{вз}} \cdot f_a \cdot K_B, \quad (2.45)$$

де $Z_{\text{вз}}$ - кількість місць для відкритого зберігання, $Z_{\text{вз}} = A_i$;

K_B - коефіцієнт щільності розміщення автомобілів при відкритому зберіганні, $K_B = 3$ [3, с. 58];

$$F_{B3} = 9 \cdot 7,82 \cdot 3 + 3 \cdot 15,22 \cdot 3 = 348,12 \text{ м}^2.$$

2.12.4 Площу складських приміщень для запасних частин $F_{\text{скл}}$, м^2 , обчислюємо за формулою [3, с. 56, ф.4.24]:

$$F_{\text{скл}} = 10^{-6} \cdot L_p \cdot A_i \cdot f_{\text{ум}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (2.46)$$

де $f_{\text{ум}}$ - питома площа складських приміщень на 10^6 км пробігу;

k_1, k_2, k_3, k_4 - коригувальні коефіцієнти, що враховують відповідно кількість технологічно сумісних автомобілів, тип транспортних засобів, висоту розміщення вантажів (складування) та категорію умов, у яких експлуатується рухомий склад.,

$$k_1 = 0,85, k_2 = 1,4, k_3 = 1, k_4 = 1, [3, \text{с. 56-57}]$$

Отримані підсумкові дані систематизовано та представлено у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Розрахунок площі складських приміщень

Назва складу	$f_{\text{ум}}, \text{м}^2 / 10^6 \text{ км}$	k_1	k_2	k_3	k_4	$F_{\text{скл}}, \text{м}^2$
1	2	3	4	5	6	7
Запасні частини, деталі	3.4	0,85	1,4	1,0	1,0	2,66
Двигуни, агрегати, вузли	3.8					2,98
Матеріали:						
експлуатаційні	2.6					2,04
мастильні	2.4					1,88
лакофарбові	0.7					0,55
інструменти	0.2					0.16
Шини нові, відремонтовані і ті, які підлягають відновленню	0.35					0.27
Разом	13,45					10,54

Зберігання запасних частин, ремонтного фонду складових частин (вузлів, агрегатів) та решти матеріальних цінностей передбачено централізовано на головному складі ІФНТУНГ, що визначено організаційною структурою підприємства.

2.12.5 Обчислення площі виробничого корпусу F_{BK} [4, с. 18, ф. 5.4]:

$$F_{BK} = F_0 + F_1 + F_2 + F_{\text{пп}}, \quad (2.47)$$

$$F_{BK} = 85 + 76,1 \cdot 2 + 76,1 + 76,1 = 313,3 \text{ м}^2.$$

2.13 Розрахунок чисельності персоналу АТП, $P_{заг}$, чол [4, с. 18, ф. 5.5]:

$$P_{заг} = P_{ТОіПР} + P_{дон} + P_{ПР} + P_{ЕКСПЛ} + P_{Вод.} \quad (2.48)$$

$$P_{заг} = 2 + 1 + 1 + 5 + 14 = 23 \text{ чол.}$$

2.14 Визначення площі допоміжних приміщень, $F_{дон}$, $м^2$ [3, с. 59]:

$$F_{дон} = P_{заг} \cdot f_{num}, \quad (2.49)$$

де f_{num} - площа на одного робітника, $м^2$, $f_{num} = 6$;

$$F_{дон} = 23 \cdot 6 = 138 \text{ м}^2.$$

2.15 Розрахунок площі забудови земельної ділянки згідно проєкту, $F_{заб}$, $м^2$ [4, с. 19, ф. 5.8]:

$$F_{заб} = F_{БК} + F_{ЦД} + F_{дон} + F_{КТП}, \quad (2.50)$$

$$F_{заб} = 313,3 + 152,2 + 138 + 64 = 667,5 \text{ м}^2$$

2.16 Визначення загальної необхідної площі території АТП, $F_{ТЕР}$, $м^2$, визначаємо за формулою [4, с. 19, ф. 5.9]:

$$F_{ТЕР} = \frac{F_{БК} + F_{ЦД} + F_{дон} + F_{ВЗ} + F_{КТП}}{K}, \quad (2.51)$$

де K - коефіцієнт щільності забудови, приймаємо $K = 0,5$;

$$F_{ТЕР} = \frac{313,3 + 152,2 + 138 + 348,12 + 64}{0,5} = 2031,24 \text{ м}^2$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПЛАН ПІДПРИЄМСТВА З БУДІВЕЛЬНОЮ ЧАСТИНОЮ

3.1 Організація технологічного процесу функціонування підприємства

Функціонування Навчально-наукової виробничої автомобільної лабораторії (ННВАЛ) ІФНТУНГ базується на сукупності технологічних процесів, спрямованих на підтримку та відновлення робочого стану рухомого складу. Зміст та послідовність виконання сервісно-ремонтних заходів визначаються конструктивними особливостями, типом і призначенням конкретних транспортних засобів. З метою забезпечення безперервності й циклічності виробництва, просторове планування об'єкта передбачає чітке зонування території. Зокрема, сформовано інтегровані зони технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР), комплекс спеціалізованих виробничих ділянок, а також майданчики для міжмінного зберігання автомобілів.

Невіддільною складовою загального сервісного циклу є інструментальне діагностування технічного стану транспортних засобів. Головною метою діагностичних процедур є оперативне визначення й об'єктивний аналіз параметрів працездатності вузлів, агрегатів та електронних систем без безпосереднього демонтажу чи розбирання механізмів. На основі отриманих діагностичних матриць здійснюється математичне прогнозування залишкового ресурсу деталей та встановлюються терміни їх безвідмовної експлуатації.

Структура планово-запобіжної системи, що реалізується на підприємстві, диференціюється за періодичністю та обсягами робіт і включає такі регламентні види сервісу:

- щоденне обслуговування (ЩО);
- перше технічне обслуговування (ТО-1);
- друге технічне обслуговування (ТО-2).

Параметри організації виробництва безпосередньо залежать від специфіки технологічних операцій та обсягу річної виробничої програми, яка визначає сукупну кількість однотипних ремонтних впливів за розрахунковий проміжок часу. Взаємозв'язок і послідовність етапів руху автомобілів відображені на функціональній схемі (рис. 3.1).

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

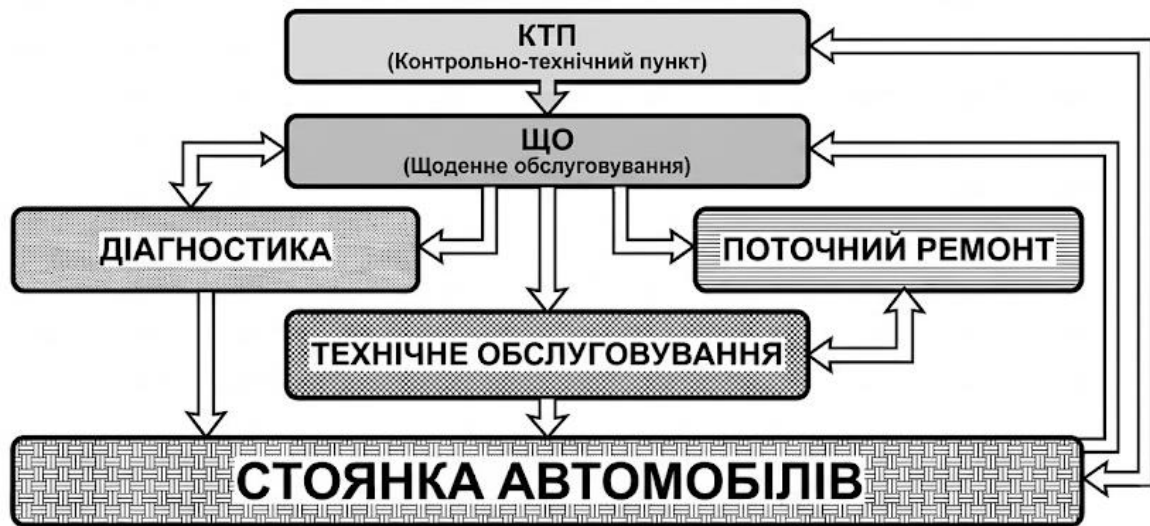


Рисунок 3.1 – Функціонально-технологічна схема виробничих процесів
ННВАЛ

Запропонована просторова топологія сервісної бази (рис. 3.1) характеризується високим рівнем ергономічності та логістичної ефективності. Послідовне розміщення технологічних зон і ділянок унеможливорює перехрещення транспортних потоків та забезпечує автономність виконання процесів ТО і ПР для кожної одиниці рухомого складу. Логістичний зв'язок між окремими зонами та корпусами реалізується за допомогою системи зовнішніх внутрішньовиробничих переїздів.

Первинний контроль автомобілів, що повертаються з рейсів, здійснюється на контрольно-технічному пункті (КТП). Технічний огляд на КТП виконується з метою моніторингу відповідності фактичних параметрів безпеки та зносу транспортних засобів вимогам чинних державних нормативних документів і стандартів. На основі первинного огляду механік КТП приймає рішення щодо подальшого маршруту автомобіля:

За умови повної справності — транспортний засіб направляється на майданчик міжзмінного зберігання (стоянку).

За наявності експлуатаційних дефектів — оформлюється відомість дефектів (заявка на ремонт), і автомобіль через пост ЩО транспортується на ділянку ПР.

При настанні планового пробігу — автомобіль переміщується в зону регламентного обслуговування відповідно до діючого на підприємстві графіку ТО.

Після повного завершення запланованих обсягів сервісних або відновлювальних робіт (ЩО, ТО-1, ТО-2 чи ПР) і контролю якості їх виконання, автомобілі виводяться на територію відкритої стоянки для подальшого очікування випуску на лінію.

Обґрунтування реструктуризації виробничо-технічної бази: Наявні виробничі потужності головного виробничого корпусу ННВАЛ налічують загалом 5 універсальних постів для виконання робіт з ТО і ПР. З урахуванням фактичного обсягу та структури власного автопарку підприємства, для його повного та своєчасного обслуговування із надлишком вистачає 2 постів.

З огляду на це, потужності виробничо-технічної бази дозволяють залучати додаткові сторонні замовлення. Решту 3 пости доцільно ефективно використовувати для виконання регламентних та ремонтних робіт на замовлення фізичних і юридичних осіб. Це дозволить суттєво підвищити коефіцієнт завантаження обладнання, оптимізувати окупність модернізації виробничої бази та забезпечити додаткові надходження для розвитку лабораторії.

3.2 Планування підприємства

Архітектурно-планувальне рішення об'єкта проєктування розроблено з чітким дотриманням чинних будівельних (ДБН), технологічних, санітарно-гігієнічних та екологічних нормативів, а також із забезпеченням високої експлуатаційної і логістичної ефективності підрозділів.

З метою модернізації матеріально-технічної бази Навчально-наукової виробничої автомобільної лабораторії (ННВАЛ) ІФНТУНГ та інтенсифікації технологічних процесів сервісу й відновлення рухомого складу, проєктом реконструкції передбачено комплекс таких інженерно-планувальних заходів:

- Модернізація поста первинного контролю: Для підвищення ефективності моніторингу технічного стану транспортних засобів під час їх повернення з лінії, контрольно-технічний пункт (КТП) пропонується доукомплектувати капітальною оглядовою канавою (ямою), що оснащена захисним навісом для всесезонного захисту від атмосферних опадів.
- Оптимізація умов праці на постах прибирання й миття: З метою створення належних умов праці під час виконання прибирально-мийних та кріпильно-контрольних робіт, зону щоденного обслуговування (ЩО) передбачено обладнати захисним накриттям закритого або напівзакритого типу.
- Раціоналізація використання території: Заплановано повний демонтаж і ліквідацію АЗС, який наразі перебуває в неробочому (аварійному) стані, що дозволить вивільнити корисну площу для зони щоденного обслуговування.
- Технологічне групування підрозділів: Задля оптимізації внутрішньовиробничої логістики та усунення зустрічних транспортних потоків проведено перепланування із компактним групуванням виробничих дільниць та зон ТО і ПР відповідно до послідовності стадій єдиного технологічного проєкту.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Технічне переоснащення матеріальної бази: З метою підвищення точності діагностико-ремонтних операцій, мінімізації трудомісткості робіт та скорочення тривалості простою автомобілів в очікуванні та в процесі відновлення, передбачено повне оновлення верстатного парку, стендового обладнання, спеціалізованого інструменту та заміну морально застарілих засобів механізації на сучасні аналоги.

3.3 Будівельна частина

3.3.1 Топографічна та кліматична характеристика території об'єкта

Навчально-наукова виробнича автомобільна лабораторія (ННВАЛ) ІФНТУНГ розташована за адресою: м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Матеріально-технічна база підрозділу зосереджена на відособленій земельній ділянці прямокутної форми з лінійними розмірами 90×60 м. Рельєф місцевості є рівнинним, що забезпечує оптимальні умови для маневрування транспортних засобів та спрощує планувальні рішення при їх розставленні. На території розташовано комплекс будівель та споруд, до складу якого входять:

- головний виробничий корпус;
- виробнича зона щоденного обслуговування (ЩО);
- контрольно-технічний пункт (КТП);
- адміністративно-побутовий корпус;
- навчально-лабораторний комплекс;
- ремонтні майстерні;
- зона міжзмінного зберігання (відкрита стоянка) рухомого складу.

Периметр території підприємства вздовж лінії огороження облаштований шумозахисною смугою зелених насаджень, яка сформована з ряду листяних дерев та трав'яного газону, що виконує також естетичну й екологічну (санітарно-захисну) функції. Інженерно-технічне забезпечення об'єкта (подача електроенергії, природного газу, питної та технологічної води, а також відведення побутових і дощових стічних вод) здійснюється шляхом безпосереднього підключення до централізованих міських інженерних споруд та комунальних мереж.

Кліматичні умови району розташування об'єкта проектування характеризуються такими температурними показниками:

- середньодобова температура найтеплішого літнього місяця: +21°C;
- середньодобова температура найхолоднішого зимового місяця: -10°C;
- екстремальний температурний максимум у літній період: +30°C;
- екстремальний температурний мінімум у зимовий період: -25°C.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.2 Опис генерального плану

Розробка генерального плану земельної ділянки, відведеної під будівництво ННВАЛ, виконана з чітким орієнтуванням щодо сторін світу. Документ регламентує точне розташування будівель, споруд та транспортних комунікацій на території. Проектні рішення повністю відповідають будівельним нормам і правилам, зокрема вимогам ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій».

Особливості просторової організації об'єкта. Варто зауважити, що фактична площа земельної ділянки даного підприємства суттєво перевищує параметри, отримані в результаті розрахунків у другому розділі цього проекту. Така невідповідність зумовлена історичною специфікою функціонування об'єкта: раніше підприємство мало у своєму складі значно більшу кількість рухомого складу, що вимагало набагато більшої площі території. Наявний надлишок площі наразі забезпечує перспективний резерв для розвитку та модернізації виробничої бази.

Функціональне зонування території

Планування об'єкта реалізовано за змішаним принципом: адміністративні, допоміжні та основні виробничі приміщення інтегровані у головний корпус, тоді як ділянка щоденного обслуговування (ЩО) винесена окремо.

Територія розділена на такі ключові зони:

- Центральна частина: відведена під майданчик для зберігання автомобільного транспорту.
- Південний сектор: максимально наближений до головного в'їзду. Тут сконцентровані адміністративно-побутовий блок, приміщення контрольно-технічного пункту (КТП) та навчальний сектор.
- Північний сектор: тут розташовано головний виробничий корпус. Поруч із ним облаштовано додаткові (запасні) ворота, а також технологічну зону ЩО, яка укомплектована очисною ямою.

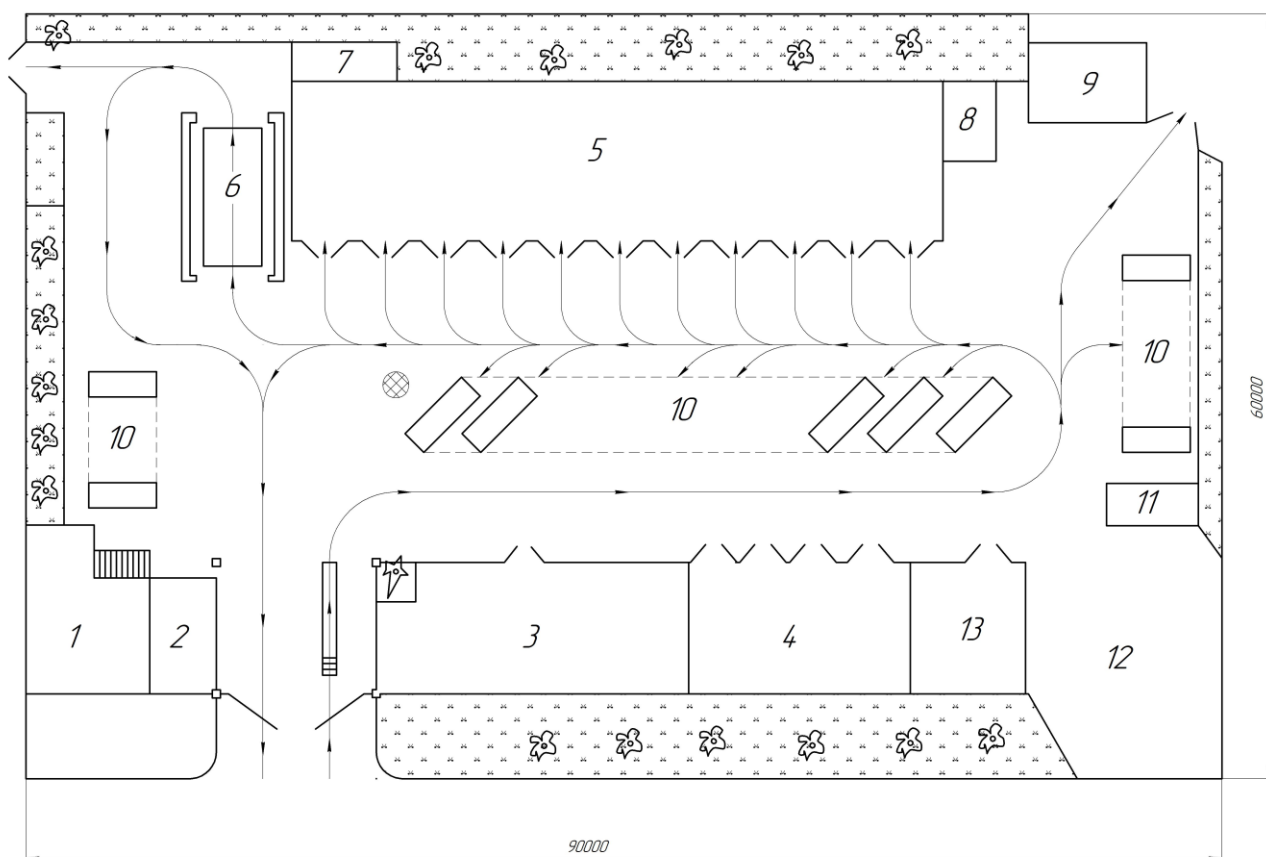
Благоустрій та озеленення

По всьому периметру ділянки, вздовж залізобетонного огороження, передбачена смуга озеленення завширшки від 1 до 3 метрів. Вона сформована у вигляді облаштованого газону та одного ряду лінійних насаджень дерев.

Показники генерального плану:

- площа території - 0,54 га;
- площа забудови – 0,27 га;
- щільність забудови - 50%;
- коефіцієнт озеленення - 11%.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



Умовні позначення

- Листяні дерева
- Хвойні дерева
- Газон
- Напрямок руху АТЗ
- Пожежний гідрант

Рисунок 3.2— генеральний план території ННВАЛ

1 — адміністративно-побутовий корпус; 2 — КТП; 3 — навчальний комплекс; 4 — гаражі автомобілів; 5 — виробничий корпус; 6 — зона ЩО; 7 — компресорна станція; 8 — санітарно-побутові приміщення; 9 — трансформаторна підстанція; 10 — зона зберігання рухомого складу; 11 — естакада; 12 — господарський двір; 13 — додаткові виробничі приміщення.

3.3.3 Об'ємно-планувальні рішення

Аналіз виробничих площ. Порівняльний аналіз результатів технологічного розрахунку та фактичних параметрів об'єкта показав, що розрахункова площа виробничих зон є меншою за площу наявного головного корпусу підприємства. З огляду на це, виробнича база ННВАЛ має достатній просторовий потенціал і не потребує будівництва нових споруд чи розширення чинних площ для забезпечення технологічного процесу.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Архітектурно-конструктивні принципи

В основу об'єктно-планувального проектування будівель та споруд покладено принцип мінімізації логістичних маршрутів та забезпечення оптимальних технологічних взаємозв'язків між функціональними підрозділами.

Конструктивна схема будівель базується на використанні уніфікованих залізобетонних виробів заводського виготовлення (включаючи колони, ферми, балки та плити перекриття). Компонування елементів виконано за стандартною сіткою колон відповідно до регламентів будівельних норм, зокрема:

- ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення»;
- ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»

Характеристика адміністративно-побутового корпусу

Адміністративно-побутовий блок розташований у південно-західному секторі підприємства, безпосередньо біля під'їзного автошляху та поруч із приміщенням контрольно-технічного пункту (КТП). Проектування будівлі виконано згідно зі стандартами ДБН В.2.2-28:2010.

- Габаритні розміри в плані: 12,0 × 6,0 м.
- Внутрішнє планування: будівля містить робочі кабінети керівного та адміністративного персоналу, зокрема кабінет головного інженера, приймальню директора, приміщення бухгалтерії та відділу кадрів.

Конструктивні параметри головного виробничого корпусу

Виробнича будівля зведена з цегли та має такі архітектурно-лінійні характеристики:

- Розміри в плані: 49,5 × 12,0 м.
- Товщина огорожувальних конструкцій: зовнішні стіни — 0,5 м, внутрішні перегородки — 0,3 м.
- Ворота: для маневрування та заїзду техніки передбачено 11 технологічних воріт (ширина — 4 м, висота — 3,5 м).
- Висотні характеристики: корисна висота приміщення (від підлоги до нижнього поясу несучих конструкцій) становить 4,8 м, тоді як загальна габаритна висота будівлі дорівнює 6,0 м.

Організація внутрішнього простору та освітлення

Робочі зони та цехи забезпечені природним освітленням завдяки влаштуванню бокових віконних прорізів. Просторова локалізація діляниць ТО (технічного обслуговування), ПР (поточного ремонту) та допоміжних підрозділів інтегрована у загальну конструктивну схему корпусу згідно з нормативними вимогами ДБН В.2.3-15:2007.

Функціональний склад виробничого корпусу:

1. **Зона ПР:** обладнана тупиковими постами, де безпосередньо виконуються відновлювальні та ремонтні роботи на автомобілях.
2. **Зона ТО:** укомплектована універсальними постами для проведення регламентних робіт першого (ТО-1) та другого (ТО-2) технічних обслуговувань.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. **Діагностичний комплекс:** інтегрований у структуру корпусу для оперативного контролю технічного стану рухомого складу.

3.4 Техніко-економічна оцінка проекту

3.4.1 Питома площа виробничих приміщень на одиницю рухомого складу.

Для визначення площі виробничих зон, що припадає на одну одиницю наявної техніки, використовують таку залежність:

$$f = \frac{F_z + F_d}{A_i}, \quad (3.1)$$

де: $F_z + F_d$ — загальна площа проектного виробничого корпусу;

A_i — загальна чисельність рухомого складу підприємства;

$$f = \frac{313,3}{13} = 24,01 \text{ м}^2.$$

3.4.2 Питома площа адміністративно-побутового комплексу на одного робітника:

$$f_{np} = \frac{F_{п-А}}{P_{заг}}, \quad (3.2)$$

де: $F_{п-А}$ — площа адміністративно-побутового комплексу;

$P_{заг}$ — загальна чисельність працюючих на підприємстві;

$$f_{np} = \frac{138}{23} = 6 \text{ м}^2.$$

3.4.3 Питома площа земельної ділянки на одиницю транспорту

Обсяг території загального призначення, який припадає на один розрахунковий автомобіль, обчислюється за співвідношенням:

$$f_{np} = \frac{F_{тер}}{A_i}, \quad (3.3)$$

де: $F_{тер}$ — загальна площа території підприємства;

$$f_{np} = \frac{2031,24}{13} = 156,25 \text{ м}^2.$$

Підсумкові результати аналізу та ключові техніко-економічні характеристики спроектованого об'єкта систематизовано й наведено у таблиці 3.1. У зазначеній таблиці також відображено кореляцію та відносне відхилення отриманих параметрів порівняно з аналогічними показниками підприємства, що наразі функціонує.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 3.1 - Основні техніко-економічні показники підприємства

Найменування показника	Од. вимір.	Проектне (розрахункове) значення	Фактичне (діюче) значення	Відносна зміна параметрів, %
1	2	3	4	5
Питома площа виробничих зон у розрахунку на один обліковий АТЗ	м ²	24,01	45,69	47,45
Площа адміністративно-побутових приміщень, що припадає на одного штатного працівника	м ²	6	7,91	24,15
Площа земельної ділянки на один АТЗ,	м ²	156,25	415,38	62,38
Площі:				
- території	м ²	2031,24	5400	62,38
- виробничого корпусу	м ²	313,3	594	47,26

Аналіз наведених у таблиці 3.1 техніко-економічних показників свідчить про значне відхилення розрахункових параметрів від фактичних характеристик підприємства. Розрахункові значення площ виробничого корпусу, адміністративно-побутових приміщень та загальної території є суттєво меншими за реальні фактичні площі, що наразі експлуатуються Навчально-науковою виробничою автомобільною лабораторією (ННВАЛ).

Така суттєва розбіжність між розрахунковими та діючими показниками зумовлена історичною специфікою розвитку та тривалим періодом функціонування об'єкта. Первинна інфраструктура підприємства проектувалася з розрахунку на обслуговування значно більшої кількості рухомого складу, що зумовлювало потребу у значних виробничих площах. Згодом, внаслідок оптимізації структури та зняття з балансу зношеної техніки, на підприємстві було списано значну кількість транспортних засобів. Оскільки наявний парк автомобілів зменшився, сучасні розрахункові потреби в площах (визначені згідно з діючою чисельністю транспорту та штатного персоналу) виявилися набагато меншими за наявні геометричні розміри будівель та ділянки. Саме тому питомі проєктні показники (наприклад, площа земельної ділянки чи виробничих зон з розрахунку на один АТЗ) так сильно відрізняються від реальних значень у бік зменшення. Водночас виявлений надлишок фактичної площі не потребує капітальної перебудови чи ліквідації капітальних споруд. Він створює надійний просторовий потенціал та перспективний резерв для подальшої модернізації, розширення матеріально-технічної бази підприємства або нарощування чисельності рухомого складу в майбутньому.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНІЧНІ ПРОЕКТИ ДІЛЬНИЦЬ

4.1 Технічний проект агрегатної (моторної) дільниці

4.1.1 Функціонування та структура трудомісткості робіт

Агрегатна дільниця призначена для виконання капітального та поточного ремонту (ПР) вузлів, агрегатів та систем, знятих з автомобілів у зонах ТО-2 та поточного ремонту. Комплекс робіт охоплює відновлення двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), трансмісії, рульового керування, підвіски та гальмівних систем.

Аналіз середнього розподілу річної трудомісткості за типами агрегатів на підприємстві показує таку структуру:

- Ремонт ДВЗ та його систем — 57%;
- Ремонт мостів (ведучих та керованих) — 22% (по 11% на кожен тип);
- Ремонт коробки перемикання передач (КПП) — 8%;
- Трансмісія (зчеплення, карданні вали) — 6% (по 3% на кожен вузол);
- Ремонт рульового керування — 4%;
- Гальмівна система та інші вузли — 3%.

Враховуючи, що на частку ремонту двигунів припадає найбільший обсяг загальної трудомісткості агрегатного виробництва (57%), у даному дипломному проекті передбачено реорганізацію (перепрофілювання) існуючої дільниці на моторно-агрегатну.

Мета модернізації: Забезпечення повного технологічного циклу відновлення та капітального ремонту двигунів безпосередньо на базі підприємства. Це дозволить суттєво знизити логістичні витрати на сторонні спеціалізовані сервіси та скоротити час простою рухомого складу в поточному ремонті.

У зв'язку з інтеграцією нових технологічних процесів виникає необхідність у повній реорганізації існуючого планувального рішення та додатковому підборі спеціалізованого технологічного обладнання.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4.1.2 Обґрунтування та підбір технологічного обладнання

Оскільки ремонт ДВЗ вимагає високої точності, особливих умов дефектування та чистоти поверхонь, номенклатуру матеріально-технічного забезпечення розширено за рахунок впровадження такого устаткування:

- **Мийне та очисне обладнання:** Спеціалізовані установки для ретельного очищення внутрішніх каналів блоку циліндрів та елементів газорозподільного механізму (ГРМ) від нагару, шламу та смолистих відкладень.
- **Стендове обладнання:** Універсальні кантувачі та розбирально-збиральні стенди для двигунів, які забезпечують вільний доступ до кривошипно-шатунного (КШМ) та газорозподільного механізмів, а також підвищують безпеку праці.
- **Контрольно-вимірювальні прилади та дефектоскопи:** Прецизійний інструмент (нутроміри, мікрометри) для оцінки зносу циліндрів, шийок колінчастого валу та інструментальної перевірки герметичності сорочки охолодження ДВЗ.
- **Верстатне обладнання:** Залежно від обсягу програми, передбачається встановлення або залучення технологічних потужностей для хонінгування циліндрів та шліфування площини головки блоку циліндрів (ГБЦ).

Розрахунок кількості та підбір нових одиниць обладнання виконано з урахуванням зміненого річного обсягу робіт, нормативного коефіцієнта використання техніки та вимог ДСТУ щодо ергономіки і охорони праці в моторних цехах.

4.1.3 Планувальне рішення агрегатної дільниці

- **Геометричні розміри приміщення:** Дільниця розташована у прямокутному приміщенні з розмірами в плані 6,2×4,1 м, висота стелі становить 6,0 м.
- **Будівельні конструкції:** Для забезпечення безперешкодного переміщення габаритних та важких вузлів (блоків циліндрів, зібраних ДВЗ) передбачено двері розміром 1,6×2,4 м. Підлога має зносостійке та масло та водостійке покриття з керамічних плит, що полегшує санітарну обробку.
- **Розстановка обладнання:** Планування робочих місць виконано з урахуванням технологічного маршруту ремонту двигунів. Оскільки деякі верстати мають неповне завантаження, їх підбір оптимізовано згідно з таблицею технологічної необхідності. Розрахунок загальної площі виконано

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із збереженням нормативного коефіцієнта щільності розстановки обладнання:

$$K_{\text{щ}} = \frac{F_{\text{д}}}{F_{\text{об}}} = 4$$

де $F_{\text{д}}$ — загальна площа ділянки, м²; $F_{\text{об}}$ — сумарна площа, яку займає обладнання в плані, м². Специфікація та схема розміщення модернізованого обладнання відображені у таблиці 4.1 та на рисунку 4.1.

Таблиця 4.1 — специфікація технологічного обладнання агрегатно-моторної ділянки.

№	Назва обладнання	Модель	Габаритні розміри, мм	Од, Шт	Площа, м ²	Орієнтовна вартість (грн)
1	Кантувач двигуна	T26801 TORIN	810x825	1	0.67	4 500
2	Електротельфер	LIFTEC CD1	—	1	—	25 000
3	Верстак слюсарний	СД-3701-04	1250x800	1	1	14 000
4	Мийна установка	TRG4001-40	1010x520	1	0.53	14 500
5	Стелаж для деталей	King Tony	1400x500	1	0,7	8 000
6	Скрина для відходів	—	500x500	1	0,27	700
7	Тумбочка для інструментів	СД-3701	674x552	2	0,72	12 000 (за 2 шт.)
8	Прес електрогідравлічний	ОКС-1671	1200x600	1	0,72	45 000
9	Стенд для перевірки форсунок	Launch GDI-605s	500x450	1	0.23	32 000
10	Верстак слюсарний з лещатами	WILTON "Механік"	1570x780	1	1,22	22 000
11	Верстак токарно-шліфувальний	ТШ-2	500x610	1	0,3	35 000

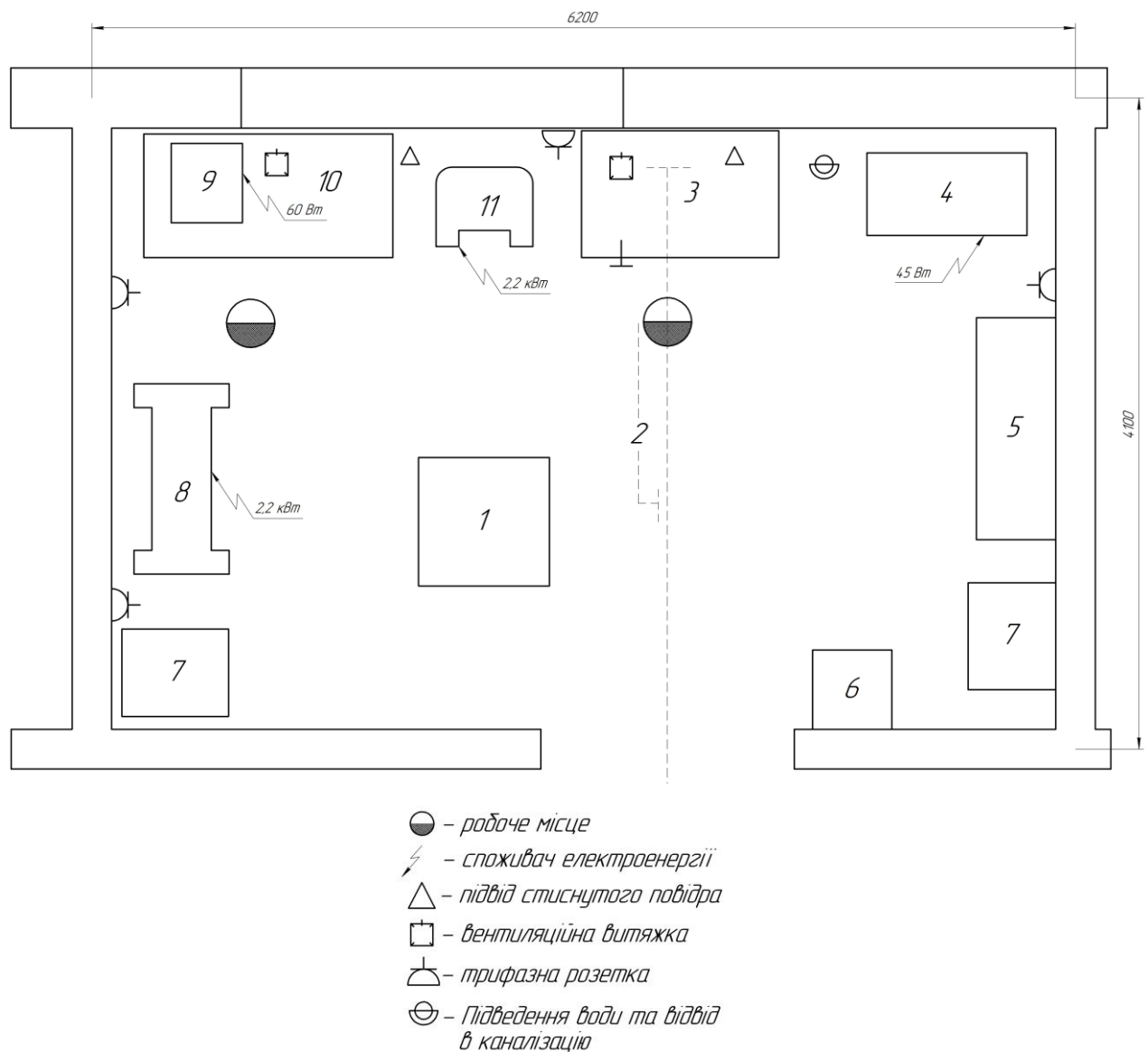


Рисунок 4.1 — план агрегатно-моторної дільниці

4.2 Технічний проект електротехнічної дільниці

4.2.1 Призначення електротехнічної дільниці

Електротехнічна дільниця призначена для виконання робіт з контролю, технічного обслуговування, ремонту та регулювання приладів системи електрообладнання автомобілів (генераторів, стартерів, приладів запалювання, системи освітлення та сигналізації) шляхом заміни зношених або пошкоджених деталей із наступним випробуванням.

Усі роботи на дільниці виконуються кваліфікованим персоналом — слюсарем-електриком 5-го розряду, що обумовлено високою складністю сучасних бортових електронних та електричних систем.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.2 Підбір технологічного обладнання

Для механізації виробничих процесів, підвищення продуктивності праці та забезпечення належної точності налаштування приладів, дільниця комплектується відповідним устаткуванням. Технологічне обладнання підібрано за принципом технологічної необхідності з урахуванням специфіки обслуговуваного рухомого складу.

Специфікація та схема розстановки модернізованого обладнання відображені в таблиці 4.2 та на рисунку 4.2 відповідно.

Таблиця 4.2 — специфікація технологічного обладнання електротехнічної дільниці.

№	Назва обладнання	Модель	Габаритні розміри, мм	Од, Шт	Площа, м2	Орієнтовна вартість (грн)
1	Верстак слюсарний з лещатами	WILTON "Механік"	1570x780	1	1,22	22 000
2	Стенд для перевірки стартерів, генераторів	Spin JUNIOR EVO	750x750	1	0,56	145 000
3	Мийна установка	TRG4001-3.5	470x360	1	0,17	4 000
4	Стелаж для деталей	King Tony	1400x500	1	0,7	8 000
5	Скрина для відходів	—	300x300	1	0,1	700
6	Тумбочка для інструментів	СД-3701	674x552	1	0,36	6 000
7	Паяльна станція	SUGON 202	300x450	1	0,014	9 500
8	Візок для інструменту	—	800x500	1	0,4	5 500
9	Зарядний пристрій ВВБ	EVP903	510x300	1	0,15	38 000

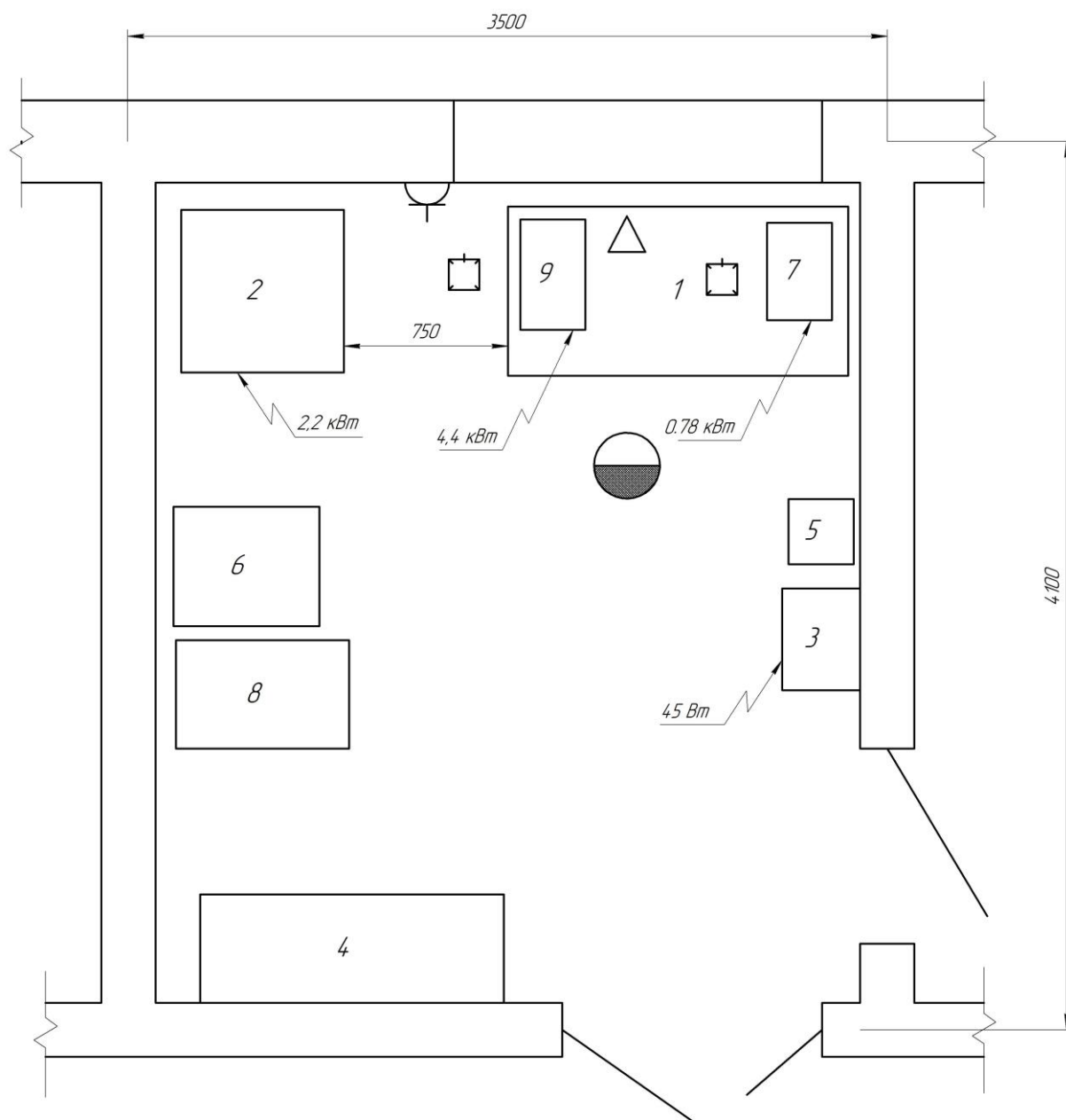


Рисунок 4.2 — план електротехнічної ділянки

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4.3.3 Планувальне рішення електротехнічної дільниці

- **Геометричні параметри:** Приміщення дільниці має в плані прямокутну форму з розмірами 4,5×3,0 м. Висота приміщення становить 4,0 м. Загальна площа дільниці — 13,5 м².
- **Будівельні елементи:** Доступ до приміщення забезпечується через двері шириною 1,2 м та висотою 2,4 м. Для забезпечення природного освітлення передбачено одне вікно розміром 2,0×2,0 м з подвійними рамами.
- **Покриття підлоги:** Підлога виконана на міцній бетонній основі з фінішним покриттям із діелектричного, зносостійкого лінолеуму, що відповідає вимогам техніки безпеки при роботі з електроустановками.
- **Ергономіка:** Розстановка обладнання виконана з дотриманням діючих санітарних та протипожежних норм. Відстані між окремими одиницями обладнання, а також між обладнанням і елементами будівлі (стінами, колонами) забезпечують безпечний прохід слюсаря та зручність обслуговування стендів.

4.3.4 Технологічний процес електротехнічної дільниці

Технологічний процес на дільниці є невід'ємною частиною загального комплексного процесу технічної підготовки та ремонту автотранспортних засобів (АТЗ) на підприємстві. Він організований за наступною схемою:

- 1) **Приймання та очищення:** Електрообладнання, що потребує ТО або ремонту, демонтується з автомобіля і надходить на дільницю, де піддається очищенню від пилу та бруду.
- 2) **Розбирання:** Вузли та агрегати (наприклад, стартери чи генератори) закріплюються на спеціальних стендах або у пристроях на верстаку і розбираються на делікатні складові елементи.
- 3) **Дефектування та ремонт:** Проводиться візуальний контроль та інструментальна перевірка параметрів (опір ізоляції, знос щіток, цілісність обмоток). Поламані, зношені чи згорілі деталі замінюють на нові оригінальні запасні частини або відновлюють на спеціальних верстатах і за допомогою сертифікованих пристроїв.
- 4) **Складання та випробування:** Після завершення ремонтних чи регулювальних дій прилади збирають. Фінальним етапом є обов'язкове діагностування та комплексне випробування агрегату на контрольно-випробувальному стенді під навантаженням для імітації реальних умов роботи на автомобілі. Лише після підтвердження технічних параметрів прилад передається в зону ПР для встановлення на автомобіль або на склад.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Організація і управління виробництвом

5.1 Загальна структура ННВАЛ ІФНТУНГ

Загальне керівництво навчально-науково-виробничою автотранспортною лабораторією (ННВАЛ) ІФНТУНГ здійснює завідувач. Організаційно-виробнича структура підрозділу інтегрує такі функціональні елементи:

- Апарат управління та функціональні служби: технічна, економічна, експлуатаційно-диспетчерська, бухгалтерський облік, а також служба головного механіка.
- Основний виробничий підрозділ: пости та зони безпосереднього технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) рухомого складу.
- Допоміжне виробництво: ремонтно-механічна майстерня (РММ), що забезпечує відновлення деталей та виготовлення технологічного оснащення.

5.2 Призначення системи управління виробництвом

Головною метою функціонування системи організації та управління є підтримання парку транспортних засобів у належному технічному стані, забезпечення виконання планових комплексів ТО і ПР за мінімальних матеріально-грошових витрат і раціональних термінів простою автомобілів на постах.

Удосконалення управлінських алгоритмів та наукова організація праці (НОП) виступають основними резервами підвищення коефіцієнта технічної готовності.

У межах інженерної діяльності технічна служба ННВАЛ вирішує завдання стратегічного й оперативного планування, до структури яких належать:

- Розрахунок та визначення виробничої програми (циклічності, кількості планових ТО та діагностичних впливів, сумарної трудомісткості робіт).
- Матеріально-технічне забезпечення (розподіл і нормування витрат запасних частин, металовиробів, експлуатаційних матеріалів, оперативне поповнення складських запасів).
- Оперативне планування (раціональний розподіл автомобілів по спеціалізованих або універсальних постах з урахуванням їх поточного завантаження та наявного оснащення).
- Управління персоналом (визначення змінно-добових завдань для ремонтних робітників, маневрування трудовими ресурсами між дільницями та постами).

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Структура управління виробництвом

Безпосереднє адміністрування діяльності лабораторії здійснює завідувач ННВАЛ, який підпорядкований ректору університету і діє на засадах єдиноначальності.

До кола повноважень завідувача лабораторії належать:

- Укладання господарських договорів, угод та контрактів, видача довіреностей від імені підрозділу.
- Кадрова політика (прийом на роботу, звільнення, застосування заходів матеріального/морального заохочення та дисциплінарних стягнень).
- Затвердження нормативно-правової бази підрозділу (посадових інструкцій, регламентів, внутрішнього розпорядку).
- Видання обов'язкових до виконання наказів, розпоряджень та оперативно-виробничих вказівок.
- Загальне регулювання фінансово-економічної та операційної діяльності ННВАЛ.

Оперативне керування виробничими процесами покладено на механіка з випуску. Його функціональні обов'язки охоплюють:

- Контроль технічного стану рухомого складу під час виїзду на лінію та повернення на підприємство.
- Проведення та реєстрація обов'язкових інструктажів водіїв з безпеки дорожнього руху.
- Облік фактичного пробігу ТЗ, моніторинг міжремонтних інтервалів та постановка автомобілів на планове ТО.
- Приймання заявок від водіїв на усунення несправностей, формування листів ПР та координація роботи ремонтних бригад.
- Забезпечення дотримання персоналом правил охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії.
- Оперативний облік руху оборотного фонду агрегатів, інструментального господарства.

Взаємозв'язок елементів управлінської структури наведено на рисунку 5.1.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



Рисунок 5.1 — організація управління ННВАЛ ІФНТУНГ

Вибір оптимального методу організації праці базується на аналізі штатної чисельності персоналу, специфіки рухомого складу та матеріально-технічної бази. У практиці автотранспортних підприємств виділяють три класичні методи (їх порівняльну характеристику наведено в таблиці 5.1)

У даному проекті для ННВАЛ прийнято метод спеціалізованих бригад. Його вибір обумовлений можливістю максимальної концентрації спеціалізованого обладнання на відповідних постах та підвищення продуктивності праці за рахунок типізації операцій.

Організація робіт у межах прийнятого методу має такі особливості:

1. Для реалізації планових видів ТО та усунення поточних несправностей формуються окремі ланки (бригади).
2. Кожна бригада відповідає за своєчасність та якість проведення свого виду регламентних робіт по всьому закріпленому за лабораторією парку автомобілів.
3. Демонтовані з автомобілів несправні вузли та агрегати передаються до відповідних виробничих відділень (зокрема, на модернізовану агрегатно-моторну дільницю), де їх відновленням займаються фахівці відповідного профілю.
4. Оперативне керівництво бригадами здійснюють бригадири, які безпосередньо підпорядковані старшому механіку (або механіку з ремонту), що забезпечує чітку вертикаль управління та швидке реагування на відхилення від виробничого графіка.

6 Методика діагностування причин втрати працездатності двигуна

Втрата працездатності двигуна автомобіля з гібридною силовою установкою (ГСУ) має свою специфіку, оскільки ДВЗ працює в єдиній зв'язці з мотор-генераторами та високовольтною батареєю (ВВБ). Нижче наведено покрокову інструкцію та алгоритм глибокої діагностики для виявлення причин втрати працездатності ДВЗ.

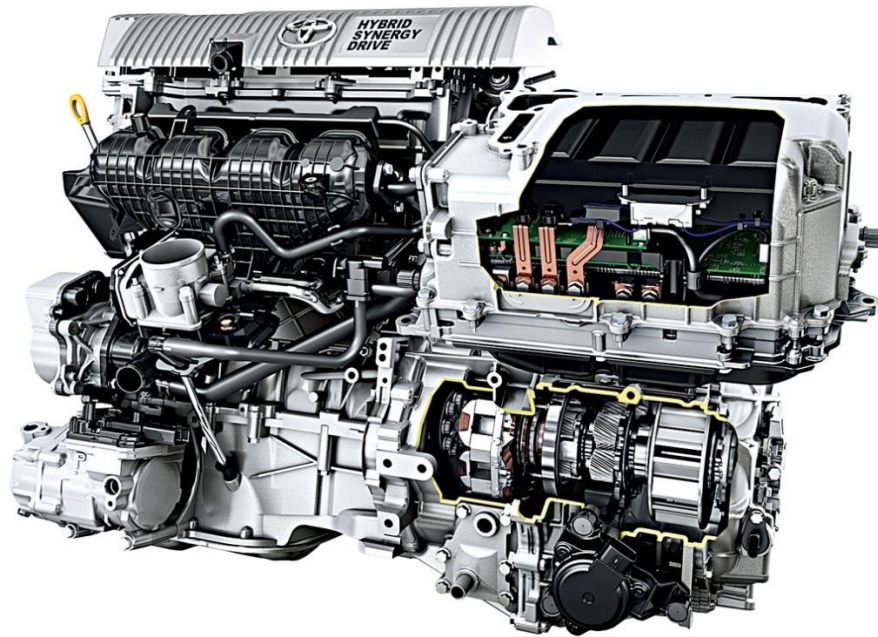


Рисунок 6.1 — зовнішній вигляд ДВЗ із гібридною силовою установкою

6.1. Алгоритм комп'ютерної діагностики та аналіз кодів помилок

Діагностика завжди починається зі сканування всіх блоків керування. Через особливості гібридного приводу проблеми з ДВЗ майже завжди тягнуть за собою помилки по гібридній частині, і навпаки.

1. Зчитування специфічних помилок гібридної системи (серія P0AXX)

Помилки цієї групи вказують на те, що блок керування ГСУ зафіксував позаштатну роботу ДВЗ або силової трансмісії:

- P0A0F (Engine Failed to Start): ДВЗ не зміг запуститися. Найчастіше виникає, коли мотор-генератор MG1 крутить ДВЗ, намагаючись його завести, але спалаху в циліндрах не відбувається (через брак палива, відсутність іскри або низьку компресію).

- P0A1D (Powertrain Control Module Performance): Внутрішня помилка модуля керування трансмісією, часто пов'язана з некоректним крутним моментом від ДВЗ.
- P0A80 (Replace Hybrid Battery Pack): Сигналізує про критичну різницю напруги між парами елементів ВВБ. Іноді несправний ДВЗ, який постійно працює на знос або смикається, перевантажує ВВБ постійними циклами зарядки/розрядки, провокуючи цю помилку.

2. Зчитування стандартних моторних помилок

Якщо ДВЗ запускається, але працює неефективно, в блоці «Engine» фіксуються базові коди:

- P0300 (Random/Multiple Cylinder Misfire Detected): Множинні пропуски запалювання. Супроводжується кодами P0301, P0302, P0303, P0304 (пропуски у конкретних циліндрах). На двигунах 2ZR-FXE це головний симптом прогару прокладки ГБЦ, тріщини в блоці або забитого клапана EGR.
- P0171 (System Too Lean): Бідна паливо-повітряна суміш. Свідчить про підсос повітря (часто через тріщини в пластиковому впускному колекторі), низький тиск у паливній рампі або забруднення датчика масової витрати повітря (MAF).
- P0420 (Catalyst System Efficiency Below Threshold): Низька ефективність каталізатора. Наслідок тривалого підвищеного угару моторної оливи або потрапляння антифризу в камеру згоряння.

6.2. Аналіз параметрів потоку даних

Для точного діагнозу недостатньо просто видалити помилки. Необхідно підключити сканер (наприклад, Toyota Techstream або інші) і проаналізувати ключові параметри роботи ДВЗ у реальному часі.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 — значення та аналіз параметрів роботи ДВЗ

Параметр	Нормальне значення	Ознака несправності та діагноз
Short Term Fuel Trim (STFT)	від -5% до +5%	Швидка корекція. Показники вище +10% вказують на миттєву компенсацію бідної суміші (підсос повітря).
Long Term Fuel Trim (LTFT)	від -3% до +3%	Довготривала корекція. Якщо LTFT > +15%, ЕБУ критично збагачує суміш. Говорить про хронічний брак палива (забиті форсунки, «вмираючий» бензонасос) або серйозний підсос.
Mass Air Flow (MAF)	1.5 - 2.0 г/с (на холостому ходу)	Датчик витрати повітря. Занижені показники ведуть до збіднення суміші. Якщо значення плавають при стабільних обертах — датчик забруднений.
Knock Feedback Value / Knock Correct Learn Value	Стабільні значення без різких стрибків	Показники датчиків детонації. Робота ДВЗ за циклом Аткинсона чутлива до якості палива. Різкі сплески детонації свідчать про перегрів циліндрів, великий шар нагару на поршнях або збіднення суміші.
Coolant Temperature	82°C - 95°C	Якщо температура нестабільна або швидко зростає до 100°C+, це підтверджує проблему з помпою, забитим радіатором або проривом газів із ГБЦ у сорочку охолодження.

6.3. Процедура механічної перевірки

Коли комп'ютер фіксує пропуски запалювання, а паливна система справна, причина криється у втраті герметичності камери згоряння.

1. Активація сервісного режиму (Maintenance Mode)

У звичайному стані гібрид глушить ДВЗ, як тільки батарея набирає мінімальний заряд. Провести класичні вимірювання чи прогрів неможливо. Для примусової безперервної роботи двигуна необхідно увімкнути Maintenance Mode.

Процедура виконується виключно на затиснутому стоянковому гальмі (ручнику) протягом 60 секунд до моменту запуску.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Алгоритм активації (без натискання педалі гальма):

1. Двічі натисніть кнопку «POWER» (увімкниться запалювання, панель приладів засвітиться, але машина не в режимі «READY»).
2. Повністю натисніть педаль газу 2 рази.
3. Переведіть селектор трансмісії в положення «N».
4. Знову повністю натисніть педаль газу 2 рази.
5. Переведіть селектор назад у положення Р «Паркінг».
6. Знову повністю натисніть педаль газу 2 рази.
7. Натисніть педаль гальма та натисніть кнопку «POWER».

Результат: На екрані бортового комп'ютера з'явиться індикація "Maintenance Mode" або блиматиме значок гібридної системи. ДВЗ запуститься і працюватиме постійно, що дозволить прогріти його перед тестами. Для виходу з режиму достатньо просто вимкнути автомобіль кнопкою «POWER».



Рисунок 6.2 — панель приладів із індикацією "Maintenance Mode"

2. Перевірка компресії

- Підготовка: Прогріти ДВЗ у сервісному режимі, вимкнути запалювання, демонтувати котушки та викрутити всі свічки запалювання. Обов'язково відключити запобіжник паливного насоса (EFI) та роз'єми форсунок.
- Особливість гібрида: Оскільки прокрутка ДВЗ здійснюється потужним мотор-генератором MG1, швидкість обертання колінчастого вала при тесті становить близько 1000 об/хв (на відміну від 250-300 об/хв у звичайних авто зі стартером).

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- Критерії: Нормальна компресія для двигуна 2ZR-FXE становить 1.1-1.3 МПа (11-13 бар). Критичним є не стільки загальне падіння, скільки різниця між циліндрами — вона не повинна перевищувати 0.1 МПа (1 бар). Низька компресія в двох сусідніх циліндрах однозначно вказує на прогар прокладки ГБЦ.

3. Тест на витоки

Компресометр показує лише факт наявності проблеми, тоді як тестер витоків дозволяє локалізувати її, не розбираючи двигун. У циліндр, встановлений у ВМТ (верхню мертву точку) на такті стиснення, через свічковий отвір подається стиснене повітря під тиском 4-6 бар.

Діагностика за місцем виходу повітря:

- Шипіння у впускному колекторі: Негерметичність впускних клапанів (нагар, деформація).
- Шипіння з вихлопної труби: Прогар або нещільне прилягання випускних клапанів.
- Бульбашки або підняття рівня антифризу в розширювальному бачку: Класичний прогар прокладки ГБЦ або тріщина в сорочці охолодження блоку циліндрів.
- Інтенсивне шипіння з оливозаливної горловини (картера): Знос або залягання поршневих кілець, знос стінок циліндра.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

7 Комплексний процес ремонту бензинового двигуна гібридної силової установки

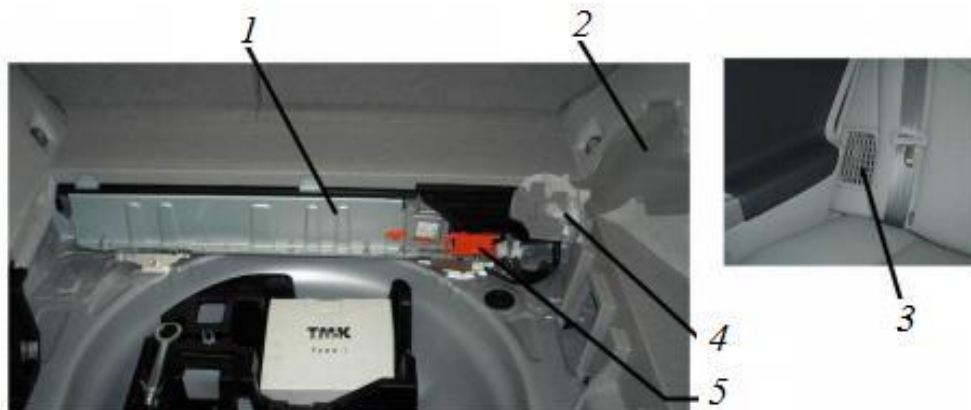
Ремонт двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) у складі гібридної силової установки (ГСУ) має суттєві відмінності від класичних автомобілів. Головна особливість полягає в інтеграції ДВЗ з високовольтною системою та трансмісією (гібридною трансмісією типу тандему мотор-генераторів, як у системі. Нижче наведено технологічну карту та послідовність виконання робіт.

7.1 Техніка безпеки та процедура знеструмлення високовольтної системи

Виконання будь-яких демонтажних або ремонтних робіт на автомобілі з ГСУ вимагає суворого дотримання правил електробезпеки. Напруга високовольтної системи може досягати 200 – 650 В, що є смертельно небезпечним для людини.

Покроковий алгоритм знеструмлення:

1. Вимкнення запалювання: Перевести автомобіль у режим OFF. Витягти ключ-транспондер із салону автомобіля, щоб запобігти випадковому дистанційному чи автоматичному запуску ДВЗ. Від'єднати мінусову клему допоміжної АКБ (12 В).
2. Демонтаж сервісної розмикальної вилки: Одягнувши діелектричні рукавички (захист до 1000 В), зняти захисну кришку та витягти сервісну розмикальну вилку 5 (див. рисунок 7.1) з корпусу ВВБ. Це фізично розриває високовольтний ланцюг навпіл.



1 – високовольтна батарея; 2 – впускний повітропровід охолодження високовольтної батареї; 3 – забірник повітря; 4 – вентилятор охолодження високовольтної батареї; 5 – сервісна вилка

Рисунок 7.1 – схема розміщення ВВБ із розмикальною вилкою у багажному просторі

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

3. Витримка часу (Технологічна пауза): Зачекати щонайменше 10 хвилин. [11] Цей час необхідний для того, щоб розрядні резистори всередині інвертора повністю розрядили високовольтні конденсатори великої ємності.
4. Перевірка відсутності напруги: Зняти кришку інвертора. Використовуючи вольтметр (клас захисту не нижче CAT III, виставлений на вимірювання постійної напруги DC), перевірити відсутність напруги на силових клеммах, що йдуть від ВВБ до інвертора. Напруга повинна дорівнювати 0 В.

Важливо: До повного завершення перевірки вольтметром усі помаранчеві високовольтні кабелі та підключені до них вузли вважаються такими, що знаходяться під напругою.

7.2 Демонтаж ДВЗ з автомобіля без зняття гібридної трансмісії

Зважаючи на компоновання моторного відсіку гібридних автомобілів (на прикладі Toyota Prius), найефективнішим методом є демонтаж ДВЗ разом із гібридною трансмісією у зборі через низ. Проте, технологічно доцільним для нашого виробництва та менш трудомістким є демонтаж ДВЗ окремо — шляхом його підняття вгору, залишаючи гібридну трансмісію на автомобілі. Це дозволяє уникнути розбирання передньої підвіски та зливання оливи з трансмісії.

Основні етапи відокремлення та демонтажу ДВЗ:

- Зливання рідин та декомпресія: Злити моторну оливу та охолоджувальну рідину з контуру ДВЗ. Демонтувати корпус повітряного фільтра та впускний колектор.
- Від'єднання периферії: Відключити джгути електропроводки системи керування двигуном (ЕБУ), паливну магістраль, шланги радіатора та обігрівача салону. Відкрутити приймальну трубу глушника від випускного колектора.
- Підготовка трансмісії: Надійно зафіксувати гібридну трансмісію знизу за допомогою регульованого гідравлічного упору, оскільки після зняття двигуна вона втратить одну з точок опори.
- Роз'єднання ДВЗ та коробки передач: Зняти захисну кришку та викрутити болти по периметру стикувального картера, які з'єднують блок циліндрів із корпусом гібридної трансмісії.
- Евакуація двигуна: Закріпити стропи за монтажні вушка на ДВЗ та підвісити його до гака електричного тельфера. Злегка натягнути трос, викрутити болти правої опори двигуна, акуратно посунути ДВЗ убік для

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виходу первинного вала з демпфером та підняти його вгору з моторного відсіку для встановлення на стенд для розбирання.

7.3 Розбирання, дефектування та аналіз зносу

Після демонтажу двигун фіксується на поворотному стенді для повного розбирання та дефектування. Окрім класичного для гібридів злягання оливознімальних кілець через постійні цикли «Старт-Стоп», у досліджуваному випадку зафіксовано аварійний характер пошкоджень.

Аналіз причин та наслідків несправності двигуна 2ZR-FXE

Причиною виходу ДВЗ з ладу став пробій прокладки ГБЦ (див. рисунок 7.2), що призвів до потрапляння охолоджувальної рідини (антифризу) у порожнину 1-го та 2-го циліндрів. Через тривалий простій автомобіля в неробочому стані, охолоджуюча рідина спровокувала інтенсивну корозію.



Рисунок 7.2 — місце пробою прокладки ГБЦ на двигуні

Наслідки тривалого впливу антифризу:

1. Корозійне блокування поршневих кілець: Компресійні та оливознімальні кільця поршнів 1-го та 2-го циліндрів повністю кородували до стінок циліндрів, заклинивши колінчастий вал.
2. Утворення вирв: На дзеркалі циліндрів №1 та №2 утворилися глибокі корозійні пошкодження (див. рисунок 7.3). Глибина цих дефектів перевищує максимальний ремонтний розмір (+0.5 мм), що виключає можливість стандартного розточування.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 7.3 — корозійні пошкодження на дзеркалі 1 та 2 циліндрів

3. Стан алюмінієвих поршнів: Після делікатного демонтажу та хімічного очищення оригінальні алюмінієві поршні були виміряні мікрометром. Геометрія спідниць, знос канавок та цілісність перегородок знаходяться в межах заводських допусків номіналу. Поршні визнані придатними до подальшої експлуатації.



Рисунок 7.4 — неочищені поршні із шатунами двигуна після демонтування: зліва поршень 4-го циліндра; справа — поршень 1-го циліндра

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 7.1 — карта дефектування та контрольно-вимірювальні операції:

Об'єкт контролю	Що вимірюється	Інструмент	Результат огляду / Замір	Технологічне рішення
Дзеркало циліндрів №1 та №2	Глибина корозійних раковин	Нутромір індикаторний, візуальний ендоскоп	Виявлено глибокі раковини (понад 0.6–0.8 мм), сліди корозії	Неможливо розточити в ремонтний розмір. Прийнято рішення про відновлення блоку циліндрів під номінальний розмір поршнів (80.5 мм).
Поршні	Діаметр спідниці, знос канавок під кільця	Мікрометр, набір щупів	Розміри відповідають номіналу (80.5 мм), механічних пошкоджень та деформацій немає.	Придатні до встановлення. Провести повну очистку від нагару.
Поршневі кільця	Пружність, тепловий зазор, ступінь корозії	Візуальний огляд, набір щупів	Повне руйнування та втрата рухливості через корозію внаслідок дії антифризу.	Обов'язкова заміна на новий комплект номінального розміру (80.5 мм) на всіх циліндрах.
Колінчастий вал	Овальність, конусність, діаметр корінних та шатунних шийок, биття	Мікрометр, індикатор годинникового типу на стійці	Геометрія всіх шийок знаходиться в межах заводського допуску. Биття вала становить 0.01 мм норма до 0.03 мм).	Вал у межах норми, придатний до експлуатації. Шліфування не потрібне. Встановлюються нові вкладиші стандартного (номінального) розміру
Площина ГБЦ	Відхилення від площинності	Контрольна лінійка, щупи	Відхилення від площини становить 0.07 мм (допуск до 0.05 мм).	Шліфування площини ГБЦ на плоскошліфувальному верстаті.

7.4 Технологічний процес відновлення блоку циліндрів

Алюмінієвий блок циліндрів двигуна 2ZR-FXE має тонкі заводські чавунні гільзи. За наявності глибоких слідів від їх корозії єдиним методом відновлення геометрії є запресовування нових гільз під рідний номінальний розмір поршнів (80.5 мм).

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Технологічна послідовність відновлення блока циліндрів

1. **Розточування під нові гільзи:** Блок встановлюється на розточувальний верстат, де пошкоджені циліндри розточуються на збільшений діаметр для створення посадкового місця (постілі) під ремонтні товстостінні чавунні гільзи. На дні циліндра залишають тонкий упорний буртик.



Рисунок 7.5 — упорний буртик після розточування циліндра

2. **Виготовлення гільз:** Використовуються заготовки з дрібнозернистого сірого чавуну. Зовнішній діаметр гільзи виточується з урахуванням необхідного натягу (0.03–0.05 мм) відносно розточеного циліндра в алюмінієвому блоці.
3. **Метод термічної запресування гільз:** Блок циліндрів рівномірно нагрівають у печі до температури +120–150°C (для розширення алюмінію), а нові чавунні гільзи охолоджують у рідкому азоті до температури -196°C (для їх стискання). Завдяки термічній різниці гільза вільно, без зусилля та деформацій, опускається в посадкове місце блоку до упору в буртик. При вирівнюванні температур утворюється надміцне з'єднання.
4. **Фінішна обробка:** Після запресування верхню площину блоку фрезерують, потім шліфують щоб утворилася гладенька площина. Далі гільзи розточують у розмір, близький до номіналу, і проводять хонінгування — нанесення сітки хонінгувальної сітки для досягнення фінального номінального діаметра 80.5 мм та забезпечення утримання оливи на стінках циліндра.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 7.6 — відновлений блок циліндрів

7.5 Процес збирання двигуна та перший пуск

Збирання двигуна виконується на кантувачі у зворотному порядку з обов'язковим контролем зазорів у підшипниках ковзання (вкладишах) за допомогою пластикового калібру.

Підготовка та очищення рідних поршнів:

1. **Декарбонізація:** Алюмінієві поршні номіналом 80.5 мм проходять повну очистку від коксу та нагару в ультразвуковій ванні зі спеціальними хімічними розчинами.
2. **Калібрування канавок:** За допомогою спеціального скребка делікатно видаляються залишки корозії та нагару з канавок.
3. **Очищення масляних каналів:** Обов'язково прочищаються та продуваються стисненим повітрям дрібні отвори в канавці оливознімне поршневе кільце, які відповідають за відведення оливи всередину поршня (їх засмічення є головною причиною підвищеної витрати моторної оливи на двигунах Prius 30).

Регламент складання колінчастого вала та шатунної групи:

Усі вкладки підшипників замінюються на нові стандартного розміру. Перед фінальним затягуванням поверхні вкладок змащуються складальною оливою. Затягування різьбових з'єднань елементів кривошипно-шатунного механізму (КШМ) проводиться суворо за регламентом виробника за допомогою динамометричного ключа:

- Кришки корінних підшипників (болти кришок корінних підшипників колінчастого вала): Затягування виконується у 2 етапи. Спочатку рівномірно від центру до периферії з моментом 22 Нм, після чого здійснюється фінальне довертання кожного болта на кут 90°.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Болти кришок шатунів: Затягування шатунних підшипників проводиться у 2 етапи. Перший крок — рівномірне затягування моментом 20 Нм, другий крок — фінальне довертання болтів на кут 90°.

Монтаж поршневих кілець та встановлення поршнів:

- На очищені поршні встановлюється новий комплект поршневих кілець номінального розміру 80.5 мм.
- Перед встановленням кожне нове кільце окремо опускається в гільзу для перевірки теплового зазору в замку за допомогою щупа (норма: 0.2 – 0.35 мм).
- При монтажі кілець на поршень їхні замки розводяться в різні боки за схемою (під кутом 120° або 180° відносно один одного), щоб уникнути «прориву» газів.
- За допомогою спеціальної обтискної оправки поршні у зборі з шатунами акуратно встановлюються в гільзи блоку циліндрів і з'єднуються з колінчастим валом з дотриманням зазначених вище моментів затяжки шатунних болтів.

Регламент затягування болтів ГБЦ:

Прокладка ГБЦ встановлюється виключно на сухі та знежирені поверхні. Затягування нових болтів проводиться від центра до країв за схемою у три етапи за допомогою динамометричного ключа та кутового індикатора:

1. **1-й етап:** Попереднє рівномірне затягування з моментом **49 Нм**.
2. **2-й етап:** довертання кожного болта за допомогою кутового індикатора на кут **90°**.
3. **3-й етап:** Дотягування всіх болтів ще на кут **90°**.

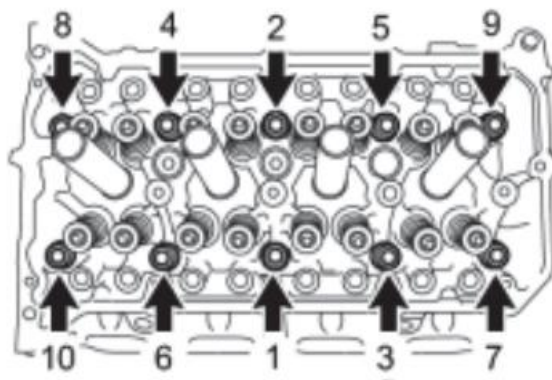


Рисунок 7.7 — послідовність затягування болтів ГБЦ ДВЗ автомобіля Toyota Prius PVW30

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес встановлення ланцюгового приводу ГРМ

Після монтажу розподільчих валів у ліжка ГБЦ виконується встановлення елементів газорозподільного механізму. Оскільки двигун працює за економним циклом «Аткінсона», точне виставлення фаз ГРМ має першочергове значення.

1. Суміщення міток колінчастого вала: Установити поршень 1-го циліндра в положення верхньої мертвої точки (ВМТ). При цьому шпонка колінчастого вала та синхронізаційна мітка на зірочці повинні збігатися з установчим покажчиком на блоці циліндрів.
2. Позиціонування розподільчих валів: Виставити мітки на зірочках впускного (з муфтою системи VVT-i) та випускного розподільчих валів так, щоб вони були спрямовані один до одного і знаходилися на одній лінії з верхньою площиною ГБЦ.
3. Монтаж ланцюга: Надіти ланцюг ГРМ на зірочки. При цьому спеціально пофарбовані (жовті або темні) ланки ланцюга повинні чітко суміститися з вибитими мітками (точками/рисками) на зірочках колінчастого вала та обох розподільчих валів.
4. Встановлення натягувачів ланцюга: Змонтувати заспокоювач ланцюга та башмак натягувача. Встановити новий гідравлічний натягувач ланцюга та витягнути з нього фіксаторний шплінт, щоб привести плунжер у робоче положення під дією пружини.
5. Контрольна перевірка: Прокрутити колінчастий вал вручну на 2 повні оберти за годинниковою стрілкою. Перевірити, чи знову збіглися всі юстирувальні мітки на зірочках та блоці (це гарантує відсутність помилок у фазах та виключає зустріч клапанів із поршнем). Після цього встановлюється передня кришка двигуна з нанесенням анаеробного герметика.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Монтаж на автомобіль та перший пуск

Зібраний ДВЗ за допомогою крана опускається в моторний відсік, де центрується відносно первинного вала гібридної трансмісії, яка залишалася на машині. Болти дзвона кріплення ДВЗ до трансмісії затягуються регламентним моментом. Після підключення всіх блоків керування, проводки та заправки технічними рідинами (олива, антифриз) виконується підключення сервісної чеки ВВБ та АКБ 12 В.

Особливість першого пуску ГСУ: Оскільки звичайним ключем запалювання гібридний двигун прокрутити для перевірки неможливо (комп'ютер одразу намагається запустити його через мотор-генератор на високих обертах), перший пуск після ремонту здійснюється виключно через діагностичний сканер шляхом активації сервісного режиму (Maintenance Mode). Це фіксує роботу ДВЗ на постійних обертах холостого ходу без автоматичних вимкнень електронікою, що необхідно для контролю тиску оливи, вигнання повітряних пробок з системи охолодження та візуальної перевірки на відсутність протікань.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

8. Гібридна установка силового агрегату: аналіз взаємодії та розрахунок компонентів

Сучасна гібридна силова установка (на прикладі концепції синергетичного приводу) базується на принципі електромеханічного розподілу потужності. Це дозволяє позбутися класичної коробки передач і забезпечити роботу двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) в зоні максимального ефективного ККД.

8.1. Технічний розбір планетарного механізму

Планетарний редуктор виконує роль безступінчастої трансмісії (e-CVT) і забезпечує кінематичний зв'язок між трьома головними компоненти системи (див. рисунок 8.1):

- Сонячна шестерня : жорстко з'єднана з ротором першого мотор-генератора (МГ1).
- Водило планетарної передачі: з'єднане з колінчастим валом ДВЗ.
- Коронна шестерня: жорстко зв'язана з другим мотор-генератором (МГ2) та вихідним валом трансмісії (головною передачею).

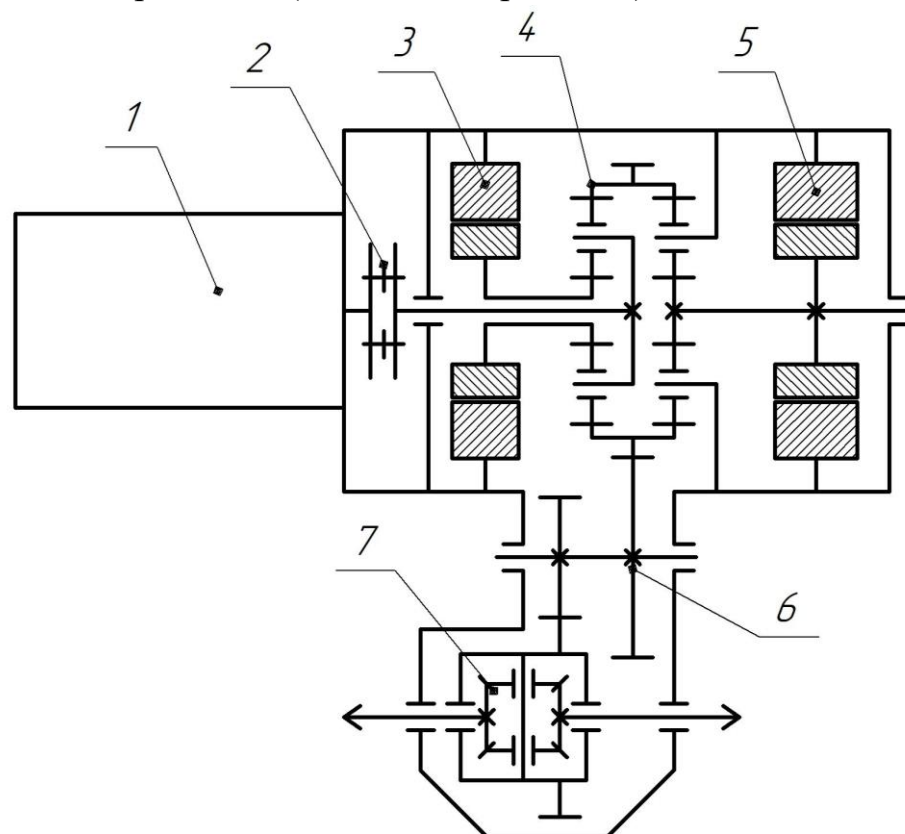


Рисунок 8.1— кінематична схема гібридної трансмісії автомобіля Toyota Prius PVW30

1— бензиновий ДВЗ; 2— демпфер крутильних коливань; 3— мотор-генератор №1 (МГ1); 4— планетарна передача; 5— мотор-генератор №2 (МГ2); 6— головна передача; 7— диференціал;



(а)

(б)

Рисунок 8.2— елементи гібридної трансмісії:

а) зовнішній вигляд МГ1 та МГ2 у зборі із планетарним механізмом;

б) планетарний механізм.

Кінематика та розподіл моментів

Фундаментальне рівняння кінематичного зв'язку для планетарного механізму описується формулою Вілліса:

$$(1 + k) \cdot \omega_c = \omega_r + k \cdot \omega_s \quad (8.1)$$

де:

- $\omega_c, \omega_r, \omega_s$ — кутові швидкості водила (ДВЗ), коронної шестерні (МГ2/колеса) та сонячної шестерні (МГ1) відповідно.
- $k = \frac{z_s}{z_r}$ — внутрішнє передавальне відношення (планетарне число), де z_s — кількість зубів сонячної шестерні, а z_r — коронної. Типове значення для легкових гібридів: $k \approx 0.35 \dots 0.42$.

Оскільки механізм має два ступені вільності, розподіл крутих моментів визначається статичною рівновагою сил у зачепленні і залишається постійним (визначається геометричними параметрами k):

$$M_s = \frac{k}{1+k} \cdot M_c = \frac{(0.35 \dots 0.42)}{1+(0.35 \dots 0.42)} \cdot M_c = (0.26 \dots 0.30)M_c \quad (8.2)$$

$$M_r = \frac{1}{1+k} \cdot M_c = \frac{1}{1+(0.35 \dots 0.42)} \cdot M_c = (0.70 \dots 0.74)M_c \quad (8.3)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це означає, що близько 70-74% моменту ДВЗ завжди напряму передається на колеса (M_r), а решта 26-30% (M_s) спрямовується на МГ1 для генерації електроенергії.

8.2. Режими роботи та взаємодія компонентів

8.2.1. Рушання з місця та рух на малих швидкостях (EV-режим)

- Стан ДВЗ: Вимкнений ($M_c = 0$, $\omega_c = 0$).
- Взаємодія: Тягу забезпечує виключно МГ2, споживаючи енергію з високовольтною батареї (ВВБ).
- Кінематика: Оскільки колеса обертаються вперед ($\omega_r > 0$), а водило нерухоме, сонячна шестерня разом із МГ1 змушена обертатися у зворотному напрямку:

$$\omega_s = -\frac{\omega_r}{k} \quad (8.4)$$

МГ1 при цьому обертається вхолосту, чинячи мінімальний опір.

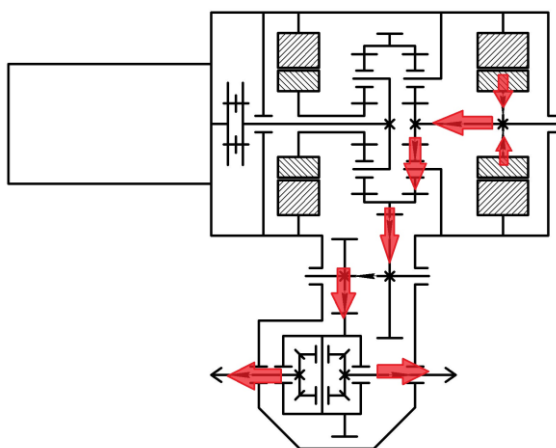


Рисунок 8.3— схема напрямку потужності при роботі тільки МГ2

8.2.2. Інтенсивний розгін (Суміщений режим)

- Стан ДВЗ: Працює на високій потужності.
- Взаємодія: Момент на колесах формується сумою механічного моменту ДВЗ та електричного моменту МГ2.
- Кінематика і потоки енергії: Частина механічної енергії ДВЗ через сонячну шестерню крутить МГ1. МГ1 працює в режимі генератора, створюючи опорний момент M_s , і виробляє струм. Цей струм через інвертор миттєво направляється на МГ2, який додає свій крутний момент M_{mg2} на коронну шестерню.

- Результуючий момент на виході трансмісії:

$$M_{out} = M_r + M_{mg2} = \frac{1}{1+k} M_c + M_{mg2} \quad (8.5)$$

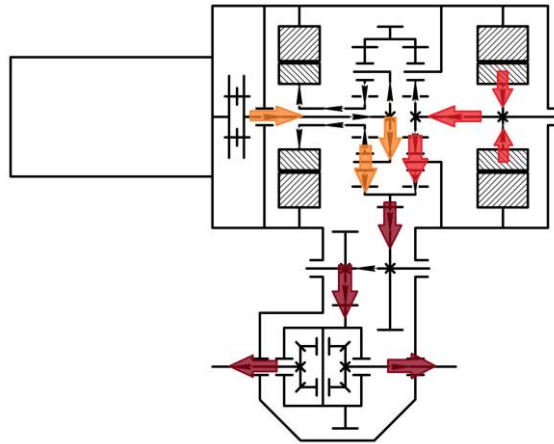


Рисунок 8.4— схема напрямку потужності при роботі ДВЗ та МГ2

8.2.3. Рекуперативне гальмування

- Стан ДВЗ: Вимкнений або відсічений від подачі палива ($M_c = 0$).
- Взаємодія: Кінетична енергія автомобіля обертає колеса та, відповідно, коронну шестерню.
- Робота компонентів: МГ2 переходить у режим генератора, створюючи гальмівний момент на колесах і трансформуючи кінетичну енергію в електричний струм, який через інвертор заряджає ВВБ. МГ1 обертається вхолосту.

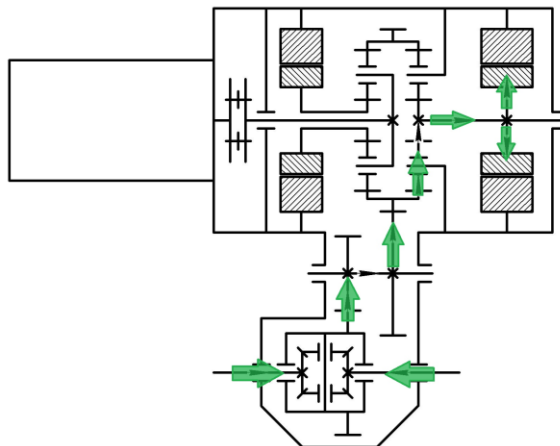


Рисунок 8.5— схема напрямку потужності при рекуперативному гальмуванні МГ2

8.3. Конструктивні особливості інвертора

Інвертор є інтелектуальним «серцем» гібридної силової установки. Він здійснює двонапрямову трансформацію постійного струму (DC) від ВВБ у трифазний змінний струм (AC) для МГ1 та МГ2, а також реалізує функції підвищувального конвертера для підняття магістральної напруги.



Рисунок 8.6— розташування інвертора в підкапотному просторі автомобіля Toyota Prius PVW30

Робота IGBT-транзисторів та керування

- Силова частина: Використовуються силові модулі на базі IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) або сучасніші карбід-кремнієві (SiC) MOSFET. Для кожного мотор-генератора змонтовано трифазну мостову схему з 6 транзисторів (3 фази, верхнє та нижнє плече).
- Алгоритм керування: Перетворення відбувається за допомогою просторово-векторної широтно-імпульсної модуляції (SVPWM). Частота комутації IGBT зазвичай становить 5–10 кГц. Висока частота дозволяє точно формувати синусоїду струму, мінімізуючи вихрові струми (струми Фуко) у статорах двигунів та знижуючи акустичний шум.

Система охолодження інвертора

Через значні струми (до 200–400 А) в моменти розгону автомобіля, кристали IGBT виділяють велику кількість тепла.

- Конструкція: Транзистори монтуються на мідну або алюмінієву основу, яка безпосередньо контактує з рідинним охолоджувачем через термопасту високої провідності або за допомогою технології прямого рідинного охолодження кристалів.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Контур:** Інвертор має окремий (незалежний від ДВЗ) низькотемпературний контур охолодження зі своїм електричним насосом (помпою) та радіатором. Робоча температура теплоносія в контурі інвертора підтримується в межах 50–65 °С (тоді як у ДВЗ вона становить 85–95 °С). Перевищення температури підкладки IGBT понад 120–135 °С призводить до теплового пробою напівпровідника, тому система автоматично обмежує струм у разі перегріву.

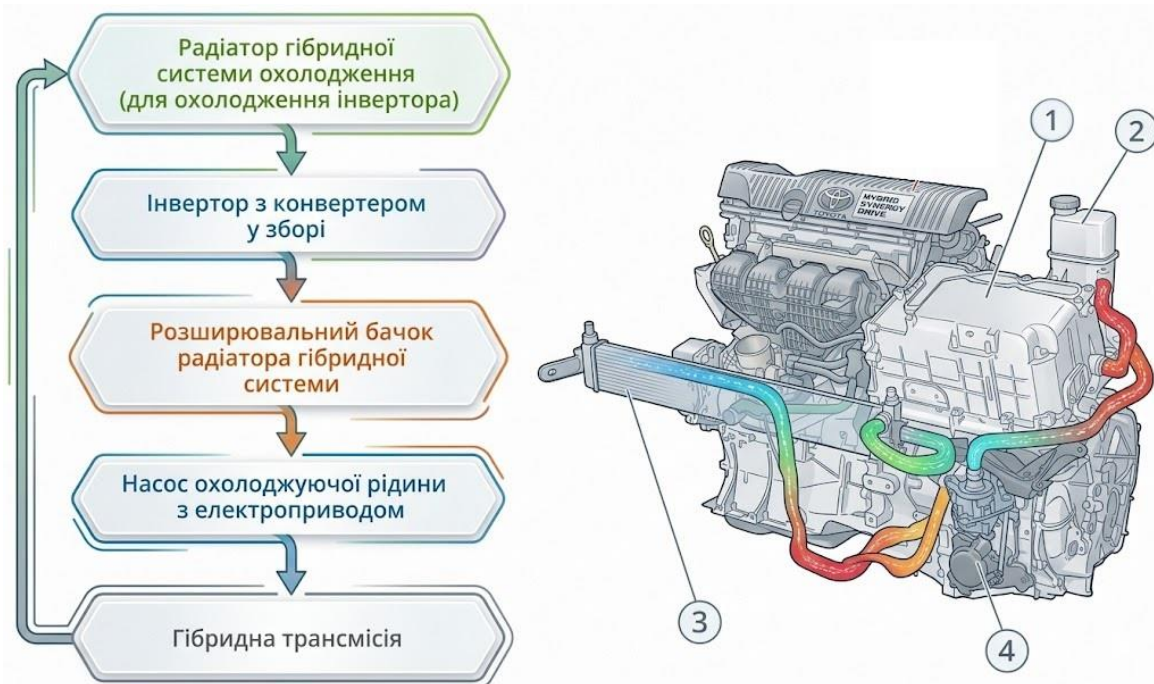


Рисунок 8.7— схема системи охолодження інвертора

1 – інвертор з конвертером в зборі; 2 – розширювальний бачок гібридної системи охолодження; 3 – радіатор охолодження гібридної системи;
4 – електричний насос

8.4. Інженерно-розрахункова частина

Оскільки контури охолодження ДВЗ та інвертора є роздільними, доцільно виконати тепловий розрахунок низькотемпературного контуру охолодження інвертора в режимі максимального тривалого навантаження.

Вихідні дані для розрахунку:

- Максимальна електрична потужність інвертора: $P_{el} = 80$ кВт;
- Середній ККД інвертора (разом із Boost-конвертером):
 $\eta_{inv} = 96.5\% = 0.965$.
- Теплоносії: 50% водний розчин етиленгліколю (антифриз).

- Питома теплоємність теплоносія: $c_p = 3400 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;
- Густина теплоносія: $\rho = 1060 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- Максимально допустима температура теплоносія на вході в інвертор:
 $T_{in} = 60 ^\circ\text{C}$.
- Допустимий нагрів рідини в блоці інвертора: $\Delta T = 5 ^\circ\text{C}$.

Розрахунок теплових втрат та витрати теплоносія

1. Визначення витрат потужності інвертора ($Q_{\text{ТВ}}$), яка виділяється у вигляді тепла на IGBT-модулях:

$$Q_{\text{ТВ}} = P_{\text{ел}} \cdot (1 - \eta_{\text{inv}}) \quad (8.6)$$

$$Q_{\text{ТВ}} = 80000 \cdot (1 - 0,965) = 2800 \text{ Вт} = 2,8 \text{ кВт}.$$

2. Визначення необхідної масової витрати теплоносія (G_m) через контур для відведення цього тепла: Рівняння теплового балансу:

$$Q_{\text{ТВ}} = G_m \cdot c_p \cdot \Delta T; \quad (8.7)$$

Звідси шукаємо G_m :

$$G_m = \frac{Q_{\text{ТВ}}}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{2800}{3400 \cdot 5} = 0,1647 \text{ кг}/\text{с}. \quad (8.8)$$

3. Визначення необхідної об'ємної витрати рідини (V) для підбору електричної помпи:

$$V = \frac{G_m}{\rho} = \frac{0,1647}{1060} = 1,554 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (8.9)$$

Переведемо в літри за хвилину (л/хв), що є стандартною характеристикою для автомобільних помп:

$$V_{\text{min}} = 1,554 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 60 = 9,32 \text{ л}/\text{хв}. \quad (8.10)$$

Інженерний висновок: Для забезпечення стабільного теплового режиму інвертора за максимального навантаження, електрична помпа низькотемпературного контуру повинна забезпечувати продуктивність не менше 9,32 л/хв з урахуванням гідравлічного опору сорочки охолодження інвертора та сполучних патрубків (на практиці обирається помпа з запасом на 20-30%, тобто близько 12 л/хв).

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Економічна частина. Обґрунтування економічної ефективності реорганізації Виробничо-технічної бази.

Сучасна реорганізація Навчально-наукової виробничої автомобільної лабораторії (ННВАЛ) ІФНТУНГ спрямована на досягнення максимального синергетичного ефекту: з одного боку, впроваджується вискооефективний агрегатно-дільничний метод обслуговування власного приведеного парку (13 автомобілів), з іншого — залучаються вільні площі та 3 технологічні пости для надання платних послуг з технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) сторонньому комерційному автотранспорту (замовникам) за принципом класичного СТО.

9.1. Економічна доцільність капітального ремонту ДВЗ Toyota Prius

9.1.1. Розрахунок матеріальних витрат на відновлення ДВЗ Toyota Prius ZVW30

Для реалізації розробленого технологічного процесу дефектоскопії та ремонту двигуна 2ZR-FXE автомобіля Toyota Prius проведено калькуляцію витрат на запасні частини, комплектуючі та технічні рідини. Розрахунок виконується на основі відомостей дефектування та діючих ринкових цін.

До витрат на деталі поршневої групи та блока циліндрів увійшли: гільзи циліндрів (заготовки) у кількості 4 шт. , комплект поршневих кілець , шатунні та корінні вкладиші стандартного розміру, а також упорні напівкільця колінчастого вала. Загальна вартість цієї групи деталей становить 14 050,00 грн.

Таблиця 9.1 — вартість деталей поршневої групи та блоку циліндрів

№	Найменування запчастини	К-сть	Орієнтовна ціна за од. (грн)	Загальна вартість (грн)	Примітка / Бренд
1.1	Гільзи циліндрів (заготовки)	4 шт.	2000	8000	Goetze / Darton / Спецзамовлення
1.2	Поршневі кільця (комплект на 4 циліндри)	1 компл.	2 800	2 800	TPR / Riken / Mahle
1.3	Вкладиші шатунні (STD)	1 компл.	1 200	1 200	Taiho / King
1.4	Вкладиші корінні (STD)	1 компл.	1 600	1 600	Taiho / King
1.5	Упорні напівкільця колінчастого вала	1 компл.	450	450	Taiho
Разом:				14050 UAH	

Для забезпечення герметичності стиків при складанні двигуна передбачено повний комплект прокладок та ущільнювачів, що включає багатошарову металеву прокладку ГБЦ, ущільнювачі клапанної кришки та свічкових колодязів, задню оливознімну манжету колінчастого вала, оливознімні манжети клапанів, прокладки впускного і випускного колекторів, а також кільця паливних форсунок. Сума витрат за цим напрямком становить 7 170,00 грн.

Таблиця 9.2 — вартість комплекту прокладок та ущільнювачів (ГБЦ та блок)

№	Найменування запчастини	К-сть	Орієнтовна ціна за од. (грн)	Загальна вартість (грн)	Примітка / Бренд
2.1	Прокладка головки блоку циліндрів (ГБЦ)	1 шт.	2 100	2 100	Toyota OEM / Victor Reinz (металопакет)
2.2	Прокладка клапанної кришки	1 шт.	650	650	Stone / ERISTIC
2.3	Манжета колінчастого вала задня	1 шт.	850	850	Toyota OEM / NOK
2.4	Оливознімний манжети клапанів	16 шт.	70	1 120	NOK / Elring
2.5	Кільця свічкових колодязів	4 шт.	150	600	Зазвичай ідуть в комплекті або окремо
2.6	Прокладка впускного колектора	1 шт.	450	450	Toyota OEM
2.7	Прокладка випускного колектора	1 шт.	600	600	Elring / Reinz
2.8	Ущільнювальні кільця форсунок (комплект)	1 компл.	400	400	Toyota OEM
Разом:				7170 грн	

До комплекту газорозподільного механізму та елементів кріплення віднесено: ланцюг приводу ГРМ, гідравлічний натягувач із натяжною планкою, заспокоювач ланцюга, а також комплект посиленних болтів головки блоку циліндрів. Вартість комплекту становить 7 000,00 грн.

Таблиця 9.3 — вартість комплекту газорозподільного механізму (ГРМ)

№	Найменування запчастини	К-сть	Орієнтовна ціна за од. (грн)	Загальна вартість (грн)	Примітка / Бренд
3.1	Ланцюг приводу ГРМ (основний)	1 шт.	2 400	2 400	Toyota OEM / DID
3.2	Гідронатягувач ланцюга	1 шт.	1 350	1 350	Toyota OEM
3.3	Планка натягувача («башмак»)	1 шт.	800	800	Toyota OEM
3.4	Заспокоювач ланцюга	1 шт.	650	650	Toyota OEM
3.5	Комплект болтів ГБЦ (поширені)	1 компл.	1 800	1 800	Payen / BGA (10 шт.)
Разом:				7000 грн	

Розрахунок витрат на експлуатаційні матеріали та технічні рідини включає: моторну оливу в'язкості 0W-20/5W-30 , оливний фільтр , готовий антифриз типу SLLC, спеціалізований анаеробний герметик для стикувальних поверхонь плити та піддона ДВС, а також технологічні мийні засоби. Сумарні витрати на рідини становлять 5 420,00 UAH.

Таблиця 9.4 — вартість витратних матеріалів та технічних рідин

№	Найменування	К-сть	Орієнтовна ціна за од. (UAH)	Загальна вартість (UAH)	Примітка / Бренд
4.1	Моторна олива (0W-20 / 5W-30)	5 л	450 (за 1л)	2 250	Toyota OEM / Idemitsu
4.2	Фільтр оливи	1 шт.	300	300	Mahle / Toyota
4.3	Антифриз (SLLC - Pink)	6 л	250 (за 1л)	1 500	Toyota SLLC (готовий)
4.4	Анаеробний герметик для плити ДВЗ та піддона	1 шт.	650	650	Victor Reinz Reinzosil / Toyota Black
4.5	Очисник дросельної заслінки та елементів впуску)	4 шт.	180	720	MANNOL / Piton
Разом:				5 420 UAH	

Таким чином, загальні матеріальні витрати (B_m) визначаються за формулою:

$$B_m = B_{зп} + B_{пр} + B_{грм} + B_{тр} \quad (9.1)$$

$B_{зп}$ — вартість деталей поршневої групи (14050 грн);

$B_{пр}$ — вартість комплектів прокладок (7170 грн);

$B_{грм}$ — вартість компонентів ГРМ (7000 грн);

$B_{тр}$ — вартість технічних рідин та матеріалів (5420 грн);

$$B_m = 14050 + 7170 + 7000 + 5420 = 33640 \text{ грн.}$$

9.1.2. Розрахунок витрат на оплату праці виробничих робітників за один капітальний ремонт ДВЗ

Оскільки технологічний процес відновлення ДВС передбачає виконання розбирально-складальних та дефектувальних робіт безпосередньо на базі проекрованої ділянки підприємства, розрахунок заробітної плати виконавця робіт (слюсаря-моториста) здійснюється за погодинною тарифною системою оплати праці.

Виходячи з умов організації праці, тривалість робочої зміни становить 8 годин. Загальна нормована трудомісткість комплексу робіт із ремонту двигуна 2ZR-FXE (включаючи дефектування, миття, притирання, збирання та регулювання) становить 24 людино-години.

Основна заробітна плата робітника ($З_{осн}$) розраховується за формулою:

$$З_{осн} = T_p \times З_{год} \quad (9.2)$$

Де:

T_p — загальна трудомісткість відновлювальних робіт, $T_p = 24$ люд-год;

$З_{год}$ — одинна тарифна ставка слюсаря-моториста відповідного розряду:

$$З_{год} = 450 \text{ грн/год.}$$

$$З_{осн} = 24 \times 450 = 10800 \text{ грн.}$$

9.1.3. Витрати на послуги сторонніх спеціалізованих підприємств

Технологічні операції з відновлення геометрії блоку циліндрів (механічна обробка, реставрація циліндрів методом запресування нових гільз та фінішне хонінгування дзеркала циліндрів) потребують використання прецизійного верстатного обладнання, тому виконуються на умовах кооперації на сторонньому спеціалізованому сервісі.

Розрахунок вартості коопераційних послуг виконано на основі діючого прейскуранту цін (із перерахунком операцій на всі 4 циліндри блока). Вартість заготовок гільз виключена з даного пункту, оскільки врахована у складі матеріальних витрат.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.5 — вартість на послуги сторонніх підприємств з відновленням блоку циліндрів.

№	Найменування послуги	Кількість	Ціна	Сума
1	Мийка БЦ	4	100	400
2	Замір БЦ	4	400	400
3	Гільзовка	4	1 200,00	4 800,00
4	Шліфування площини БЦ	4	300	1 200,00
-	Всього робіт на суму:			6 800,00

Загальна вартість сторонніх послуг механічної обробки ($V_{\text{ст}}$) становить:

$$V_{\text{ст}} = 400 + 400 + 4800 + 1200 = 6800 \text{ грн.}$$

9.1.4. Розрахунок повної собівартості та визначення економічної ефективності капітального ремонту ДВЗ

Повна собівартість технологічного процесу відновлення двигуна 2ZR-FXE на базі розроблених рішень складається з витрат на матеріали, оплати праці робітника та вартості послуг сторонніх організацій:

$$C_{\text{повн}} = V_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + V_{\text{ст}}. \quad (9.3)$$

$$C_{\text{повн}} = 33640 + 10800 + 6800 = 51240.$$

Для оцінки доцільності проектних рішень проведено порівняльний аналіз із варіантом повного виконання відновлювальних робіт на сторонній спеціалізованій станції технічного обслуговування (СТО), за умови, що вартість комплекту запасних частин та матеріалів є аналогічною

Загальна комерційна вартість ремонту на сторонньому СТО ($V_{\text{СТО}}$) формується з таких складових:

1. Вартість запасних частин та матеріалів: 33640 грн;
2. Роботи автосервісу зі зняття, дефектування, капітального ремонту та встановлення ДВС: 18000 грн (750 грн/год);

$$V_{\text{СТО}} = 33640 + 18000 + 6800 = 58440 \text{ грн.}$$

Величина повного абсолютного економічного ефекту ($E_{\text{повн}}$) за рахунок організації власного технологічного процесу визначається за формулою:

$$E_{\text{повн}} = V_{\text{СТО}} - C_{\text{повн}} \quad (9.4)$$

$$E_{\text{повн}} = V_{\text{СТО}} - C_{\text{повн}} = 58440 - 51240 = 7200 \text{ грн.}$$

Відносне зниження загальних витрат на капітальний ремонт двигуна становить:

$$\Delta B = \left(\frac{E_{\text{повн}}}{B_{\text{СТО}}} \right) \times 100\% = \left(\frac{7200}{58440} \right) \times 100\% = 12,32\%. \quad (9.5)$$

Висновок: Порівняльний аналіз інтегральних витрат показує, що навіть за однакової вартості матеріальних ресурсів, організація ремонту на власній матеріально технічній (із залученням штатного працівника за тарифною ставкою 450 грн/год) забезпечує повний економічний ефект у розмірі 7200 грн на одному відновленому двигуні. Це дозволяє знизити загальну вартість технологічного процесу на 12,32%, що підтверджує фінансово-економічну доцільність створення власної виробничо технічної бази для капітального ремонту високотехнологічного двигуна Toyota Prius 2ZR-FXE.

Враховуючи розраховану у Розділі 2 виробничу програму для приведеного парку із 13 автомобілів, річна кількість капітальних ремонтів двигунів становить $N_{\text{кр}} = 2$ ремонти. Річний внутрішній ефект:

$$E_{\text{кр_вн}} = 7200 \times 2 = 14400 \text{ грн/рік}. \quad (9.6)$$

9.2. Загальний економічний ефект від обслуговування власного автопарку

1) Визначаю річні витрати на оплату праці найманих ремонтних робітників які обслуговуватимуть автопарк ННВАЛ:

$$З_{\text{слюсарів}} = T_{\text{ТО,ПР}} \cdot З_{\text{год}} = 3115,2 \cdot 300 = 934560 \text{ грн/рік} \quad (9.7)$$

де:

$T_{\text{ТО,ПР}}$ — річна трудомісткість робіт для обслуговування власного автопарку;

$З_{\text{год}} = 300 \text{ грн/год}$ — годинна оплата праці ремонтного робітника;

2) Теоретичні річні витрати на обслуговування власного автопарку на сторонніх СТО:

$$З_{\text{СТО}} = T_{\text{ТО,ПР}} \cdot З_{\text{год_сто}} = 3115,2 \cdot 650 = 2024880 \text{ грн/рік} \quad (9.8)$$

де:

$З_{\text{год_сто}} = 650 \text{ грн/год}$ — вартість люд-год на сторонньому СТО;

3) Річний економічний ефект від самообслуговування власного автопарку:

$$E_{\text{ТО,ПР_вн}} = З_{\text{СТО}} - З_{\text{слюсарів}} = 2024880 - 934560 = 1090320 \text{ грн} \quad (9.9)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

9.3. Організація комерційної діяльності на 3-х вільних постах ТО та ПР

Реорганізація ВТБ передбачає, що 3 пости, які раніше були незадіяні через падіння чисельності внутрішнього парку, переводяться на режим комерційного обслуговування сторонніх автомобілів.

9.3.1. Розрахунок завантаження та необхідного персоналу

Режим роботи постів комерційного сектора: 305 робочих днів на рік, 1 зміна, тривалість зміни — 8 годин. Річний фонд часу одного поста становить:

$$\Phi_{\text{п}} = D_{\text{р}} \cdot t_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{п}}. \quad (9.10)$$

де: $\eta_{\text{п}} = 0,85$ — коефіцієнт використання робочого часу поста з урахуванням нерівномірності заїздів.

$$\Phi_{\text{п}} = 305 \cdot 8 \cdot 0,85 = 2440 \cdot 0,85 = 2074 \text{ год/рік.}$$

Для 3-х постів сумарна пропускна здатність (прийнята річна трудомісткість робіт за замовленнями) складає:

$$T_{\text{ком}} = N_i \cdot \Phi_{\text{п}} = 3 \cdot 2074 = 6222 \text{ (люд-год/рік)} \quad (9.11)$$

Визначення необхідної чисельності додаткового персоналу. Річний фонд часу одного явочного робітника становить $\Phi_{\text{я}} = 2070 \text{ год}$;

Кількість явочних робітників (універсальних слюсарів з ТО та ПР):

$$R_{\text{я}} = \frac{T_{\text{ком}}}{\Phi_{\text{я}}} = \frac{6222}{2070} = 3 \text{ чол.} \quad (9.12)$$

Враховуючи встановлений коефіцієнт штатності 0,9, загальна кількість додаткового штатного персоналу комерційного блоку становить:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_{\text{я}}}{K_{\text{ш}}} = \frac{3}{0,9} = 3,33. \quad (9.13)$$

Приймаємо 3 штатних слюсаря і 1 майстер-приймальник (0,5 ставки).

9.3.2. Розрахунок витрат на оплату праці та операційних витрат комерційного СТО

1) Витрати на заробітну платню автослюсарів: середня годинна тарифна ставка комерційного слюсаря становить 300 грн/год.

$$З_{\text{слюсарів}} = T_{\text{ком}} \cdot З_{\text{год}} = 6222 \cdot 300 = 1866600 \text{ грн/рік.} \quad (9.14)$$

2) Витрати на заробітну платню майстра-приймальника (0,5 ставки 25000 грн):

$$З_{\text{м-п}} = 25000 \cdot 12 = 300000 \text{ грн/рік.} \quad (9.15)$$

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Нарахування на заробітну плату (ЄСВ 22%):

$$П_{\text{ЄСВ}} = (З_{\text{слюсарів}} + З_{\text{м-п}}) \cdot 0,22 = 476652 \text{ грн/рік.} \quad (9.16)$$

4) Комунальні витрати, енергоносії та цехові витрати: $V_{\text{кв}} = 120000$ грн/рік.

5) Загальні річні витрати на утримання комерційного блоку постів:

$$V_{\text{заг}} = З_{\text{слюсарів}} + З_{\text{м-п}} + П_{\text{ЄСВ}} + V_{\text{кв}}. \quad (9.17)$$

$$V_{\text{заг}} = 1866600 + 300000 + 476652 + 120000 = 2763252 \text{ грн.}$$

9.3.3 Розрахунок річного доходу та чистого комерційного прибутку

Середня ринкова вартість однієї нормо-години робіт з ТО та ПР для клієнтів СТО складає $R_{\text{комер}} = 650$ грн/год .

Річна виручка (напряму від надання послуг за трудовитратами):

$$Д_{\text{послуг}} = T_{\text{ком}} \cdot R_{\text{комер}} = 6222 \cdot 650 = 4044300 \text{ грн/рік.} \quad (9.18)$$

Додатковий середній прибуток від торговельної націнки на запчастини та витратні матеріали, що реалізуються клієнтам (приблизно 15% від обсягу послуг): $Д_{\text{зап}} = 606645$ грн/рік.

Сумарний річний дохід комерційного сектора:

$$Д_{\text{заг}} = Д_{\text{послуг}} + Д_{\text{зап}} = 4044300 + 606645 = 4650945 \text{ (грн/рік).} \quad (9.19)$$

Річний чистий прибуток комерційного сектора СТО ($П_{\text{чист}}$) після сплати податку на прибуток (18%):

$$П_{\text{чист}} = (Д_{\text{заг}} - V_{\text{заг}}) \cdot (1 - 0,18). \quad (9.20)$$

$$П_{\text{чист}} = (4650945 - 2763252) \cdot (1 - 0,18) = 1547908 \text{ грн/рік.}$$

9.4. Розрахунок повного обсягу капітальних інвестицій у реорганізацію ВТБ

Згідно з розробленими технічними проектами діленьниць (Розділ 4), для повної реорганізації та перепрофілювання виробничих потужностей лабораторії було закуплено та змонтовано спеціалізоване обладнання на суму:

- агрегатно-моторної діленьниці: $K_{\text{агрег}} = 173200$ грн;
- електротехнічної діленьниці: $K_{\text{електр}} = 238700$ грн;
- Модернізація 3-х комерційних постів ТО/ПР: 2 шт. двостійкові електрогідравлічні підйомники Launch 4т (230 000 грн), універсальний діагностичний сканер Autel (68 000 грн), комплекти пневматичного інструменту (52 000 грн): $K_{\text{пости}} = 350000$ грн.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний обсяг капітальних інвестицій у повну реорганізацію виробничо-технічної бази лабораторії:

$$K_{\text{заг}} = K_{\text{агрег}} + K_{\text{електр}} + K_{\text{пости}} \quad (9.21)$$

$$K_{\text{заг}} = 173200 + 238700 + 350000 = 761900 \text{ грн.}$$

9.5. Розрахунок інтегрального терміну окупності проєкту реорганізації

Загальний річний фінансово-економічний ефект від модернізації ВТБ складається з заощадження коштів на власному парку та чистого прибутку від обслуговування сторонніх замовників:

Згідно з розрахунками попередніх підрозділів:

- Річний економічний ефект від капітального ремонту власних ДВЗ:
 $E_{\text{кр_вн}} = 14400 \text{ грн/рік};$
- Річний економічний ефект від обслуговування власного автопарку:
 $E_{\text{ТО,ПР_вн}} = 1090320 \text{ грн/рік};$
- Річний чистий прибуток комерційного сектора СТО після сплати податку на прибуток (18%): $P_{\text{чист}} = 1547908 \text{ грн/рік}.$

Сумарний річний інтегральний економічний ефект $E_{\text{рік_заг}}$ становить:

$$E_{\text{рік_заг}} = E_{\text{кр_вн}} + E_{\text{ТО,ПР_вн}} + P_{\text{чист}} \quad (9.22)$$

$$E_{\text{рік_заг}} = 14400 + 1090320 + 1547908 = 2652628 \text{ (грн/рік)}.$$

Розрахунковий термін окупності всього інженерно-комерційного проєкту реорганізації виробничої бази ($T_{\text{ок}}$) визначається як відношення загального обсягу капітальних інвестицій до сумарного річного ефекту:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{E_{\text{рік_заг}}} = \frac{761900}{2652628} = 0,287 \text{ року.} \quad (9.23)$$

Переведемо отримане значення у місяці експлуатації:

$$T_{\text{ок_міс}} = 0,287 \cdot 12 = 3,4 \text{ місяці.} \quad (9.24)$$

Надзвичайно короткий термін окупності капітальних вкладень (близько 3,5 місяців) свідчить про феноменальну економічну ефективність проєкту. Впровадження передових методів ТО та ремонту на власній базі дозволяє повністю ліквідувати значні невиробничі витрати на обслуговування університетського автопарку у сторонніх організаціях, що разом зі стабільним потоком чистого прибутку від комерційних постів гарантує миттєве повернення інвестицій.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.6. Основні техніко-економічні показники проєкту реорганізації ВТБ

Для узагальнення результатів проведеного інженерно-економічного дослідження та наочного представлення ефективності запропонованих рішень розроблено зведену таблицю комплексних техніко-економічних показників (ТЕП) реорганізації ННВАЛ ІФНТУНГ.

Таблиця 9.6 — Комплексні техніко-економічні показники проєкту

№	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення показника
1	Чисельність внутрішнього закріпленого парку (Toyota Prius)	шт.	13
2	Кількість реорганізованих під комерційну діяльність постів	шт.	3
3	Прийнятий метод організації виробництва на дільницях	—	Агрегатно-дільничний
4	Чисельність додатково залученого комерційного персоналу	чол.	3,5
5	Прийнятий коефіцієнт штатності робітників	—	0,9
6	Розрахункова собівартість відновлення одного власного ДВЗ	грн.	51 240
7	Річний економічний ефект від капітального ремонту власних ДВЗ	грн.	14 400
8	Річний економічний ефект від обслуговування власного автопарку	грн.	1 090 320
9	Річний обсяг виконуваних комерційних робіт на 3-х постах	люд.-год.	6 222
10	Загальний річний дохід від діяльності комерційного сектора СТО	грн.	4 650 945
11	Річні операційні витрати комерційного сектора	грн.	2 763 252
12	Чистий річний прибуток комерційного сектора (після податків)	грн.	1 547 908
13	Капітальні інвестиції в агрегатно-моторну дільницю	грн.	173 200
14	Капітальні інвестиції в електротехнічну дільницю	грн.	238 700
15	Капітальні інвестиції в модернізацію постів під СТО	грн.	350 000
16	Загальний сумарний обсяг капітальних інвестицій в ВТБ	грн.	761 900
17	Загальний річний інтегральний економічний ефект	грн/рік	2 652 628
18	Розрахунковий термін окупності всього проєкту	роки (міс.)	0,29 (~3,4 міс.)

Проведені детальні техніко-економічні розрахунки повністю підтверджують високу інженерну доцільність, абсолютну фінансову спроможність та інвестиційну привабливість розробленого дипломного проєкту з реорганізації виробничо-технічної бази ННВАЛ ІФНТУНГ.

Впровадження прогресивного агрегатно-дільничного методу організації праці та закупівля сучасного діагностичного й відновлювального інструментарію дозволили радикально оптимізувати витрати лабораторії за двома внутрішніми напрямками. По-перше, знижено витрати на складні відновлювальні ремонти ДВЗ 2ZR-FXE на 12,32% порівняно з ринковими цінами (річний ефект 14 400 грн). По-друге, переведення регулярного технічного обслуговування та поточного ремонту (ТО і ПР) автомобілів університетського автопарку на власну модернізовану базу забезпечило колосальний внутрішній економічний ефект у розмірі 1 090 320 грн на рік за рахунок відмови від дорогих послуг сторонніх СТО.

Паралельно з цим, головною причиною комерційного успіху підрозділу є раціональне використання 3-х вільних технологічних постів під надання платних сервісних послуг стороннім замовникам. Організація роботи комерційної сервісної зони з річним обсягом завантаження в 6222 люд.-год. забезпечує отримання стабільного чистого прибутку в розмірі 1 547 908 грн на рік (після вирахування всіх операційних витрат, заробітної плати додаткового персоналу та сплати податків).

Сумарні капітальні інвестиції, необхідні для повного технічного переоснащення агрегатно-моторної, електротехнічної дільниць та комерційних постів, становлять 761 900 грн. Завдяки загальному ефекту від масштабного скорочення внутрішніх витрат та високої рентабельності обслуговування сторонніх клієнтів, вкладені кошти повністю окупляться всього за 0,29 року (орієнтовно за 3,4 місяці) з моменту впровадження проєкту. Отримані результати є видатними для галузі автомобільного транспорту, що повністю доводить економічну доцільність та високу ефективність ухвалених рішень.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Висновок

У бакалаврській роботі здійснено реконструкцію виробничо-технічної бази навчально-науково-виробничої автотransпортної лабораторії (ННВАЛ) Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. У ході виконання проєкту детально проаналізовано будову, принцип роботи та основні несправності автомобілів із гібридною силовою установкою. На основі проведеного аналізу розроблено та впроваджені ефективні технології відновлення і діагностики двигунів автомобілів Toyota Prius ZVW30, що забезпечує підвищення продуктивності праці виробничих робітників та зростання економічної рентабельності підприємства.

Удосконалення технологічного процесу обслуговування гібридних автомобілів досягнуто завдяки впровадженню сучасних алгоритмів комп'ютерної та інструментальної діагностики. Це дозволяє оперативно виявляти специфічні несправності двигуна внутрішнього згоряння без його повного розбирання. Особливу увагу приділено організації робіт в агрегатно-моторній та електротехнічній дільницях, що суттєво підвищило ефективність обслуговування і ремонту вузлів, агрегатів та елементів гібридної силової установки. Загальна площа цих модернізованих дільниць за розрахунком становить 85 м². Також у роботі детально розроблено технологічні карти із дефектування деталей кривошипно-шатунного механізму та деталей циліндро-поршневої групи.

Обґрунтованість та доцільність прийнятих інженерних рішень підтверджено техніко-економічними розрахунками. Організація власного відновлення сучасних двигунів дозволила знизити вартість ремонту ДВЗ 2ZR-FXE на 12,32%. Сумарні капітальні інвестиції на технічне переоснащення лабораторії становлять 761 900 грн. Модернізована структура підприємства передбачає функціонування п'яти постів, з яких 2 пости виділено для обслуговування власного автопарку, а 3 вільні пости — для надання комерційних послуг стороннім замовникам. Завдяки завантаженню цих трьох комерційних постів та економії на внутрішньому обслуговуванні власної техніки, термін окупності вкладеного капіталу становить 3,4 місяця.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список

1. Prius 3rd Generation: UK Launch Pack [Electronic resource] / Toyota Motor Europe. — 2009. — 40 p. — URL: <https://media.toyota.co.uk/wp-content/uploads/sites/5/pdf/Prius-gen3-UK-launch-pack-2009.pdf> (дата звернення: 21.05.2026).
2. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : затверджено наказом Міністерства транспорту України від 30 березня 1998 р. № 102 // Офіційний вісник України. — 1998. — № 17. — С. 130.
3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту» за напрямком «Проектування автотранспортних підприємств» для студентів всіх форм навчання спеціальності 7(8).07010601 – «Автомобілі та автомобільне господарство» / уклад. В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов, С. О. Романюк. Вінниця : ВНТУ, 2013. 119 с.
4. Захара І. Я. Технічна експлуатація автомобілів : методичні вказівки з курсового проектування. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 69 с.
5. Планування та забудова територій : ДБН Б.2.2-12:2019. – [Чинний від 2019-10-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. – 184 с.
6. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення : ДБН В.2.2-28:2010. – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 37 с.
7. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. – [Чинний від 2017-06-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 43 с.
8. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів : ДБН В.2.3-15:2007. – [Чинний від 2007-08-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. – 54 с.
9. Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів : підручник / В. Ф. Кисликов, В. В. Луцик. – 6-те вид. – Київ : Либідь, 2006. – 400 с.
10. Криштопа С. І. Основи комп'ютерної діагностики автомобілів : конспект лекцій / С. І. Криштопа. – Івано-Франківськ : Факел, 2015. – 60 с.
11. Toyota Prius. Repair Manual (ZVW30 series). – Toyota Motor Corporation, 2009. – 3140 p.
12. Toyota 2ZR-FXE Engine Repair Manual. – Toyota Motor Corporation, 2010. – 450 p.
13. Мельник В. М. Електромобілі : конспект лекцій для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / В. М. Мельник ; рец. І. Я. Захара. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2023. – 164 с.
14. Криштопа С. І. Комп'ютерні системи автомобілів : навчальний посібник / С. І. Криштопа, Л. І. Криштопа. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. – 288 с.

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Мельник В. М. Автомобільні двигуни : методичні вказівки для вивчення дисципліни та виконання практичних робіт / В. М. Мельник, В. С. Скрипник. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2024. – 49 с.

16. Курсове проектування деталей машин : навчальний посібник / Б. Д. Малько, В. М. Сенчішак, Б. І. Смага та ін. – Івано-Франківськ : Факел, 2003. – 438 с.

17. Умовні позначення на кінематичних схемах деталей і механізмів верстатів : навч. матеріал. – Профосвіта, 2025. – 20 с. – URL:
https://profosvita.online/assets/courseware/v1/8a7a722fe52ee59cf566edbb18de5097/asset-v1:Profosvita+CS-S012-SGM+2025+type@asset+block/%D0%A3%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96_%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%85_%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B8_%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%BC%D1%96%D0%B2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%96%D0%B2.pdf (дата звернення: 05.06.2026).

					БР.АТ-60.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88