

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр» місто Вінниця удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи ІАТ-24м спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

Васю Калапніков В.О.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ
Кукурудзяк Ю.Ю.
« 30 » « 11 » 2025 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ГМ
Шейфельд В.Й.
« 05 » « 12 » 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

Цимбал С.В.
к.т.н., доц.

« 5 » « 12 » 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 Транспорт
Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«25» 09 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Калашнікову Владиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр» місто Вінниця удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна

керівник роботи Кукурудзяк Юрій Юрійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.

2. Строк подання студентом роботи: 30.11.2025 р.

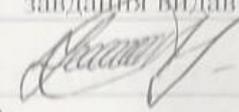
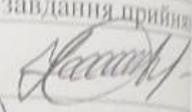
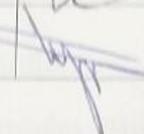
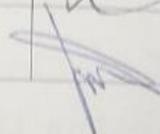
3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до параметрів функціонування виробничих підрозділів автотранспортного підприємства (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови); законодавство України в галузі автомобільно-транспортного, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; об'єкт дослідження – процес організації робіт діагностування мехатронних систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування. Похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%

4. Зміст текстової частини:

- 1 Науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностичних робіт
- 2 Визначення параметрів функціонування зони діагностики
- 3 Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування з удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна.
- 4 Визначення ефективності запропонованих рішень.

- 5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
 - 4 Ринок сервісних послуг СТО.
 - 5 Схема технологічного процесу ТО і НР автомобіля на СТО
 - 6-7 Технологічний розрахунок СТО
 - 8 Системи автомобільного двигуна.
 - 9-10 Способи діагностування
 - 11-17 Математична модель діагностування
 - 18 Блок-схема автоматизованого пошуку несправностей окремої системи автомобіля.
 - 19 Висновки роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кукурудзяк Ю.Ю., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренніков Ю.Ю., професор кафедри АТМ		

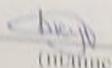
7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025	виз
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025	виз
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025	виз
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025	виз
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025	виз
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025	виз
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025	виз
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025	виз
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025	виз
10	Захист МКР	10.12.2025-12.12.2025	

Здобувач

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Калашніков В.О.

Кукурудзяк Ю.Ю.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Калашніков В.О. Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр» місто Вінниця удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2025. 88 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 17; табл. 8.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр» місто Вінниця удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна. В роботі розглянуті такі основні питання: 1 Науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностичних робіт. 2 Визначення параметрів функціонування зони діагностики. 3 Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування з удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна. 4 Визначення ефективності запропонованих рішень.

Графічна частина складається з 19 слайдів.

Ключові слова: автомобільний двигун, діагностування, діагностична модель, осцилограма, спектр сигналу.

ABSTRACT

UDC 629.113

Kalashnikov V.O. Increasing the efficiency of diagnostic work at the car service station of the limited liability company "German-Center" Vinnytsia by improving the technology of diagnosing an automobile engine. Master's qualification work in the specialty 274 Motor transport, educational program - Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2025. 88 p.

In Ukrainian. Bibliography: 26 titles; fig.: 17; table. 8.

The master's qualification work deals with the issue of increasing the efficiency of diagnostic work at the car service station of the limited liability company "German-Center" Vinnytsia by improving the technology of diagnosing an automobile engine. The work considers the following main issues: 1 Scientific and technical justification for increasing the efficiency of diagnostic work. 2 Determination of the parameters of the functioning of the diagnostic zone. 3 Increasing the efficiency of diagnostic work at a service station with the improvement of the technology of diagnosing an automobile engine. 4 Determining the effectiveness of proposed solutions.

The graphic part consists of 19 slides.

Keywords: automobile engine, diagnostics, diagnostic model, oscillogram, signal spectrum.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1	6
НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ	6
1.1 Аналіз функціонування станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр»	6
1.2 Дослідження ринку послуг СТО «Джерман-Центр»	9
1.3 Аналіз стану виробничо-технічної бази станції технічного обслуговування «Джерман-Центр»	17
1.4 Основні висновки і задачі проектування	22
РОЗДІЛ 2	23
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗОНИ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ	23
2.1 Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту	23
2.2 Розрахунок чисельності робітників	27
2.3 Розрахунок кількості постів ТО і ПР	28
2.4 Розподіл робіт ТО і ПР за видами та місцем виконання	29
2.5 Вибір виробничого підрозділу та загальна організація виробничого процесу	30
РОЗДІЛ 3	34
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ НА СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА	34
3.1 Отримання діагностичної інформації	34
3.2 Математична модель діагностування систем автомобільного двигуна	40
3.3 Розробка алгоритмів діагностування систем автомобільного двигуна	46
РОЗДІЛ 4	51
ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	51

4.1 Розрахунок інвестиційних вкладень	51
4.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань	55
4.3 Розрахунок економічної ефективності.....	59
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
Додаток А – Ілюстративна частина МКР	64
Додаток Б – Результати перевірки МКР на плагіат	83
Додаток В – Результати технологічного розрахунку СТО	84



ВСТУП

Актуальність теми.

Сучасний автомобіль є складним технічним комплексом, у якому інтегровано значну кількість електронних, інформаційних та мехатронних систем. Зростання рівня електронізації транспортних засобів, використання мікропроцесорних модулів керування, високочутливих датчиків та швидкодійних виконавчих механізмів приводить до суттєвого ускладнення процесів технічного обслуговування. Це зумовлює необхідність переходу від традиційних методів діагностики до сучасних високоточних технологій, здатних у режимі реального часу аналізувати параметри роботи двигуна та пов'язаних з ним систем.

Особливої актуальності такі підходи набувають у діяльності станцій технічного обслуговування, що працюють у сегменті автомобілів середнього та преміум-класу. Для ТОВ «Джерман-Центр» м. Вінниця, яке спеціалізується на сервісному обслуговуванні автомобілів групи Volkswagen, Audi, Skoda та Seat, важливим є забезпечення високої якості діагностичних робіт та своєчасного виявлення несправностей, пов'язаних із роботою систем керування двигуном. Саме ці системи, що поєднують електронні блоки керування, мережі сенсорів і виконавчі модулі, належать до мехатронних і визначають ефективність, економічність та екологічність роботи автомобіля.

Розвиток конструкції автомобільних двигунів внутрішнього згоряння, зміни екологічних норм та перехід виробників до використання адаптивних стратегій керування потребують застосування діагностичного обладнання нового покоління. Традиційні методи перевірки, що ґрунтуються на візуальному огляді та зчитуванні кодів несправностей, уже не забезпечують необхідного рівня точності. В цих умовах підвищення ефективності діагностичних робіт на СТО можливе лише за рахунок удосконалення технології діагностування двигуна, зокрема шляхом використання цифрової обробки сигналів, аналізу осцилограм, спектральних характеристик та інтелектуальних алгоритмів визначення несправностей.

Таким чином, тема магістерської роботи є актуальною, оскільки відповідає

сучасним потребам сервісного обслуговування, сприяє підвищенню якості ремонту і технічної надійності автомобілів, а також забезпечує конкурентні переваги автосервісного підприємства в умовах зростання технічної складності транспортних засобів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тематика дослідження узгоджується з науковими розробками кафедри автомобілів та транспортного менеджменту щодо удосконалення процесів технічного обслуговування, впровадження сучасних діагностичних технологій.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування ТОВ «Джерман-Центр» шляхом удосконалення технології діагностування автомобільного двигуна з використанням сучасних методів аналізу сигналів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Виконати науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностування систем автомобільного двигуна в умовах СТО.
2. Проаналізувати виробничу діяльність та організацію функціонування зони діагностики ТОВ «Джерман-Центр» і розробити рекомендації щодо її удосконалення.
3. Запропонувати науково обґрунтований підхід до діагностування автомобільних двигунів на основі використання інформативних параметрів та методів цифрової обробки сигналів.
4. Розробити діагностичну модель автоматизованого визначення технічного стану двигуна на основі аналізу спектральних характеристик сигналів.
5. Описати методіку практичної реалізації запропонованої технології діагностування в умовах станції технічного обслуговування.

Об'єкт дослідження – процес діагностування технічного стану автомобільного двигуна в умовах сервісного підприємства.

Предмет дослідження – методи, алгоритми та засоби діагностування автомобільного двигуна, а також організації діагностичних робіт на СТО.

Методи досліджень. У роботі використовуються методи математичного

моделювання, теорії цифрової обробки сигналів, спектрального аналізу, інструментального експерименту та порівняльного оцінювання ефективності різних діагностичних процедур.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Запропоновано науково обґрунтований підхід підвищення ефективності діагностичних робіт на СТО шляхом удосконалення технології діагностування двигуна з використанням спектрального та осцилографічного аналізу сигналів.

2. Подальшого розвитку набули методи діагностування систем автомобільного двигуна, що базуються на дослідженні інформаційних параметрів роботи систем автомобільного двигуна.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження дозволили сформулювати:

- алгоритм побудови діагностичної моделі для визначення несправностей автомобільного двигуна з використанням спектрального та осцилографічного аналізу сигналів;
- методику автоматизованого пошуку несправностей на основі спектрального аналізу сигналів;
- рекомендації щодо впровадження удосконаленого технологічного процесу діагностування в умовах ТОВ «Джерман-Центр».

Достовірність теоретичних положень. Отримані результати підтверджено відповідністю математичних моделей фактичним даним експериментальних досліджень, що засвідчує достовірність запропонованих підходів.

Апробація результатів роботи. Деякі положення та результати роботи доповідались та обговорювались на XVIII міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", – Вінниця: ВНТУ, 2025.

Публікації. За темою дослідження опубліковано одну наукову працю за участі автора [12].

РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ

1.1 Аналіз функціонування станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр»

Сучасні умови функціонування автомобільного ринку України характеризуються підвищеною конкуренцією між виробниками та дилерськими мережами, що зумовлює необхідність забезпечення високої якості сервісного обслуговування у всіх ланках післяпродажної підтримки клієнтів. У цьому контексті діяльність офіційних дилерів відіграє ключову роль у підтриманні стандартів виробника, формуванні лояльності споживачів та стабілізації грошових потоків у галузі. Одним із таких підприємств є ТОВ «Джерман-Центр», що здійснює діяльність у сфері продажу та сервісного обслуговування автомобілів у Вінницькому регіоні.

ТОВ «Джерман-Центр» є офіційним дилерським представництвом міжнародного автомобільного концерну зі штаб-квартирою у місті Детройт (США), який реалізує автомобільну продукцію у 192 країнах світу. Вінницьке підприємство функціонує як товариство з обмеженою відповідальністю та знаходиться за адресою: 21034, м. Вінниця, вул. Лебединського, 19. Основною спеціалізацією підприємства є реалізація та сервісне обслуговування автомобілів марок Volkswagen (табл. 1.1).

Діяльність ТОВ «Джерман-Центр» спрямована на забезпечення повного комплексу послуг: продаж нових автомобілів, підготовка транспортних засобів до експлуатації, гарантійне та післягарантійне обслуговування, поставка запасних частин, виконання діагностичних робіт, ремонт агрегатів та систем автомобіля. Кадровий склад підприємства має кваліфікованих фахівців, що забезпечує можливість виконання великого обсягу робіт та дотримання високих стандартів якості.

Таблиця 1.1 – Правові та організаційні характеристики підприємства

Показник	Значення
Найменування підприємства	ТОВ «Джерман-Центр»
Організаційно-правова форма	Товариство з обмеженою відповідальністю
Дата реєстрації	23.07.2002
ЄДРПОУ	32102131
Статутний капітал	20 500 000 грн
Засновники	Стужук А. О., Стужук А. Д.
Основний вид діяльності (КВЕД)	45.11 Торгівля автомобілями та легковими автотранспортними засобами
Інші види діяльності (КВЕД)	45.19 Торгівля іншими автотранспортними засобами; 45.20 Технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів; 45.32 Роздрібна торгівля деталями та приладдям

ТОВ «Джерман-Центр» використовує сучасні інформаційні системи дилерського управління, що забезпечують контроль за всіма бізнес-процесами: від первинного контакту з клієнтом до завершення ремонтно-діагностичних операцій. Значна увага приділяється підготовці персоналу, адже оперативна адаптація до змін у комплектації автомобілів та впровадження інноваційних технічних рішень виробника є необхідною умовою якісного сервісу.

Виробничі площі підприємства становлять близько 600 м² та включають зони приймання, слюсарного ремонту, діагностики, мийки, видачі автомобілів після обслуговування. Дилерський центр оснащений високотехнологічним обладнанням: стендами діагностики, комп'ютеризованими системами контролю електронних блоків, підйомниками, спеціалізованими інструментами, що дає можливість проводити складні ремонтні та діагностичні операції відповідно до вимог виробника.

Структура взаємодії учасників дилерської мережі зображена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Узагальнена схема функціонування дилерської мережі

Згідно з наведеною схемою, дилерський центр є проміжною ланкою між офіційним імпортером та кінцевим споживачем, забезпечуючи підтримку як у процесі продажу, так і під час експлуатації автомобіля. Така модель дає змогу стандартизувати процедури обслуговування, контролювати якість виконання робіт та формувати єдиний підхід до клієнтського сервісу.

Організаційна структура ТОВ «Джерман-Центр» представлена такими основними підрозділами:

- відділ продажу автомобілів;
- відділ запасних частин;
- сервісний відділ;
- станція технічного та сервісного обслуговування.

Функціонування цих підрозділів забезпечує повний цикл послуг, необхідних для підтримання автомобіля у технічно справному стані та гарантування виконання стандартів виробника. Координація між підрозділами здійснюється відповідно до внутрішніх регламентів дилерського центру.

Аналіз діяльності підприємства свідчить, що ефективність сервісного обслуговування значною мірою залежить від рівня організації роботи, сформованої корпоративної культури та відповідності технічної бази вимогам виробника. Умови високої конкуренції на ринку автомобільних послуг, зокрема серед дилерів одного бренду у межах регіону, потребують постійного вдосконалення процесів обслуговування та впровадження сучасних методів діагностики й ремонту.

Таким чином, система сервісного обслуговування ТОВ «Джерман-Центр» є комплексною та орієнтованою на забезпечення високих стандартів якості завдяки відповідній організаційній структурі, технічному оснащенню та кваліфікації персоналу. Це створює передумови для підвищення ефективності діагностичних робіт, що є предметом подальших досліджень у межах даної кваліфікаційної роботи.

1.2 Дослідження ринку послуг СТО «Джерман-Центр»

Ринок послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів в Україні формується під впливом значної кількості зовнішніх і внутрішніх чинників, серед яких визначальними є рівень автомобілізації населення, структура автомобільного парку, доступність нових транспортних засобів, динаміка доходів громадян, розвиток електронних та мехатронних систем автомобіля, а також загальні економічні та безпекові умови. У таких умовах спостерігається посилення конкуренції між підприємствами автосервісу різних форматів, що змушує їх удосконалювати технології обслуговування, розширювати спектр послуг та підвищувати якість сервісної взаємодії з клієнтами.

Клієнти сучасних автосервісів очікують отримання послуг комплексного характеру, які поєднують технічну компетентність, швидкість обслуговування, прозорість діагностичних процедур та прийнятний рівень вартості. Водночас вагомим значення набуває ціннісна складова послуги – довіра до сервісного підприємства, комфортність взаємодії, наявність сервісної історії, прогнозованість витрат на ремонт. Саме ці фактори формують лояльність автовласників і

визначають їх повторні звернення. Таблиця 1.2 відображає класифікацію підприємств автосервісу за організаційно-функціональними характеристиками, що дозволяє оцінити різницю між ними як за рівнем технічного оснащення, так і за підходами до надання послуг.

Таблиця 1.2 – Види та характеристики послуг автообслуговуючих підприємств

Види підприємств автосервісу	Характеристика послуг
Дилерські структури. Авторизовані центри	Здійснюють виробництво та продаж автомобілів, регламентовані технічні обслуговування, поточні та гарантійні ремонти, встановлення додаткового обладнання.
Автомобільні центри, що представляють дилерські мережі, але не виготовляють авто	Торгівля автомобілями, перед продажем та <u>післяпродажне</u> обслуговування, дообладнання системами за побажанням клієнта
Станції технічного обслуговування	Надаються всі види діагностичних, ремонтних та регулювальних робіт, мають повну виробничу структуру з цехами, дільницями, постами.
Майстерні спеціалізованого типу (підприємства малого бізнесу)	Здійснюються всі види робіт, що і на СТО, але в значно менших об'ємах

Подальший аналіз свідчить, що найбільш високі стандарти сервісу забезпечують авторизовані дилерські структури та автомобільні центри. Вони мають доступ до заводської технічної документації, сучасних діагностичних систем та кадрових ресурсів, що пройшли спеціалізовану підготовку. Саме це зумовлює високу якість сервісу, яка, проте, супроводжується відповідним рівнем ціни. Приватні СТО середнього рівня та спеціалізовані майстерні, навпаки, орієнтовані на ціновочутливу категорію клієнтів. Їх перевагою є нижча вартість послуг,

однак технічні можливості, рівень кваліфікації персоналу та якість процедур діагностики в окремих випадках залишаються недостатньо стабільними. Саме тому цінова доступність не завжди компенсує недоліки обслуговування.

Результати опитування респондентів, що аналізувалися у вихідних даних, дозволили ідентифікувати ключові чинники, які впливають на вибір автосервісу: ціна, якість виконаних робіт та рівень обслуговування. На основі цих індикаторів можна зробити висновок, що дилерські центри отримують найвищі оцінки саме за показниками якості та культури обслуговування, тоді як приватні майстерні переважають за критерієм вартості. Загальний розподіл оцінок наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 –Рівень обслуговування та якість наданих послуг

Після аналізу узагальнених результатів оцінювання рівня обслуговування (рисунок 1.2) можна зробити висновок, що ринок автосервісу демонструє суттєву диференціацію за якістю та доступністю послуг. Найвищі оцінки клієнти надають сервісним центрам, які забезпечують передбачуваність результату, наявність стандартизованих процедур діагностики, прозорість у формуванні вартості та

кваліфікований персонал. За даними опитування, понад 58 % респондентів відзначили, що вирішальним чинником вибору автосервісу є саме якість виконаних робіт, тоді як вартість послуг посіла друге місце — її назвали близько 47 % опитаних. Така структура відповідей свідчить про переорієнтацію споживачів на довгострокову надійність обслуговування, а не лише на економію коштів у короткостроковій перспективі.

Водночас аналіз звернень до автосервісів показує, що попри високий рівень довіри до дилерських центрів, вони не є домінуючими за кількістю фактичних відвідувань. За результатами статистичного спостереження, приблизно 62 % автовласників звертаються до приватних СТО та авторемонтних майстерень через нижчу вартість окремих видів робіт і високу доступність таких підприємств. Це особливо характерно для власників автомобілів старше 12–15 років, які часто обирають сервіс за мінімальною ціною, навіть якщо це означає відсутність гарантійного супроводу або використання несертифікованих запчастин.

Певним є також вплив віку автомобіля на поведінку споживача. Власники транспортних засобів до 7 років переважно орієнтуються на авторизовані СТО та спеціалізовані сервісні центри, оскільки зацікавлені у збереженні сервісної історії та отриманні гарантій на виконані роботи. Натомість власники автомобілів віком понад 10 років частіше переходять до бюджетного сегменту сервісних підприємств, мотивуючи таке рішення необхідністю скорочення експлуатаційних витрат. Приблизно 38 % таких респондентів зазначили, що звертаються до недилерських СТО через нижчу вартість, навіть якщо якість робіт є менш передбачуваною.

Слід враховувати також зміни в структурі автомобільного ринку. Середній вік легкових автомобілів в Україні у 2024 році перевищив 20 років, що є одним із найвищих показників у Європі. При цьому частка вживаних автомобілів серед усіх первинних реєстрацій становила близько 87 %, тобто більшість транспортних засобів потребують регулярного технічного супроводу та часткового відновлення. Разом із тим, спостерігається помітне збільшення кількості імпортованих авто віком 8–12 років, що мають складні електронні системи. Такі транспортні

засоби потребують спеціалізованої діагностики, що зазвичай є недоступною для малих ремонтних майстерень.

Західні регіони України, включно з Вінницькою областю, демонструють ще більш чітку тенденцію до зростання кількості імпортованих автомобілів. За даними галузевих оглядів, у 2023–2024 роках частка таких автомобілів у регіоні збільшилася з 52 % до 61 %. Одночасно зафіксовано зменшення купівлі нових автомобілів приблизно на 14 %, що пояснюється як високою вартістю нових автомобілів, так і обмеженою пропозицією з боку офіційних дилерів. У таких умовах саме сервісні підприємства стають ключовою ланкою забезпечення надійності транспортних засобів у процесі експлуатації.

Структура попиту на послуги СТО формується під впливом цих тенденцій. Зростання віку автомобілів збільшує потребу в ремонті ходової частини, гальмівних систем, двигунів та трансмісій. Разом із тим зростає кількість звернень щодо електронних блоків керування, датчиків, елементів систем турбонаддуву, паливної апаратури та системи рециркуляції відпрацьованих газів. Це зумовлює зміщення акцентів на ринку в бік підприємств, здатних забезпечити високоточну комп'ютерну діагностику та адаптацію електронних модулів.

Ураховуючи зазначене, СТО «Джерман-Центр» має значні перспективи для зміцнення своїх позицій на регіональному ринку автосервісу. Підприємство входить до сегмента сервісних центрів, що поєднують високий рівень технологічного оснащення, доступ до офіційних програмних ресурсів і можливість працювати з сучасними автомобілями концерну Volkswagen Group. У структурі звернень таких клієнтів особливо важливими є послуги, пов'язані з діагностикою електронних систем, налаштуванням програмного забезпечення та перевіркою працездатності складних мехатронних модулів. Це створює стійку конкурентну перевагу в порівнянні з приватними СТО, які не завжди мають доступ до відповідних технологій та даних.

Наведені особливості демонструють необхідність стратегічного переосмислення сервісної політики підприємства, орієнтованої на поєднання технологічних можливостей дилерського центру з адаптивною та економічно

обґрунтованою системою обслуговування. Різноманітність очікувань клієнтів потребує гнучкого підходу, який включає оптимізацію вартості типових сервісних операцій, розвиток спектра високотехнологічних діагностичних процедур та розширення взаємодії з власниками вживаних автомобілів.

Поглиблений аналіз ринку дає можливість визначити ключові сегменти споживачів, сформувані оптимальну структуру послуг та забезпечити стратегічну конкурентоспроможність СТО «Джерман-Центр» у поточних умовах. Саме на ці тенденції спирається подальша розробка методів удосконалення процесу діагностики та підвищення якості обслуговування клієнтів.

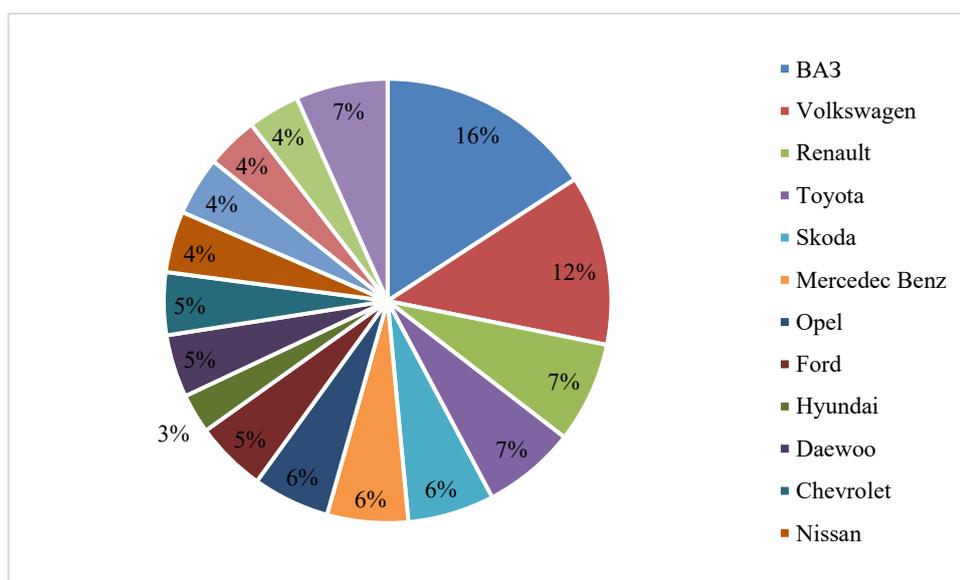


Рисунок 1.3 – Марки автомобілів вторинного ринку, що користуються найвищим попитом за кількістю реєстрацій

Окремого аналізу потребує сегмент електромобілів, який демонструє зростання попиту навіть за умов нестабільної ситуації з енергопостачанням. Частка ввезених електромобілів продовжує збільшуватися, переважно у сегменті доступних моделей, що потребують спеціалізованого сервісу та діагностики систем високої напруги. Це створює додаткові виклики для автосервісних підприємств, які повинні забезпечувати відповідний рівень кваліфікації персоналу.

У таблиці 1.3 наведено узагальнені результати статистичного спостереження щодо вподобань клієнтів залежно від типу автосервісу. Дані свідчать, що найбільшу прихильність демонструють клієнти, які лише нещодавно придбали автомобіль або планують його придбати. Власники ж автомобілів, що перебували в експлуатації тривалий час, частіше обирають підприємства з нижчим рівнем цін, навіть за умови зниження комфортності та гарантійного супроводу

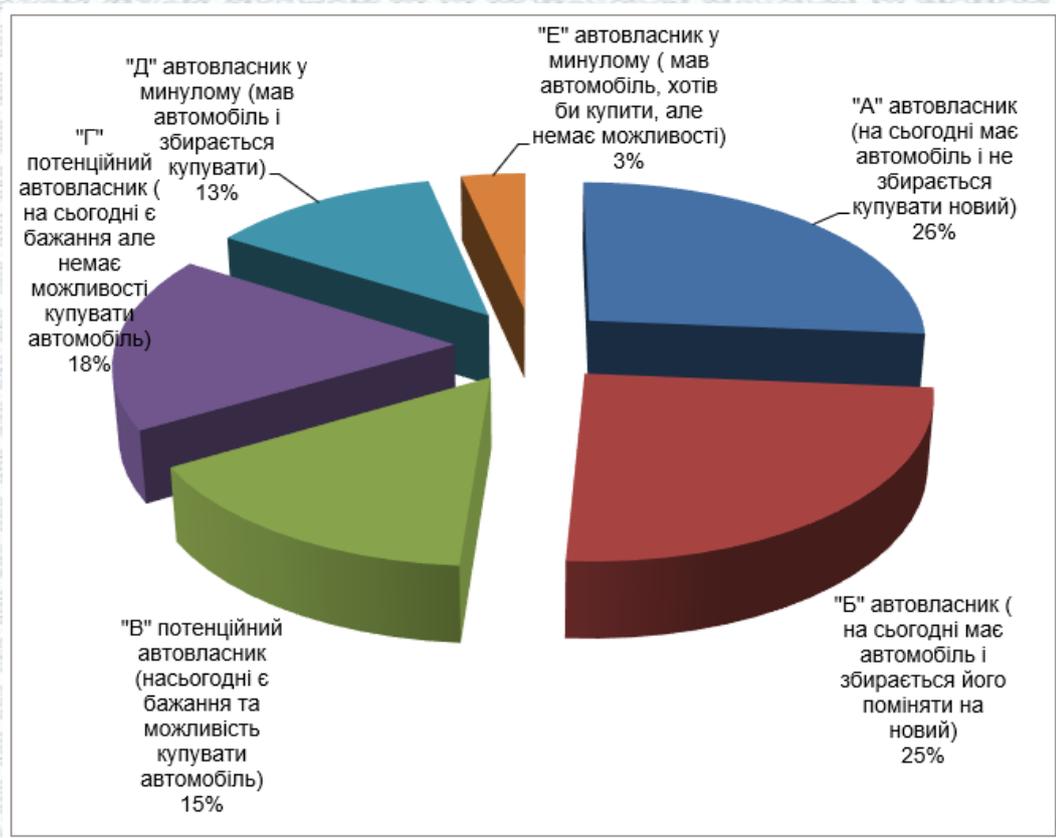


Рисунок 1.4 – Структура власників автомобілів за категоріями

У контексті діяльності СТО «Джерман-Центр» важливо зазначити, що підприємство перебуває у конкурентному полі між двома групами споживачів: клієнтами, що цінують високий рівень обслуговування та розширений спектр послуг, і клієнтами, які віддають перевагу нижчій вартості навіть за умови часткового зниження якості сервісу. Це підтверджується аналізом структури клієнтських інтересів, візуалізованим на рисунку 1.5.

Таблиця 1.3 – Тенденція розвитку клієнтських вподобань

Види підприємств, що надають послуги з обслуговування автомобілів	Мають автомобіль	Придбали автомобіль, або мають на меті придбати	В цілому	Структура, %
Сервісні СТО	18	38	56	30,43
Колишні СТО державної форми власності	12	18	30	16,30
Нові СТО приватної форми власності	12	18	30	16,30
Автосервіси, що сформовані на виробничо-технічній базі АТП	8	16	24	13,04
Гаражні автосервіси	6	38	44	23,91
Разом	56	128	184	100,00

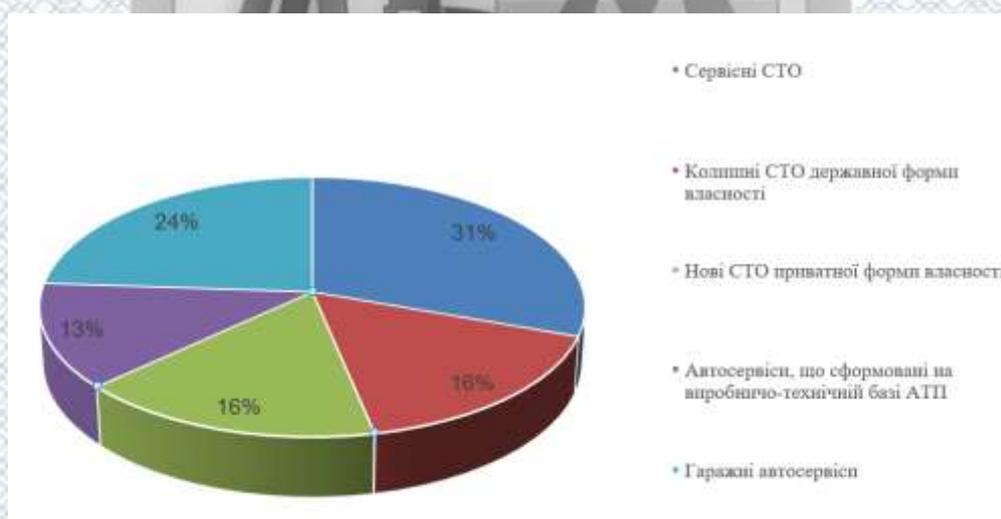


Рисунок 1.5 – Структура клієнтських інтересів

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що залучення та утримання клієнтів у сучасних умовах вимагає від дилерських СТО значного перегляду підходів до формування сервісної політики. З огляду на зниження рівня доходів населення та загальну економічну невизначеність, підприємствам необхідно пропонувати гнучкі програми обслуговування, оптимізовані пакети робіт, конкурентні ціни на базові послуги та розширені можливості

технічної діагностики. Водночас високий рівень кваліфікації персоналу, застосування сучасних інформаційно-діагностичних технологій та підтримання стандартів виробника залишаються ключовими чинниками конкурентоспроможності авторизованих сервісних центрів.

Таким чином, результати дослідження ринку свідчать про необхідність стратегічного позиціонування СТО «Джерман-Центр» з урахуванням тенденцій розвитку автомобільного ринку, зміни поведінкових моделей споживачів та зростання технічної складності транспортних засобів. Ефективне поєднання високо-технологічних діагностичних послуг та адаптивної сервісної політики дозволить підприємству розширити свою клієнтську базу, підвищити рівень лояльності споживачів та зміцнити позиції на регіональному ринку автосервісних послуг.

1.3 Аналіз стану виробничо-технічної бази станції технічного обслуговування «Джерман-Центр»

Оцінювання виробничо-технічного потенціалу СТО «Джерман-Центр» має важливе значення для визначення можливостей подальшого розвитку підприємства, забезпечення високої якості сервісних послуг та своєчасної модернізації обладнання. Комплексний аналіз охоплює технічний стан приміщень, рівень оснащення технологічним устаткуванням, ступінь відповідності ресурсної бази чинним нормам безпеки та галузевим стандартам, а також інтенсивність використання основних засобів у виробничих процесах.

Підприємство здійснює діяльність у цехах загальною площею понад 600 м², що включають зони приймання автомобілів, діагностики, слюсарного та електротехнічного ремонту, шиномонтажну ділянку та пост механічної обробки. Приміщення відповідають санітарним та протипожежним вимогам, технічний стан будівель оцінюється як задовільний, хоча частина інженерних мереж потребує планової модернізації у середньостроковій перспективі. Особливої уваги потребують вентиляційні системи та освітлення робочих зон, що пов'язано зі

зростанням використання діагностичного обладнання та необхідністю дотримання стандартів енергоефективності.

Виробничо-технічна база підприємства складається з активних (технологічне обладнання, діагностичні стенди, підтягувальні механізми, підйомники) та пасивних основних засобів (будівлі, споруди, комунікації). Для оцінки технічного стану використовуються показники придатності та зносу, що дозволяють кількісно визначити ступінь амортизації матеріально-технічної бази та потребу в оновленні фондів.

$$n = \frac{B_3}{B_{\Pi}}, \quad (1.1)$$

де B_3 – залишкова вартість пасивної частини основних засобів, тис. грн.;

B_{Π} – первісна вартість пасивної частини основних засобів, тис. грн.

За результатами інвентаризації, первісна вартість будівель та споруд становить 14 200 тис. грн, залишкова — 5 100 тис. грн. Тоді:

$$n = \frac{5100}{14200} 100\% = 35,9\%.$$

Це свідчить про середній рівень фізичного зносу та потребу в модернізації окремих конструктивних елементів приміщень.

Активна частина основних засобів, що включає виробниче обладнання та технологічний інструмент, має первісну вартість 11 800 тис. грн, а залишкову — 7 900 тис. грн. Розрахунок співвідношення активної і пасивної частин демонструє структуру виробничого потенціалу підприємства

$$C_a = \Phi_{\text{ВТБ}}^a / \Phi_{\text{ВТБ}}, \quad (1.2)$$

$$C_{\Pi} = \Phi_{\text{ВТБ}}^{\Pi} / \Phi_{\text{ВТБ}}, \quad (1.3)$$

де $\Phi_{\text{ВТБ}}^a$ – активна частина фондів ВТБ, тис. грн.;

$\Phi_{\text{ВТБ}}^{\text{п}}$ – пасивна частина фондів ВТБ, тис. грн..

$$C_a = (7900/5100) \cdot 100\% = 154,9 \%;$$

$$C_{\text{п}} = (5100/7900) \cdot 100\% = 64,6 \%;$$

Отримані показники свідчать про достатньо високу частку технологічного обладнання у структурі основних засобів, що є позитивною характеристикою для сервісного підприємства, орієнтованого на виконання діагностичних та ремонтних робіт підвищеної складності.

Для оцінки фондоозброєності використовується співвідношення вартості основних засобів до кількості виробничого персоналу:


$$\Phi_{\text{ор}} = \frac{\Phi_{\text{ФТБ}}^{\text{а}}}{K_{\text{рр}}}, \quad (1.4)$$

де $K_{\text{рр}}$ – середньооблікова кількість ремонтних робітників, чол.

Показники фондоозброєності працівників за трирічний період наведені у таблиці (таблиця зберігається згідно з вихідним файлом). Для «Джерман-Центр» фондоозброєність зростала з 2022 до 2024 років у середньому на 6–10 % щороку, що пояснюється модернізацією діагностичного устаткування та частковим оновленням підйомників.

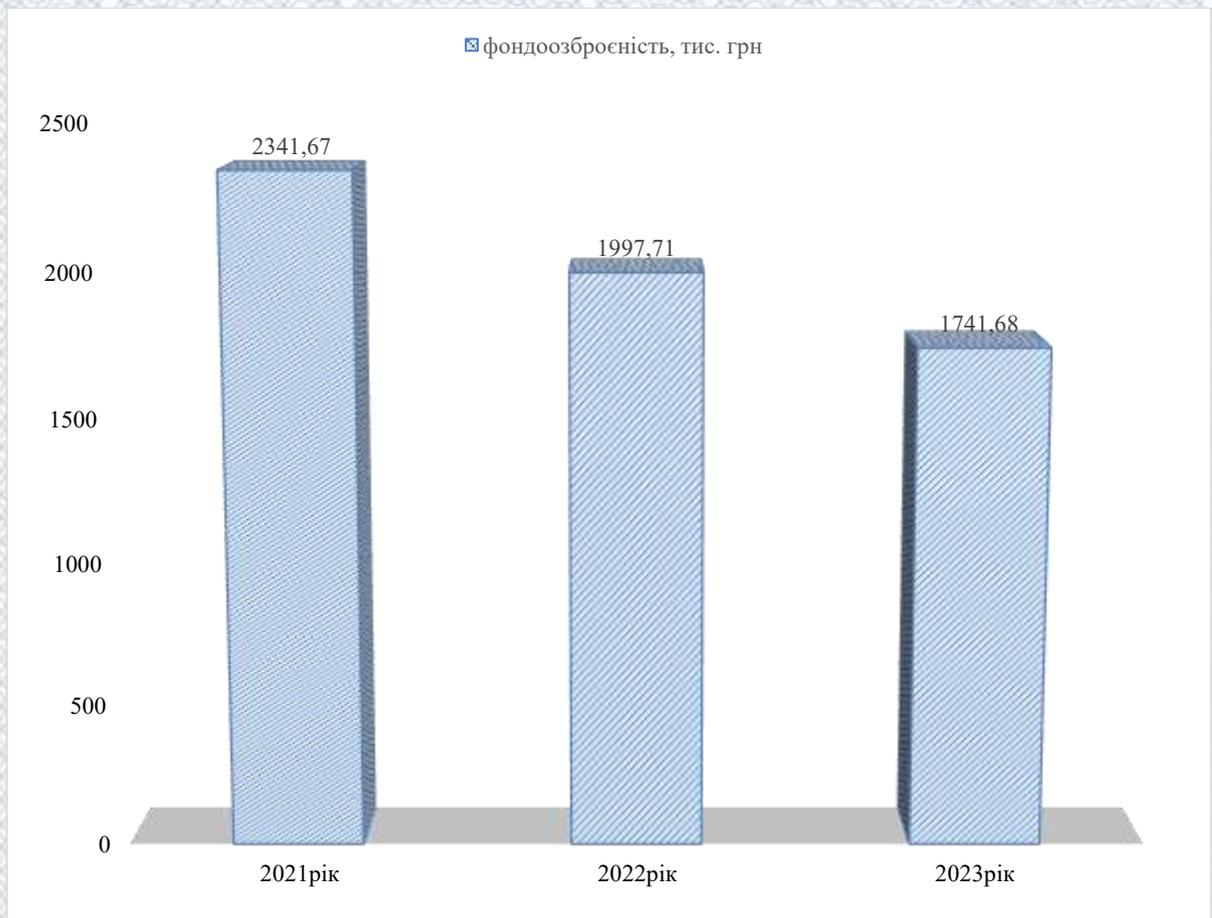


Рисунок 1.6 – Динаміка рівня фондоозброснення, що припадає на одного виробничого працівника

Наступним етапом оцінювання є аналіз коефіцієнта змінності, який характеризує інтенсивність використання обладнання. Для «Джерман-Центр» кількість обладнання, що фактично працювала у зміну, у середньому становила 16 одиниць при встановлених 22 одиницях, тому:

$$K_3 = G_{\text{во}} / G_{\text{ко}}, \quad (1.5)$$

де $G_{\text{во}}$ – кількість обладнання, що відпрацювало зміну, одиниць;

$G_{\text{ко}}$ – кількість встановленого обладнання, одиниць.

$$K_3 = 12 / 16 = 0,75.$$

Отриманий показник демонструє, що виробничий потенціал використовується менш ніж на три чверті, а підприємство має ресурс для збільшення обсягів надання послуг без значних капіталовкладень у нове обладнання.

Оцінка використання устаткування за часом здійснюється за формулою:

$$K_B = T_{\Phi} / T_D, \quad (1.6)$$

де T_{Φ} – фактичний час роботи устаткування, год.;

T_D – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

З

а даними внутрішнього обліку, фактичне завантаження обладнання становило 1 320 год на рік при доступному фонді 2 000 год. Тоді

$$K_B = 1320 / 2000 = 0,66.$$

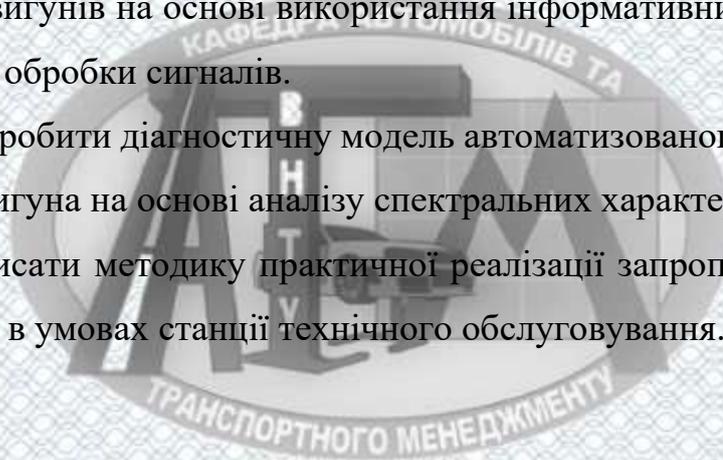
Отже, коефіцієнти змінності та використання обладнання свідчать про наявність невикористаних резервів виробничої потужності. Це означає можливість збільшення обсягів робіт без додаткових інвестицій у технічну базу, шляхом оптимізації графіків завантаження постів, підвищення кваліфікації персоналу та впровадження системи попереднього планування сервісних операцій.

Загалом виробничо-технічна база «Джерман-Центр» оцінюється як достатньо розвинена і спроможна забезпечувати виконання широкого спектра робіт з технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Однак аналіз також вказує на необхідність подальшого оновлення діагностичного обладнання та інженерних систем, а також на можливість підвищення ефективності використання існуючих ресурсів за рахунок модернізації організації виробничих процесів. Це створює передумови для впровадження сучасних методів діагностики та розширення спектра послуг, що є важливим напрямом підвищення конкурентоспроможності підприємства.

1.4 Основні висновки і задачі проектування

Задачі, які необхідно вирішити в даній роботі:

1. Виконати науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностування систем автомобільного двигуна в умовах СТО.
2. Проаналізувати виробничу діяльність та організацію функціонування зони діагностики ТОВ «Джерман-Центр» і розробити рекомендації щодо її удосконалення.
3. Запропонувати науково обґрунтований підхід до діагностування автомобільних двигунів на основі використання інформативних параметрів та методів цифрової обробки сигналів.
4. Розробити діагностичну модель автоматизованого визначення технічного стану двигуна на основі аналізу спектральних характеристик сигналів.
5. Описати методика практичної реалізації запропонованої технології діагностування в умовах станції технічного обслуговування.



РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗОНИ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту

2.1.1 Вихідні дані розрахунку виробничої програми

Технологічний розрахунок підприємства виконаний за допомогою програмного способу [20]. Вихідні дані розрахунку приведені на рис. 2.1. Результати розрахунку виробничої програми приведені в додатку В.

Вихідні дані розрахунку виробничої програми:

Виробнича потужність, режим роботи СТО:	
Параметр	Значення
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	4200
Частота заїзду одного автомобіля для виконання ТО і ПР	2
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	2100
- автомобілі особового малого класу (І група)	872 авт. 92 %
- автомобілі малого класу (ІІ група)	630 авт. 93 %
- автомобілі середнього класу (ІІІ група)	798 авт. - 38 %
Середньорічний пробіг автомобіля	13850
Кліматичний район	Полісся-степий
Кількість робочих днів СТО	305
Тривалість зміни	7
Кількість робочих змін ТО і ПР	1
Кількість робочих змін прибирання і миття	1
Додаткові послуги СТО:	
Параметр	Значення
СТО здійснює продаж нових автомобілів?	<input checked="" type="radio"/> Так <input type="radio"/> Ні
Кількість автомобілів, що продаються на СТО за рік	130
Кількість робочих змін передпродажної підготовки	1
СТО надає окремі послуги клієнтам з прибиранням і миття автомобілів?	<input checked="" type="radio"/> Так <input type="radio"/> Ні
Частота заїзду одного автомобіля для виконання прибирання і миття	5
Кількість робочих змін прибирання і миття	1
СТО забезпечує прибирання і миття автомобілів період виконання ТО і ПР?	<input checked="" type="radio"/> Так <input type="radio"/> Ні
Спосіб миття автомобіля	ручний

Рисунок 2.1 – Вихідні дані технологічного розрахунку СТО

2.1.2 Вибір і коригування нормативів ТО і ремонту

Нормативи трудомісткості ТО і ПР автомобілів індивідуального користування вибираються в залежності від типу СТО, класу автомобілів та виду робіт,

що виконуються на СТО.

Розрізняють два види нормативів ТО і ПР на СТО:

- питому трудомісткість на 1000 км пробігу, люд·год/1000;
- разову трудомісткість на один заїзд автомобіля на СТО, люд·год.

Для міських СТО характерні як перший так і другий види нормативів ТО і ПР, для дорожніх – тільки другий.

Питома трудомісткість ТО і ПР коректується з використанням коефіцієнтів коригування:

$$t_{\text{ТО і ПР}} = t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{н}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (2.1)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт коригування в залежності від кількості робочих постів (потужності) СТО. При проектуванні нового СТО кількість робочих постів приймається орієнтовно – на основі планової потужності СТО;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт коригування в залежності від природно-кліматичних умов.

Разова трудомісткість на один заїзд автомобіля на СТО не коректується.

2.1.3 Визначення річної трудомісткості робіт

Річний обсяг робіт, що виконуються на міській СТО, визначається окремо для кожної групи легкових автомобілів і складається з таких видів робіт:

$T_{\text{ТО і ПР}}$ – роботи ТО і ПР автомобілів;

$T_{\text{п-м(ТО)}}$ – роботи прибирання і миття автомобілів перед виконанням ТО і ПР;

$T_{\text{п-м}}$ – роботи косметичного прибирання і миття автомобілів, як окремої послуги;

$T_{\text{а-к}}$ – роботи антикорозійної обробки автомобілів;

$T_{\text{п-в}}$ – роботи приймання і видачі автомобілів;

$T_{\text{п-п}}$ – роботи передпродажної підготовки автомобілів;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжні роботи.

Річний обсяг робіт ТО і ПР для однієї групи автомобілів визначається по питомій трудомісткості ТО і ПР автомобілів цієї групи на 1000 км пробігу:

$$T_{\text{ТО і ПР}}^i = \frac{A_{\text{авт}}^i \cdot L_{\text{с-р}} \cdot t_{\text{ТО і ПР}}^i}{1000}, \quad (2.2)$$

де $A_{\text{авт}}^i$ – кількість автомобілів даної групи;

$L_{\text{с-р}}$ – середньорічний пробіг автомобілів, км;

$t_{\text{ТО і ПР}}^i$ – скоректована питома трудомісткість ТО і ПР автомобілів даної групи, люд·год/1000.

Річний обсяг прибирально-мийних робіт для однієї групи визначається на основі разової трудомісткості цього виду робіт за один заїзд на СТО. Трудомісткість прибирально-мийних робіт перед виконанням ТО і ПР ($T_{\text{п-м(ТО)}}^i$) визначається за формулою:

$$T_{\text{п-м(ТО)}}^i = A_{\text{авт}}^i \cdot n_{\text{ТО і ПР}}^p \cdot t_{\text{п-м}}^i, \quad (2.3)$$

де $n_{\text{ТО і ПР}}^p, n_{\text{п-м}}^p$ – частота заїздів одного автомобіля, що обслуговується на СТО, відповідно для виконання робіт ТО і ПР та прибирально-мийних робіт протягом року;

$t_{\text{п-м}}^i$ – разова трудомісткість прибирально-мийних робіт одного автомобіля даної групи, люд·год.

Річний обсяг робіт антикорозійної обробки визначається одночасно для всіх груп автомобілів на основі разової трудомісткості цього виду робіт за один заїзд на СТО:

$$T_{\text{а-к}} = A_{\text{авт}} \cdot n_{\text{а-к}}^p \cdot t_{\text{а-к}}, \quad (2.4)$$

де n_{a-k}^p – частота заїздів одного автомобіля, що обслуговується на СТО, для виконання робіт антикорозійної обробки автомобілів протягом року;

t_{a-k} – разова трудомісткість антикорозійних робіт одного автомобіля (однакова для всіх груп автомобілів), люд·год.

Річний обсяг робіт приймання і видачі для однієї групи визначається на основі загальної кількості заїздів автомобілів на СТО для виконання різних видів робіт:

$$T_{п-в}^i = A_{авт}^i \cdot (n_{ТО і ПР}^p + n_{a-k}^p) \cdot t_{п-в}^i, \quad (2.5)$$

де $t_{п-в}^i$ – разова трудомісткість робіт приймання-видачі одного автомобіля даної групи, люд·год.

Річна трудомісткість робіт T_i кожного виду для всіх груп автомобілів, що обслуговуються на СТО, визначається як сума трудомісткості робіт кожної окремої групи:

$$T_i = T_i^I + T_i^{II} + T_i^{III}. \quad (2.6)$$

Річний обсяг допоміжних робіт на СТО визначається як частина від загального обсягу робіт на СТО:

$$T_{доп} = (T_{ТО і ПР} + T_{п-м(ТО)} + T_{a-k} + T_{п-в}) \cdot \frac{C_{доп}}{100}, \quad (2.7)$$

де $C_{доп}$ – доля (%) допоміжних робіт від загальної трудомісткості (приймається рівним 15...20);

$T_{ТО і ПР}$, $T_{п-м(ТО)}$, T_{a-k} , $T_{п-в}$ – річна трудомісткість відповідно робіт ТО і ПР, прибирально-мийних робіт перед ТО і ПР, робіт антикорозійної обробки та приймання-видачі автомобілів;

Розрахунок річного обсягу робіт ТО і ПР виконаний програмним способом. Результати розрахунків приведені в додатку В.

2.2 Розрахунок чисельності робітників

Розрізняють явочну чисельність виконавців робіт $P_{я}$, потрібну для виконання добової виробничої програми, і штатну чисельність $P_{шт}$, потрібну для виконання річної виробничої програми.

Явочна і штатна чисельність ремонтно-обслуговуючих робітників залежить від обсягу робіт на даній ділянці (зоні, посту) і фонду робочого часу:

$$P_{я} = \frac{T_i}{\Phi_{р.м.}}; \quad P_{шт} = \frac{T_i}{\Phi_{в.р.}}, \quad (2.9)$$

де T_i – річний обсяг робіт на ділянці (зоні, посту), люд-год;

$\Phi_{р.м.}$ – річний фонд часу робочого місця ремонтно-обслуговуючих робітників, год;

$\Phi_{в.р.}$ – річний ефективний фонд часу робітника з урахуванням трудових втрат, спричинених хворобою, виконанням державних обов'язків, відпусткою тощо, год.

Фонд часу робочого місця $\Phi_{р.м.}$ залежить від кількості вихідних і святкових днів у році і визначається за формулою:

- при 5-ти денному робочому тижні:

$$\Phi_{р.м.} = D_{р.з.} \cdot \tau_{зм} - D_{пс}, \quad (2.10)$$

- при 6-ти денному робочому тижні:

$$\Phi_{р.м.} = D_{р.з.} \cdot \tau_{зм} - D_{пс} - 2 \cdot D_{пв},$$

де $D_{р.з.}$ – кількість робочих днів у році відповідної зони чи ділянки, дні;

$\tau_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

$D_{пс}$ – кількість передсвяткових днів, в які тривалість робочої зміни скорочується на одну годину ($D_{пс}$ рівна кількості святкових днів $D_{св}$);

Річний ефективний фонд часу робітника $\Phi_{в.р.}$ залежить від кількості днів основної та додаткової відпусток та кількості пропусків по хворобі та інших поважних причинах:

$$\Phi_{в.р.} = \Phi_{р.м.} - (D_{від}^{осн} + D_{від}^{дод} + D_{пов}) \cdot \tau_{зм}, \quad (2.11)$$

де $D_{від}^{осн}$, $D_{від}^{дод}$ – кількість днів основної та додаткової відпусток;

$D_{пов}$ – кількість пропусків по хворобі та інших поважних причинах.

Розрахунок чисельності робітників виконаний програмним способом. Результати розрахунків приведені в додатку А.

2.3 Розрахунок кількості постів ТО і ПР

Розрахункова мінімальна кількість постів ТО-1, ТО-2 і постових робіт ПР залежить від річної трудомісткості цих робіт і визначається за формулою:

$$X_i = \frac{T_i \cdot K_p}{D_{р.з} \cdot c \cdot \tau_{зм} \cdot P_{п} \cdot \eta_{п}}, \quad (2.12)$$

де T_i – річна трудомісткість робіт відповідного виду, люд.-год;

K_p – коефіцієнт резервування постів для компенсації нерівномірного їх завантаження;

c – число змін протягом доби;

$\tau_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

$P_{\text{п}}$ – число робітників, що одночасно працюють на посту, чол.;

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання робочого часу поста

Розрахунок кількості постів виконаний програмним способом. Результати розрахунків приведені в додатку В.

2.4 Розподіл робіт ТО і ПР за видами та місцем виконання

Річний обсяг робіт ТО і ПР автомобілів розподіляється за видами робіт та місцем їх виконання. Розподіл виконується згідно з ОНТП-01-91 у відсотковому відношенні:

$$T_{\text{в.р}} = T_{\text{ТО і ПР}} \cdot \frac{C_{\text{в.р}}}{100}, \quad (2.13)$$

де $T_{\text{в.р}}$ – розрахункова трудомісткість окремого виду робіт, люд.-год;

$T_{\text{ТО і ПР}}$ – річна трудомісткість робіт ТО і ПР, люд.-год;

$C_{\text{в.р}}$ – частка (%) окремого виду робіт від річної трудомісткості робіт ТО і

ПР

Для кожного виду робіт визначається необхідна чисельність виробничих робітників $P_{\text{я}}$ та кількістю робочих постів X .

Розподіл робіт ТО і ПР за видами та місцем виконання виконаний програмним способом. Результати розрахунків приведені в додатку В.

Розподіл робіт ТО і ПР:

Вид робіт ТО і ПР	Розподіл за видами, год.		Пастові роботи		Дільничні роботи	
	ЮА	ЮАД, ЮАД	Рз	Х	ЮАД, ЮАД	Рз
Контрольні-діагностичні роботи	2748,97	2748,97	1,32	1,04		
Технічне обслуговування в повному обсязі	10278,84	10278,84	4,96	3,89		
Масляні	2955,73	2955,73	0,99	0,78		
Регулювання кутів керування коліс	2748,97	2748,97	1,32	1,04		
Ремонт і регулювання гальм	2955,73	2955,73	0,99	0,78		
Електрозастібки	2748,97	2792,78	1,00	0,83	548,18	0,20
Роботи за системою живлення	2748,97	1819,68	0,93	0,73	822,29	0,40
Акумулятори	1378,48	137,05	0,07	0,05	1233,44	0,60
Шлеп	1378,48	411,15	0,20	0,16	959,34	0,46
Ремонт куліс, сайлент і амортиз.	5481,94	2748,97	1,32	1,04	2740,97	1,32
Купони, амортиз., задні/передні: вварювальні	17111,07	10848,30	0,20	4,88	4382,77	2,07
Фабричні	10963,88	10963,88	5,20	4,14		
Обби	2955,73	1827,06	0,50	0,38	1127,66	0,50
Спеціалізація	4798,70				4798,70	2,31
Всього робіт ТО і ПР	68524,26	52112,70	25,14	19,70	16411,56	7,92

Рисунок 2.2 - Результати розподілу робіт ТО і ПР за видами і місцем виконання.

2.5 Вибір виробничого підрозділу та загальна організація виробничого процесу

Організація робочих місць у зоні діагностики на станції технічного обслуговування автомобілів ТОВ «Джерман-Центр» є ключовим елементом забезпечення ефективності технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту. Зона діагностики функціонує як інтегрований простір, у якому поєднано можливості для первинного огляду, базової та поглибленої електронної діагностики, оцінювання технічного стану механічних та мехатронних систем, а також для проведення вимірювань електричних, тискових і коливальних параметрів.

Приміщення зони діагностики розташоване в одному виробничому комплексі із зонами технічного обслуговування та поточного ремонту, що дає можливість ефективно організувати логістичний потік автомобілів та зменшити витрати часу на переміщення транспортних засобів і обладнання. Площа приміщення дозволяє одночасно обслуговувати декілька автомобілів різного класу та моделей, що особливо важливо для підприємства, яке спеціалізується на сервісному обслуговуванні широкої лінійки автомобілів концерну Volkswagen Group.

Таблиця 2.1 – Відомість технологічного обладнання

	Назва обладнання	Модель обладнання	К-сть, од.
1	Двостійковий підйомник	П-4Г	2
2	Мотор-тестер	Bosch FSA740	1
3	Газоаналізатор	АВГ-4-2.01	1
4	Димомір	АВГ-1Д-1.01	1
5	Стенд для перевірки дизельних форсунок	Focus-Diesel	1
6	Зарядний пристрій	Computer 48/2	1
7	Цифровий мультиметр	LEITENBERGER MT-07	1
8	Прилад перевірки світла фар	НВА-19К	1
9	Сканер діагностичний для легкових і вантажних автомобілів	LAUNCH X-431 PAD II Full V.2016	1
10	Стенд діагностики и чистки форсунок	CNC-402A	1
11	Пневматичний люфт детектор	SZ 4	1
12	Установка для прокачування гальмівної системи	10805 RAASM	1
13	Установка для заміни гальмівної рідини	RRB-7	1
14	Верстак слюсарний	(Б/В)	1
15	Верстак	01.105-G 5015	2
16	Верстак	01.001-G 5015	1
17	Ящик для відходів	ТБО-120	1
18	Інструментальний візок з інструментами в ложементях	SilverJet 86307	2
19	Набір торцевих головок	S04 H 52477S	2
20	Струмовимірювальні кліщі	DT 266FT	1
21	Набір викруток	D04 PP 08S	2
22	Плоскогубці	-	2
23	Люфтомір рульового керування механічний	К-524	1
24	Динамометричний ключ	T 04250	2
25	Тестер каталізатора	СТ-А2149	1

Зона оснащена стаціонарним та мобільним технологічним обладнанням. До стаціонарних засобів належать підйомники різних типів, стенди перевірки гальм, обладнання для контролю люфтів у підвісці, вимірювальні платформи для регулювання кутів встановлення коліс, а також окремі пости для діагностики електросистем. Пересувне та переносне обладнання включає мультиметри, діагностичні сканери, мотор-тестери, тискосенсори, струмові кліщі, ендоскопи та інші

інструменти, необхідні для оперативної оцінки стану механічних і електронних систем автомобіля.

Процес діагностування починається ще на етапі приймання автомобіля. Первинний огляд дозволяє визначити загальний технічний стан транспортного засобу, наявність зовнішніх ознак несправностей та перелік попередніх зауважень власника. На основі цих даних визначається маршрут автомобіля у виробничому циклі: або безпосереднє направлення на пост технічного обслуговування, або передача у зону діагностики для поглибленого дослідження технічного стану.

Якщо за результатами контрольного огляду неможливо визначити повний обсяг робіт або існують підозри на приховані несправності, автомобіль направляється на поглиблену діагностику. Такий етап дозволяє зменшити ймовірність помилкового визначення причин несправності та забезпечує правильний підбір запасних частин, що є критичним для оптимізації виробничого процесу.

Діагностування охоплює всі системи автомобіля: ходову частину, рульове керування, гальмівну систему, електронні блоки керування, системи безпеки, трансмісію та двигун. Ходова частина перевіряється за допомогою підйомника шляхом огляду у зниженому та піднятому положенні, оцінювання стану шарнірів, опор, сайлентблоків, рулевих тяг, втулок стабілізаторів тощо. Рульове керування та гальмівна система оцінюються як візуально, так і за допомогою спеціальних стендів та електронних тестерів, що дозволяє перевірити працездатність гідравлічних, механічних і електронних компонентів, зокрема системи ABS, ESP та систем контролю тяги.

Особливе місце в зоні діагностики займає комплекс робіт, пов'язаний із діагностуванням автомобільного двигуна. Ця частина процесу є найбільш трудомісткою та потребує спеціальної підготовки персоналу, а також наявності високоточних приладів. Робота починається зі зчитування даних із системи керування двигуном через стандартний інтерфейс OBD-II. Сучасні Bluetooth- та Wi-Fi-сканери забезпечують швидке підключення та дозволяють отримувати потоки оперативних даних у режимі реального часу, включно з інформацією від

датчиків температури, тиску, кисневих сенсорів, системи запалювання та системи упрскування.

Якщо цих процедур недостатньо для постановки точного діагнозу, проводиться поглиблений етап діагностики з використанням комбінованого мультиметра та комп'ютерного мотор-тестера. Мультиметр дозволяє виконати високоточні вимірювання миттєвих значень електричних параметрів, однак не забезпечує інформації про динаміку зміни сигналів. Тому ключову роль відіграє мотор-тестер – універсальна система збору та аналізу коливальних процесів, напругових імпульсів, сигналів датчиків і струмових характеристик. Завдяки можливості зчитування швидкоплинних сигналів мотор-тестер дозволяє виявляти дефекти роботи виконавчих механізмів, системи запалювання, форсунок, турбонаддуву, датчиків фази та колінчастого валу, а також інших критичних елементів мехатронних систем двигуна. У загальному випадку організація діагностичних робіт будується за принципом «від простого до складного»: від використання доступних процедур і приладів до застосування високоточного обладнання. Такий підхід дозволяє оптимізувати витрати часу, зменшити навантаження на дорогі прилади та забезпечити економічно ефективне функціонування сервісної зони.

Для підвищення ефективності діагностичних робіт доцільно використовувати структуровану схему логіки діагностування, що охоплює всі етапи — від первинного огляду до формування остаточного висновку. Запропонована схема забезпечує узгодженість дій персоналу та мінімізує ймовірність пропуску критичних несправностей.

Підсумовуючи, можна зазначити, що організація робочих місць у зоні діагностики СТО «Джерман-Центр» ґрунтується на раціональному розподілі функцій між доступним обладнанням та рівнем підготовки персоналу. На особливу увагу заслуговує комплексна діагностика двигуна, яка вимагає поєднання методів цифрової обробки сигналів, аналізу осцилограм і високоточного вимірювального обладнання. Саме удосконалення цієї частини технологічного процесу відповідає темі магістерської роботи й є ключовим напрямом підвищення ефективності всієї діагностичної зони.

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ НА СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

3.1 Отримання діагностичної інформації

Технічний стан сучасних автомобільних систем оцінюють переважно за сигналами, що генеруються під час їх функціонування. Такі сигнали можуть відображати електромагнітні, акустичні, динамічні та інші фізичні процеси у різних вузлах двигуна й належать до основних носіїв діагностичної інформації (рис. 3.1). Зчитування цих сигналів здійснюють у певних контрольних точках, які забезпечують найбільш повне уявлення про характер роботи конкретної системи.

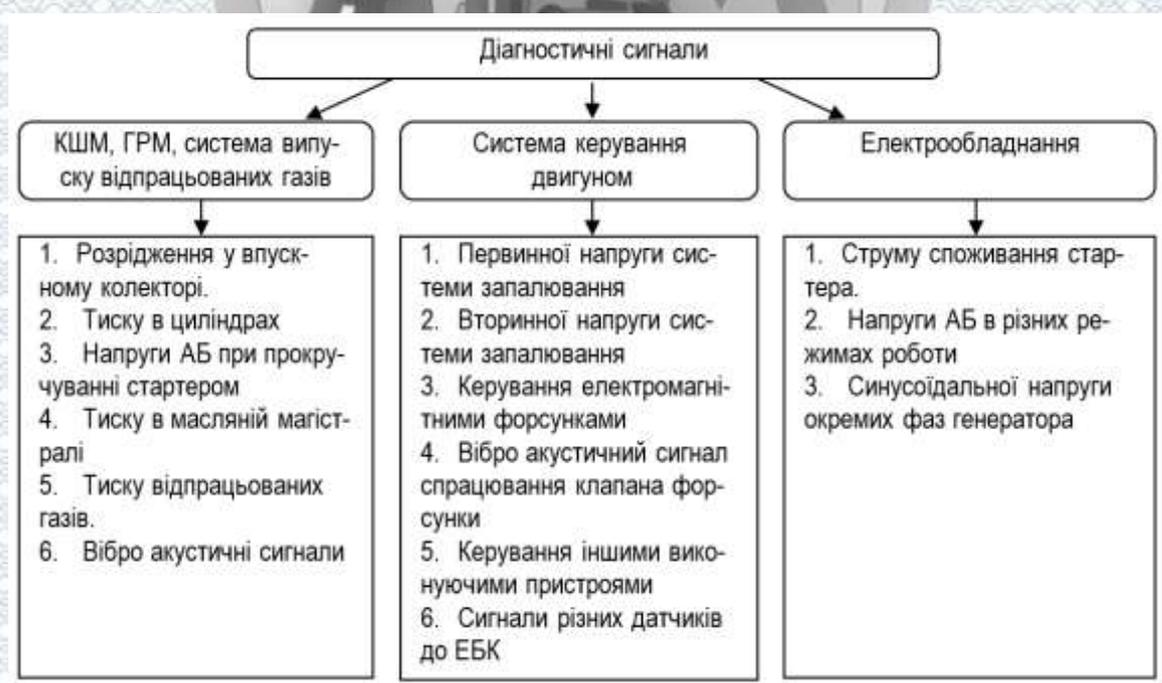


Рис.3.1 – Діагностичні сигнали із систем автомобільного двигуна

Відомо, що робочий цикл двигуна внутрішнього згоряння має періодичну природу, тому більшість сигналів, які реєструються під час його роботи, також повторюються з певною регулярністю. До таких сигналів належать, наприклад, імпульси системи запалювання, форма струмів і тисків у системах подачі палива,

коливання елементів газорозподільного механізму тощо. Окрім електричних сигналів, інформативними вважаються коливальні процеси – змінні розрідження у впускному колекторі, віброакустичні параметри та інші величини, що синхронно залежать від робочих тактів двигуна.

Під час зчитування сигналу приймають, що на вибраному проміжку часу він є неперервним і однозначно прив'язаний до конкретної точки вимірювання. Далі сигнал фіксують у цифровій формі, після чого відбувається його первинне структурне впорядкування.

Для наочності розглянемо напругу системи запалювання (рис. 3.2), яка змінюється майже миттєво у моменти розмикання первинного кола котушки.

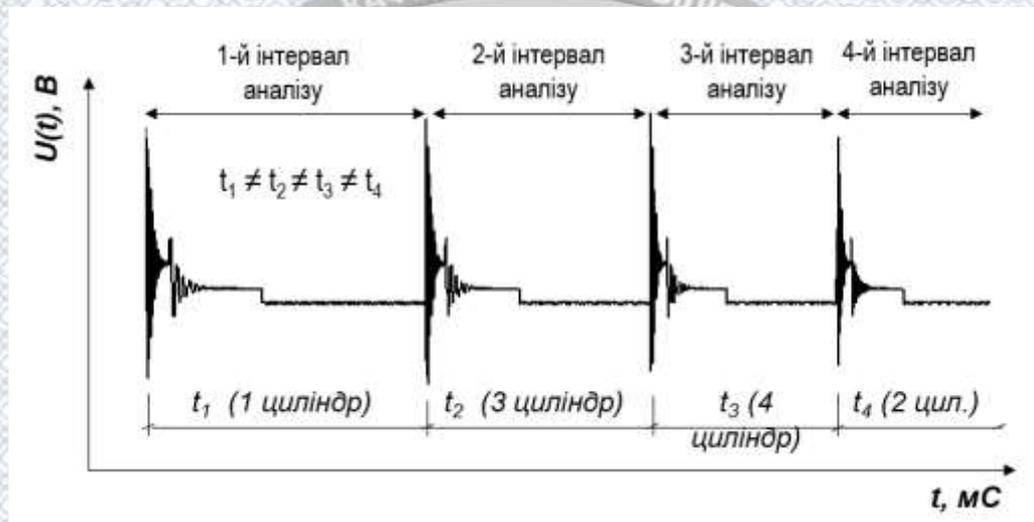


Рис. 3.2 – Фрагмент сигналу напруги системи запалювання

Такий сигнал є довготривалим і містить велику кількість повторюваних фрагментів. Тому для аналізу його розбивають на окремі реалізації (відрізки), що відповідають одному робочому ходу певного циліндра. Кожна реалізація відображає сукупність подій у момент згоряння суміші та подальшого перебігу процесу в цьому циліндрі. Позначимо окрему реалізацію, де m – номер циліндра, а k – номер повторення реалізації у межах цього циліндра. Часовий проміжок, що відповідає такій реалізації, називають інтервалом аналізу.

У практиці діагностування використовують два основних режими: стабільну частоту обертання колінчастого вала та змінну. На відміну від лабораторних умов, реальна експлуатація автомобіля супроводжується постійними

змінами обертів, тому діагностичні сигнали рідко залишаються стаціонарними. Саме ці зміни призводять до відмінностей у тривалості окремих реалізацій сигналу, що потребує спеціальних методів їх вирівнювання та узгодження.

Щоб коректно інтерпретувати дані, важливо встановити, чи можна сигнал вважати стаціонарним протягом аналізованого інтервалу. Для цього визначають абсолютну та відносну похибки часу:

$$\Delta = |t_z^m - t_{z-1}^m|, \quad \varepsilon = \left| 100 \cdot \left(1 - \frac{t_z^m}{t_{z-1}^m} \right) \right|. \quad (3.1)$$

Сигнал приймають стаціонарним, якщо виконується критерій (3.2):

$$\Delta \leq \Delta_\delta, \quad \varepsilon \leq \varepsilon_\delta, \quad (3.2)$$

де $\Delta_\delta, \varepsilon_\delta$ - допустимі рівні відповідних похибок.

Сигнал механічної або електронної системи двигуна, реєстрований протягом кількох циклів роботи, називають послідовністю реалізацій. За умови незмінної частоти обертання кожна з реалізацій має однакову тривалість і може бути досліджена за формулою (3.3):

$$\lim_{sum \rightarrow p} U_{sum}(t) = const, \quad (3.3)$$

де p – кількість циклів.

Ключовим кроком під час подальшої обробки є встановлення початкового моменту кожної реалізації, що дає змогу поділити суцільний сигнал на дискретні відрізки. Для сталої частоти обертання цей момент описують формулою (3.4):

$$t_{mz} = z \cdot \overline{T_0} + \overline{t_0^m} \cdot (m-1), \quad (3.4)$$

де $z = (1 \dots p)$ – номер повного циклу;

$\overline{T_0}$ – середня тривалість циклу, мС;

$\overline{t_0^m}$ – тривалість реалізації в m -му циліндрі, мС.

Загальний розподіл сигналу на окремі реалізації подано на рис. 3.3.

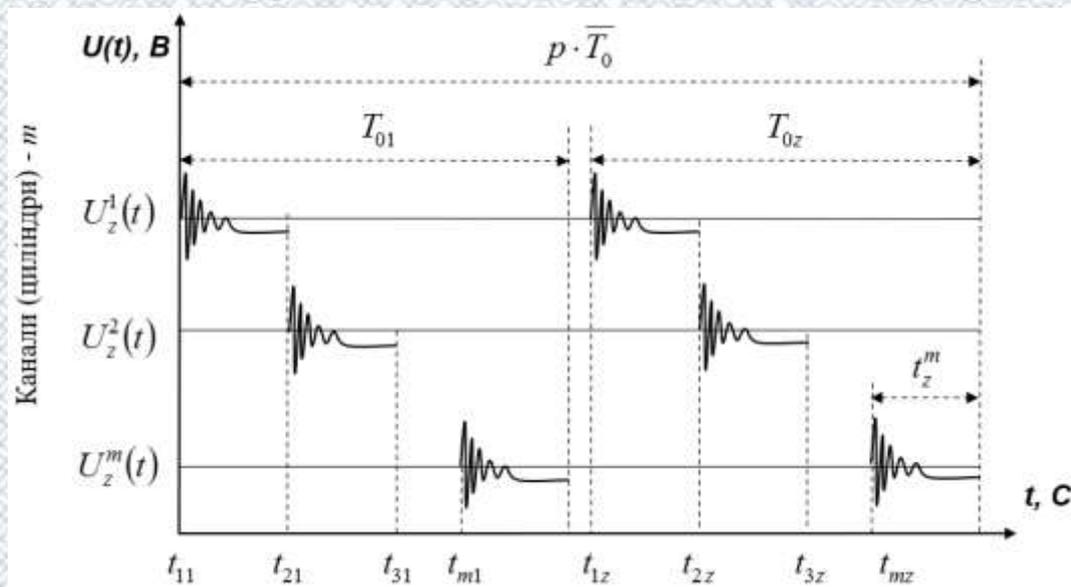


Рис. 3.3 – Діаграми розподілу сигналу на окремі реалізації

Тривалість повного циклу двигуна визначається інтервалом часу $[\]$ і в разі рівних обертів може бути оцінена:

$$\overline{T_0} = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z T_{0z} . \quad (3.5)$$

Подальша обробка сигналів здійснюється відповідно до умов стаціонарності. У разі стабільних обертів її виконують за залежністю (3.6):

$$U(t) = \begin{cases} U_z^1(t), & \overline{T_0} \cdot (z-1) \leq t < \overline{T_0} \cdot (z-1) + \overline{t_0^1} \\ U_z^2(t), & \overline{T_0} \cdot (z-1) + \overline{t_0^1} \leq t < \overline{T_0} \cdot (z-1) + \overline{t_0^1} + \overline{t_0^2} \\ \dots \\ U_z^m(t), & \overline{T_0} \cdot (z-1) + \sum_{j=1}^{m-1} \overline{t_0^j} \leq t < \overline{T_0} \cdot (z-1) + \sum_{j=1}^m \overline{t_0^j} \end{cases} , \quad (3.6)$$

де z – довільна кількість періодів ($z \rightarrow \infty$ при необмеженому часі спостереження);

У ситуації, коли швидкість обертання змінюється, стаціонарність підставити неможливо, що формально записано як (3.7):

$$U(t) = \begin{cases} U_z^1(t), & \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 \\ U_z^2(t), & \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 + t_z^2 \\ \dots \\ U_z^m(t), & \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + \sum_{j=1}^{m-1} t_z^j \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + \sum_{j=1}^m t_z^j \end{cases}. \quad (3.7)$$

Якщо інтервали реалізацій мають різну тривалість, пряме усереднення значень сигналу призведе до некоректних результатів. Тому замість використання спільного фіксованого часового інтервалу застосовують інший підхід: усереднення виконують у межах аналогічних фаз циклу двигуна (наприклад, фази запалювання), незалежно від їх абсолютної тривалості.

Сукупність реалізацій можна подати у вигляді матриці:

$$F(t) = \begin{pmatrix} U_1^1(t) & U_2^1(t) & \dots & U_z^1(t) \\ U_1^2(t) & U_2^2(t) & \dots & U_z^2(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ U_1^m(t) & U_2^m(t) & \dots & U_z^m(t) \end{pmatrix}. \quad (3.8)$$

Для одного циліндра функцію сигналу зручно позначити:

$$Q_i(t) = (U_1^i(t) \ U_2^i(t) \ \dots \ U_z^i(t)). \quad (3.9)$$

Тоді (3.8) приймає вигляд:

$$F(t) = \begin{pmatrix} Q_1(t) \\ Q_2(t) \\ \dots \\ Q_m(t) \end{pmatrix}. \quad (3.10)$$

Одна реалізація не може забезпечити достовірність діагностичних висновків. Вплив випадкових шумів, електромагнітних завад або нестійких режимів роботи двигуна може спотворити картину процесів. Тому усереднення кількох реалізацій є обов'язковим етапом:

$$\overline{U_0^m(t)} = \frac{1}{z} \int U_i^m(t) dt, \quad (i \in [1, z]). \quad (3.11)$$

Однак для змінних обертів тривалість інтервалів аналізу зменшується або збільшується залежно від навантаження на двигун. Щоб уникнути перекручення даних, кожену реалізацію приводять до спільного базового інтервалу. Нехай реалізації мають тривалості t_i . За базовий інтервал приймають t_0 . Тоді сигнал масштабують за формулами (3.12):

$$U_0^m(t) = U_i^m(\Theta_i \cdot t), \quad t_0^m = \Theta_i \cdot t_i^m, \quad (3.12)$$

де Θ_i - масштабний коефіцієнт.

При $|\Theta_i| < 1$, то сигнал розтягується, а якщо $|\Theta_i| > 1$ – стискається. Після впорядкування реалізацій:

$$U(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \dot{A}_k \exp \left\{ j \frac{2 \cdot \pi \cdot k}{t_0^m} t \right\} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \dot{A}_k \exp \left\{ j \frac{2 \cdot \pi \cdot k}{t_i^m \cdot \Theta_i} t \right\}. \quad (3.13)$$

Процедура приведення всіх реалізацій до однакової тривалості виконується під час роботи у реальному часі, що вимагає паралельної та послідовної обробки даних (рис. 3.5).



Рис. 3.5 – Послідовно-паралельна обробка вхідних даних

Після завершення z циклів у кожному циліндрі накопичується відповідна множина реалізацій. Перед усередненням необхідно відкинути аномальні реалізації, які можуть виникати через технічні перешкоди, помилкове зчитування або зовнішній шум. Лише після фільтрації формується узагальнена характеристика сигналу, яка використовуватиметься для діагностичного висновку.

3.2 Математична модель діагностування систем автомобільного двигуна

Автоматизоване технічне діагностування систем автомобільного двигуна базується на математичному описі процесів, що відбуваються в об'єкті контролю. Математична модель у цьому випадку виконує роль формалізованої структури, яка дає можливість встановити взаємозв'язок між експлуатаційними проявами роботи системи та її фактичним технічним станом. Такий підхід дозволяє замінити суб'єктивні інтерпретації об'єктивними числовими параметрами та забезпечити відтворюваність результатів діагностування. Узагальнена функціональна схема алгоритму діагностики наведена на рисунку 3.6.

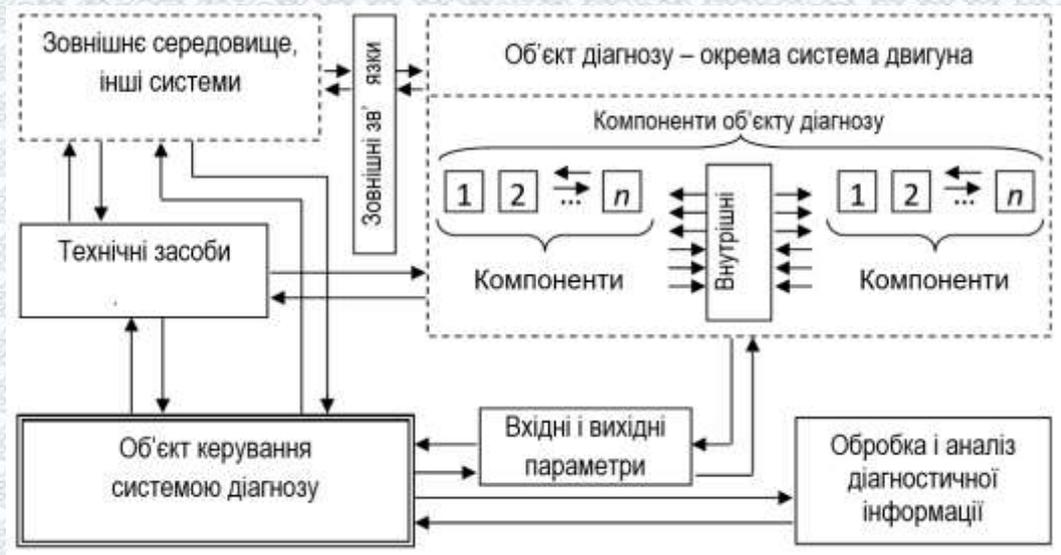


Рис. 3.6 – Функціональна схема системи діагностування автомобільного двигуна

Процес діагностування потребує отримання наборів вхідних та вихідних параметрів, які достатньо повно характеризують динаміку роботи системи. На практиці найбільшу складність становить отримання коректних діагностичних параметрів, оскільки реальні сигнали містять шуми, випадкові збурення та похибки вимірювання. Одним із найбільш надійних способів отримання цих параметрів є експериментальна перевірка, коли об'єкт піддається впливу певних керованих дій, а система реєструє відповідну реакцію.

Математична модель формалізує поведінку системи як у штатному (справному), так і в несправному станах. Вона може бути подана у різних формах — аналітичній, табличній чи графічній — залежно від складності системи, характеру сигналів та мети дослідження. Під час побудови моделі важливо обмежити надмірність параметрів: кількість діагностичних ознак повинна бути достатньою для розпізнавання технічних станів, але не надлишковою, щоб уникнути ускладнення обчислень і зменшити обсяг експериментальних даних.

Математичні моделі можуть задаватися у двох основних формах: неявній та явній. У неявній моделі зазвичай докладно описують лише справний стан системи, а всі інші (несправні) стани визначаються шляхом відхилення параметрів від норми. У явній моделі описується не лише штатний режим роботи, а й усі

типові види несправностей з їх характерними діагностичними ознаками. Перевагою явної моделі є можливість однозначної інтерпретації отриманих результатів, тоді як неявна модель може потребувати додаткових етапів визначення причин порушення.

Для формування порівняльної діагностичної бази використовується метод зіставлення досліджуваних сигналів зі зразковими сигналами, що завчасно внесені до бази даних. Такі зразкові сигнали зберігаються як у справному стані, так і для кожної з типових несправностей. На цій основі математична модель може бути представлена у вигляді матриці технічних станів:



$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}. \quad (3.14)$$

Параметри $X_0, X_1, X_2, \dots, X_k$ характеризують технічний стан системи. Параметр X_0 характеризує справний стан системи, параметри X_1, X_2, \dots, X_k характеризують типові несправності системи або їх комбінації.

Загальний параметр можна трактувати як функцію багатьох діагностичних змінних:

$$X_i = \varphi(F_1, F_2, \dots, F_n), \quad (3.15)$$

де F_1, F_2, \dots, F_n – ознаки, пов'язані з конкретною несправністю.

Основне призначення математичної моделі полягає у встановленні функціональних залежностей між вимірними параметрами та технічним станом системи, що діагностується. Для цього вводяться попередні умови:

- усі сигнали надходять у цифровому вигляді;
- процеси в системі можуть бути описані їх спектрально-частотними

характеристиками;

- порівняння станів здійснюється шляхом нормованого зіставлення частотних характеристик сигналів.

Для прикладу розглянемо спектральні властивості сигналу системи заповнення. Спектральна щільність потужності (СЩП) є інформативною характеристикою, чутливою до дефектів системи: будь-яка несправність змінює форму або інтенсивність окремих частотних складових. На рисунку 3.7 умовно наведено принцип визначення параметрів математичної моделі.

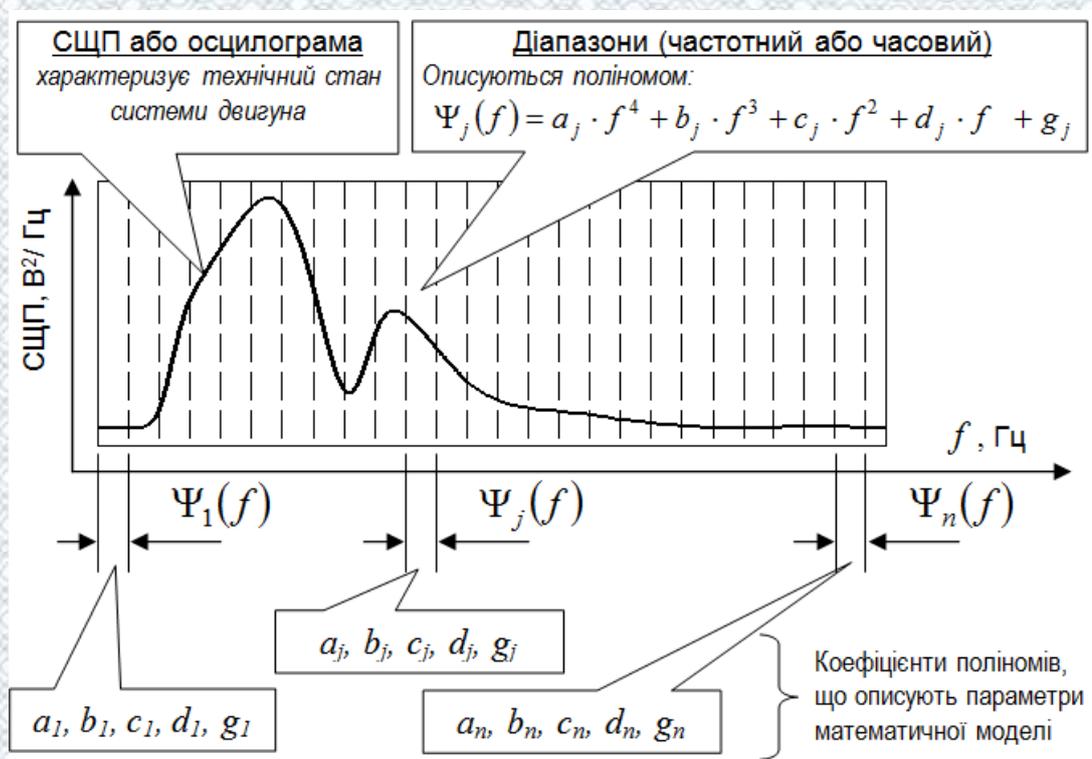


Рис. 3.7 – Визначення параметрів математичної моделі

Для підвищення точності розпізнавання графік СЩП поділяють на окремі частотні діапазони. Кожна несправність системи впливає на форму графіка по-різному, причому характер впливу є локальним — певні частоти змінюються більше, інші – менше. Це дає можливість локалізувати прояви несправностей у відповідних діапазонах.

Після поділу СЩП на n частотних ділянок кожен з них інтерполюють за

допомогою полінома, що дає можливість представити весь сигнал у вигляді матриці поліномів:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) \\ \Psi_2(f) \\ \dots \\ \Psi_n(f) \end{pmatrix}. \quad (3.16)$$

На практиці зручно використовувати поліноми четвертого порядку, що дозволяє адекватно описати локальні зміни форми спектральної кривої:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j. \quad (3.17)$$

Тоді вираз (3.16) набуває вигляду:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) = a_1 \cdot f^4 + b_1 \cdot f^3 + c_1 \cdot f^2 + d_1 \cdot f + g_1 \\ \Psi_2(f) = a_2 \cdot f^4 + b_2 \cdot f^3 + c_2 \cdot f^2 + d_2 \cdot f + g_2 \\ \dots \\ \Psi_n(f) = a_n \cdot f^4 + b_n \cdot f^3 + c_n \cdot f^2 + d_n \cdot f + g_n \end{pmatrix}. \quad (3.18)$$

У спрощеному вигляді це можна подати як матрицю коефіцієнтів:

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}. \quad (3.19)$$

Матриця коефіцієнтів дозволяє описати будь-який із можливих станів системи – як справний, так і дефектні стани. Зберігання саме коефіцієнтів поліномів робить базу даних компактною та легко масштабованою.

Під час діагностування для досліджуваного сигналу також обчислюються коефіцієнти поліномів. Після цього здійснюється автоматичне порівняння

отриманої матриці коефіцієнтів із матрицями, що зберігаються у базі даних. Оскільки база даних містить опис усіх типових несправностей, порівняння дозволяє точно визначити стан системи.

Щоб встановити подібність між окремими діапазонами досліджуваного сигналу та діапазонами з бази даних, використовують коефіцієнти кореляції:

$$r_{ij} = \frac{1}{|\Omega_j, \Omega_{j+1}| \cdot \sigma_{\text{дос}} \sigma_{\text{баз}}} \int_{\Omega_j}^{\Omega_{j+1}} (\Psi_{j_{\text{дос}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{дос}}}}) \cdot (\Psi_{j_{\text{баз}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{баз}}}}) df, \quad (3.20)$$

де i – номер параметра X_i з бази даних ($i \in [1, k]$);

j – номер діапазону частот у графіку СЦП ($j \in [1, n]$);

n – кількість діапазонів частот графіка СЦП;

k – кількість параметрів X_i математичної моделі;

Ω_j – початок j -го діапазону частот;

$\sigma_{\text{дос}}, \sigma_{\text{баз}}$ – стандартні відхилення j -го діапазону частот;

$\overline{\Psi_{j_{\text{дос}}}}, \overline{\Psi_{j_{\text{баз}}}}$ – середні значення j -го діапазону частот.

На основі розрахованих значень утворюється матриця кореляцій:

$$R_{\Psi} = \begin{pmatrix} r_{01} & r_{02} & \dots & r_{0n} \\ r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{kn} \end{pmatrix}. \quad (3.21)$$

Кожен рядок цієї матриці відображає ступінь відповідності досліджуваного сигналу певному технічному стану. Вважається, що сигнал відповідає конкретній несправності, якщо коефіцієнти кореляції у відповідному рядку перевищують визначені порогові значення.

Таким чином, матриця кореляцій дозволяє встановити, який із станів, що міститься у базі даних, найбільше відповідає фактичному стану системи. Такий

підхід мінімізує вплив людського фактору, підвищує повторюваність діагностичних висновків та забезпечує можливість повної автоматизації процесу.

Запропонована математична модель має здатність до самонавчання. Якщо під час чергового діагностування система формує матрицю коефіцієнтів, якої немає у базі даних, несправність можна встановити альтернативними методами, після чого новий стан додається до бази. Завдяки цьому база знань поступово поповнюється, а система діагностування стає дедалі точнішою у процесі експлуатації.

3.3 Розробка алгоритмів діагностування систем автомобільного двигуна

Ефективна автоматизація процесу діагностування систем автомобільного двигуна можлива лише за умови створення чітко визначених алгоритмів, які забезпечують виявлення несправностей з мінімальним залученням оператора. В умовах сучасної експлуатації важливо, щоб алгоритм діагностики не залежав від рівня кваліфікації спеціаліста та не вимагав від нього суб'єктивної інтерпретації сигналів. Тому основою нового покоління діагностичних систем є інтелектуальна обробка даних, реалізована програмними засобами.

Участь людини у процедурі діагностування практично обмежується під'єднанням вимірювального обладнання до контрольних точок та запуском програмного забезпечення. Уся подальша робота: цифрова фільтрація сигналів, їх нормалізація, порівняння з еталонами, класифікація технічних станів – виконується автоматично. Це мінімізує похибки, що можуть з'явитися через втому, недостатній досвід або суб'єктивні припущення оператора. Ключовим елементом функціонування алгоритмів діагностування є база даних – структурований масив інформації, що містить параметри сигналів для справного стану системи та для кожної типової несправності. Створення такої бази є складною й відповідальною процедурою, адже саме вона визначає точність роботи всієї системи.

Загальна логіка формування бази даних показана на рисунку 3.11.

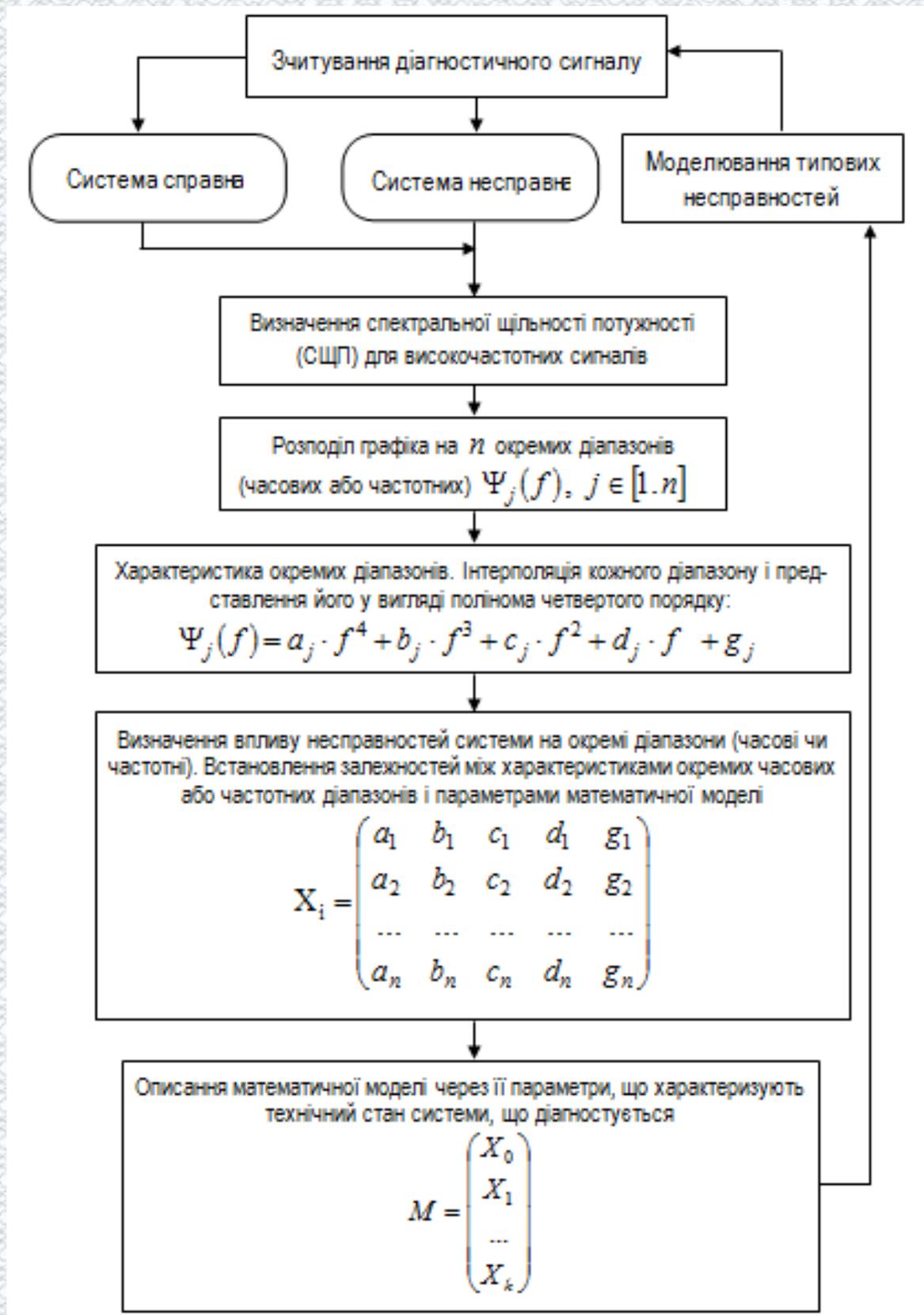


Рис. 3.11 – Блок-схема створення інформаційної бази даних параметрів математичної моделі

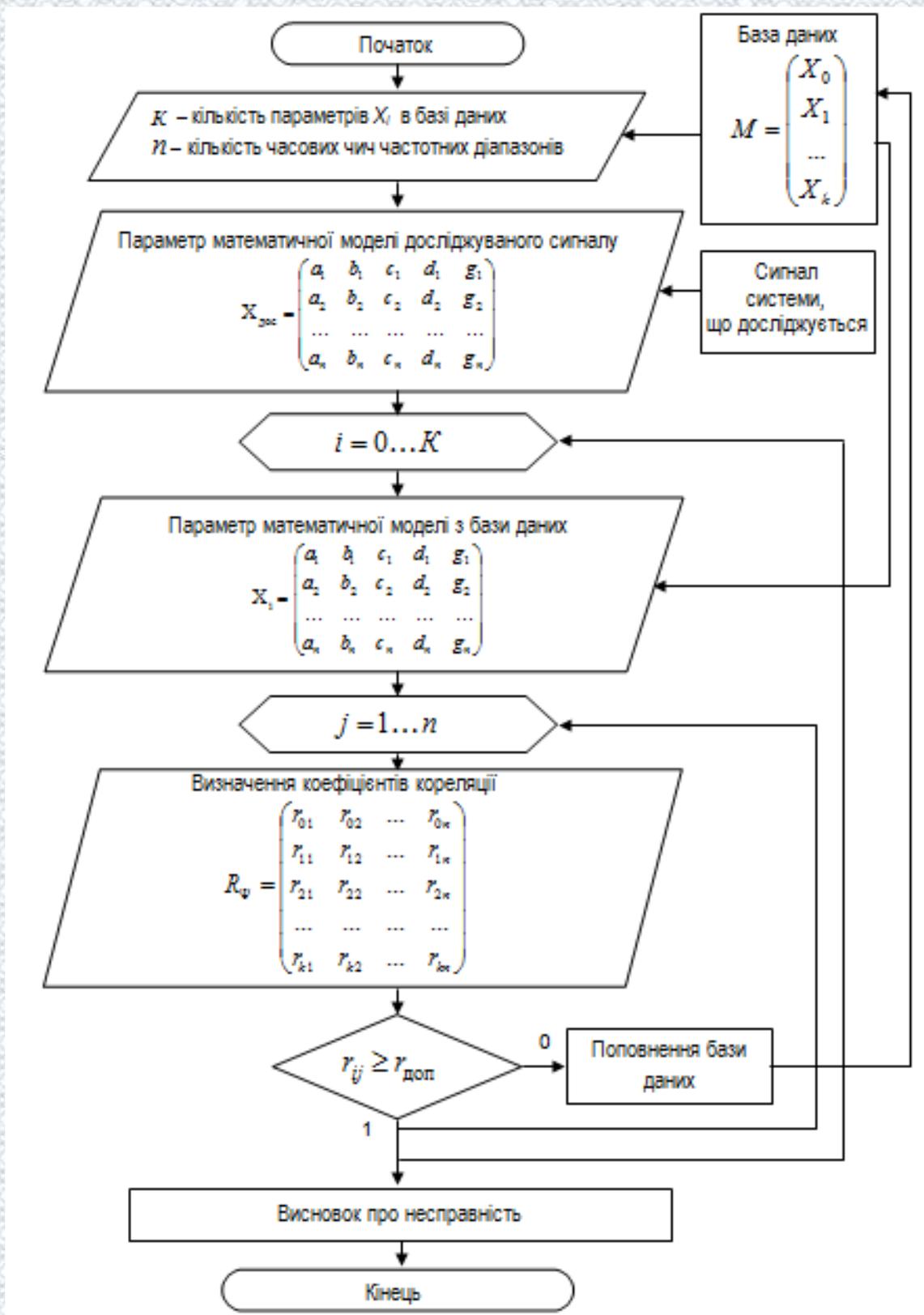


Рис. 3.12 – Блок-схема автоматизованого порівняння параметрів математичної моделі та поповнення бази даних

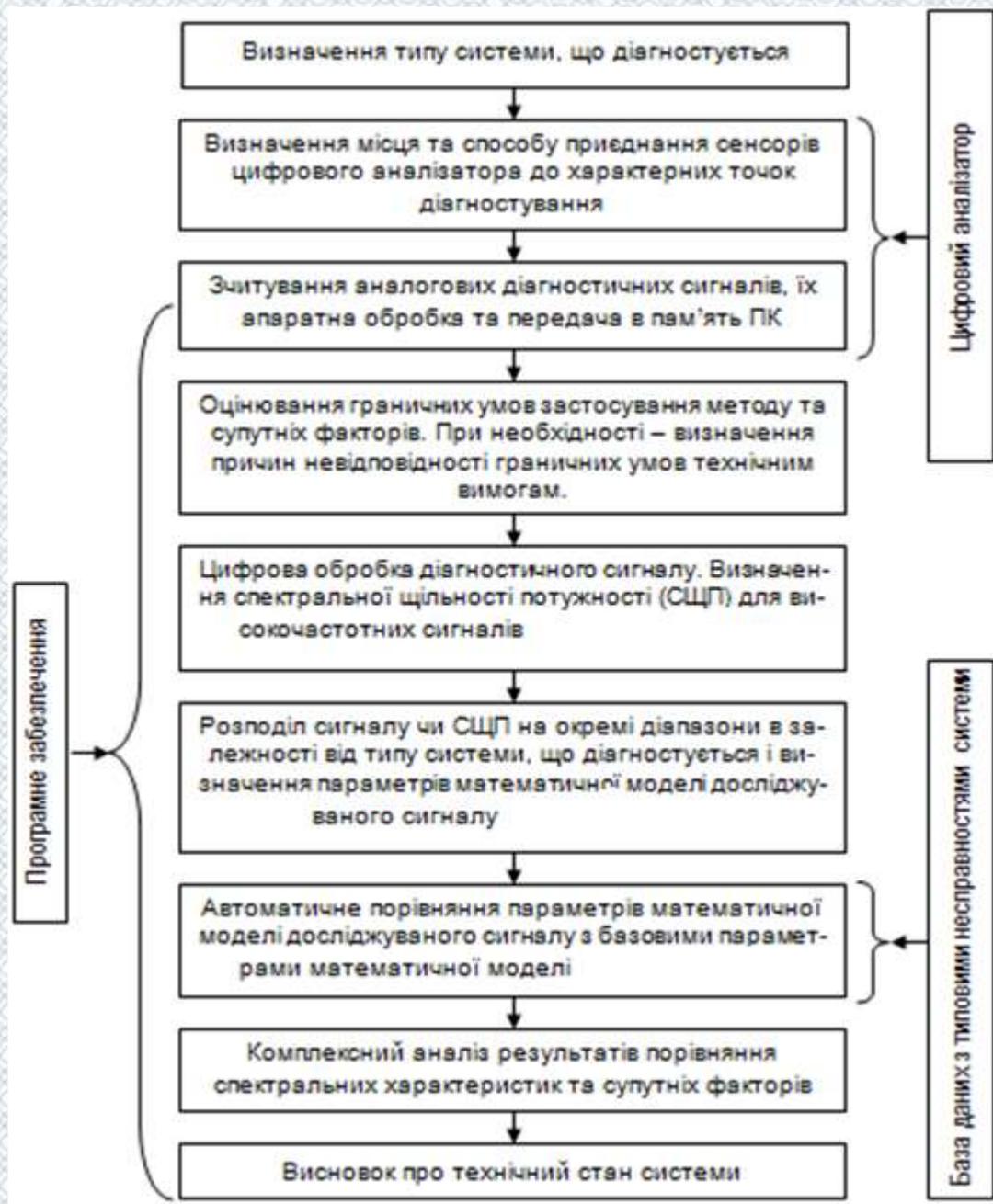


Рис. 3.13 – Блок-схема алгоритму автоматизованого діагностування

Програмне забезпечення:

- виконує обчислення коефіцієнтів поліномів для сигналу, отриманого під час діагностування;
- формує матрицю коефіцієнтів, аналогічну тій, яка зберігається в базі даних;
- здійснює порівняння між новою матрицею та вже існуючими записами.

Для порівняння використовується кореляційний аналіз, який дозволяє кількісно визначити ступінь подібності між параметрами у різних діапазонах. Алгоритм обирає той еталонний стан, матриця якого має найбільшу кореляцію з досліджуваним сигналом. Якщо знайдено відповідність, система автоматично формує діагностичний висновок.

Якщо ж відсутня відповідність між новою матрицею та існуючими записами, сигнал вважається нетиповим, і у такому випадку база даних може бути доповнена новим технічним станом після його підтвердження інженером.

Цей алгоритм передбачає виконання послідовності операцій: від зчитування сигналу до формування діагностичного висновку та можливого поповнення бази новими станами системи. Центральною його особливістю є наявність механізму самонавчання, База даних здатна розширюватися, а алгоритм підвищує точність діагностування в процесі експлуатації. Таким чином, система набуває властивостей адаптивності, що особливо важливо для сучасних автомобільних систем з великою кількістю варіацій конструкції та умов роботи.

Загалом запропонований підхід дозволяє створити ефективну, масштабовану та самонавчальну автоматизовану систему діагностики, яка забезпечує високу точність визначення несправностей та зменшує вплив суб'єктивних чинників на процес технічного обслуговування.

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок інвестиційних вкладень

Фактична або повна сума інвестиційних вкладень в методику діагностування двигуна визначається в результаті проведення калькуляції основних статей витрат. Дана методика втілюється в технологію діагностування і впроваджується на СТО.

Трудомісткість науково-дослідної діяльності базується на наступній інформації: кількість макетів (набори даних вхідної інформації) для процесу моделювання; кількість різновидів форм вихідної інформації; ступінь новизни групи задач (задачі) - А – задачі, які передбачають використання принципово нових методів розробки, проведення науково-дослідних робіт.

Таблиця 4.1 – Вхідна інформація для визначення трудомісткості дослідницької діяльності

Найменування	Ступінь новизни	Складність алгоритму	Вид інформації	Кількість макетів вхідної інформації	Кількість макетів вихідної інформації	Формування баз знань
Параметр	Б	А	БД	3	5-6	Високого рівня
Нормативні дані визначені на основі вхідної інформації						
	36	$k_{\text{стан.}} - 0,7$		$N_{\text{час}} - 125$		$k_{\text{м}} - 1$
				$k_{\text{скл}} - 1,08$		

Загальну трудомісткість можна визначити за формулою:

$$T_{\text{заг}} = N_{\text{час}} \cdot k_{\text{скл}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{станд}} \cdot k_{\text{станд ПП}}, [\text{людино дні}] \quad (4.1)$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальна трудомісткість, людино-дні;

$N_{час}$ – норма часу, людино-дні;

$k_{станд.ПП}$ – коефіцієнт розробки стандартного ПП (норму часу слід коректувати за допомогою коефіцієнта використання стандартного математичного забезпечення, який становить 1,2 – 1,6).

$$T_{заг} = 125 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,4 = 122,5 \text{ (людино днів)}$$

Визначення необхідної кількості розробників.

Необхідна чисельність працівників, необхідних для розробки визначається згідно з формулою:



$$Ч = \frac{T_{заг}}{\Phi_{р.ч.} \cdot \frac{t_{розр.}}{12}}, \text{ [осіб]} \quad (4.2)$$

де $Ч$ - необхідна чисельність розробників ПП, осіб;

$T_{заг}$ – загальна трудомісткість, людино-дні;

$\Phi_{р.ч.}$ – річний фонд робочого часу (встановлюється трудовим законодавством на кожен рік, днів);

$t_{розробн}$ – запланований строк розробки, місяці.

$$Ч = \frac{122,5}{250 \cdot \frac{3}{12}} = 0,4 \approx 1 \text{ (особа)}.$$

Для визначення мінімальної тарифної ставки, тобто тарифної ставки першого розряду використовуємо наступну формулу:

$$T_{ст}^1 = \frac{3П_{мін}}{\Phi_{нм}} \cdot K_2, \text{ [грн]} \quad (4.3)$$

де $ЗП_{\min}$ – мінімальна заробітна плата (згідно чинного законодавства), грн.;
 $\Phi_{\text{нм}}$ – номінальний місячний фонд робочого часу одного працівника, год.
(відповідно до Галузевої угоди);
 K_2 – галузевий коефіцієнт.

$$T_{\text{ст}}^1 = \frac{6500}{162} \cdot 1,25 = 50,15 \text{ (грн.)}$$

Для розрахунку тарифної ставки інших розрядів використовуємо тарифні коефіцієнти і наступну методику розрахунку:

$$T_{\text{ст}}^i = T_{\text{ст}}^1 \cdot K_m^i, \text{ [грн]} \quad (4.4)$$

де K_m^i - тарифний коефіцієнт і-го розряду.

Розрахуємо тарифну ставку для працівників 5-го розряду.

$$T_{\text{ст}}^5 = 50,15 \cdot 1,96 = 98,3 \text{ (грн);}$$

Складаємо штатний розклад виробничих робітників відповідно до визначеної потреби у працівниках.

Таблиця 4.2 - Штатний розклад розробників зайнятих в науково-дослідницькій діяльності

Посада	Тарифний розряд	Кількість працівників, чол.	Тарифна ставка, грн.	Середньо годинна тарифна ставка, грн.
Інженер-механік	5	1	98,3	98,3
Штатна чисельність працівників		1	-	98,3

Розрахунок фонду основної і додаткової заробітної плати.

До фонду основної заробітної плати включають заробітну плату розраховану в межах встановлених норм по тарифу.

$$ЗП_{осн} = T_{с.год} \cdot \Phi_{вр} \cdot P_{ш}, [\text{грн}] \quad (4.5)$$

$$ЗП_{осн} = 98,3 \cdot 336 \cdot 1 = 33029,62 \text{ (грн).}$$

Фонд додаткової заробітної плати включає в себе різні види доплат- за професійну майстерність – 20%, за інтенсивність – 12% від основної заробітної плати дослідників та суму нарахованої премії, тощо. Розміри цих доплат встановлюються відповідними законодавчо-нормативними актами, а розмір премії - діючим на підприємстві Колективним договором. Проводимо розрахунки і формуємо фонд додаткової заробітної плати.

$$ЗП_{дод} = 6605,92 + 3963,55 + 6605,92 = 17175,39 \text{ (грн).}$$

Плановий фонд оплати праці складається з фонду основної заробітної плати та фонду додаткової заробітної плати:

$$\Phi ОП = ЗП_{осн} + ЗП_{дод}, [\text{грн}] \quad (4.11)$$

$$\Phi ОП = 33029,62 + 17175,39 = 50205,01 \text{ (грн).}$$

Розрахунок єдиного соціального внеску.

Єдиний соціальний внесок розраховується за формулою

$$B_{ЄСВ} = \frac{BB_{ЄСВ}}{100} \cdot \Phi ОП, [\text{грн}] \quad (4.12)$$

де $BB_{ЄСВ}$ -відсоток відрахувань єдиного соціального внеску, %.

$$B_{CCB} = \frac{22}{100} \cdot 50205,01 = 11045,10 \text{ (грн).}$$

4.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Суму амортизаційних відрахувань для груп обладнання основних засобів розраховується в залежності від норм амортизації визначених в Податковому кодексі України та терміну використання в дослідницьких цілях (у місяцях)

$$A_A = \frac{15687 \cdot 20}{100} \cdot \frac{3}{12} = 784,35 \text{ (грн)}$$

Витрати на силову електроенергію під час проектувальних заходів

$$B_c = 1,68 \cdot 0,57 \cdot 336 \cdot 0,8 = 257,40 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо загальновиробничі витрати, які приймаються від 5 до 15% від основної заробітної плати дослідників зайнятих у даному інвестиційному проєкті.

На основі проведених розрахунків складаємо кошторис інвестиційних витрат за наступною формою.

Таблиця 4.3 – Кошторис інвестиційних витрат методики діагностування двигуна на основі нейро-нечіткої мережі

Статті витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Структура, %
1	2	3	4
Заробітна плата основна	$ЗП_{осн}$	33029,62	48,36

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
Заробітна плата додаткова	$ЗП_{дод}$	17175,39	27,56
Нарахування на заробітну плату єдиного соціального внеску	$B_{ССВ}$	11045,10	16,70
Амортизаційні відрахування	A_A	784,35	1,05
Витрати на електроенергію	B_c	257,40	0,52
Загальновиробничі витрати	$B_{зг}$	3302,96	5,80
Разом		115799,83	100

Розрахунок експлуатаційних витрат включає в себе формування бази знань для ННМ та підтримка діючої моделі у працездатному стані протягом всього періоду експлуатації. Розрахуємо заробітну плату персоналу пов'язаного з формуванням бази знань

$$З_{обс} = 12 \cdot M \cdot \beta [\text{грн/рік}], \quad (4.8)$$

де 12 – число місяців;

M – місячний посадовий оклад інженерно – технічного працівника, грн.
 β – частка часу, який витрачає працівник на обслуговування та оновлення бази знань, в загальному часі своєї роботи - 10-18%

$$З_{обс} = 12 \cdot 6500 \cdot 0,12 = 9360,6(\text{грн/рік}).$$

Додаткову заробітна плата складає 10% від оплати праці інженерно-технічного працівника – 936,0 грн.

Розраховуємо нарахування на заробітну плату - $H_{ССВ}$

$$H_{ССВ} = (9360,0 + 936,0) \cdot 0,22 = 2265,12(\text{грн}).$$

Витрати на електроенергію (при живленні із електромережі)

$$B_c = 1,68 \cdot 0,4 \cdot 1800 \cdot 0,96 \cdot 0,12 = 139,34 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо амортизаційні відрахування

$$A = \frac{115799,83 \cdot 20 \cdot 12}{100} = 2779,19 \text{ (грн)}.$$

Витрати на поточний ремонт комп'ютерної техніки можна розрахувати за формулою:

$$P = [(0,04 \div 0,1) \cdot Ц + З_d + З_{обс}] \cdot \beta \text{ [грн]}, \quad (4.13)$$

де Ц – балансова вартість персонального комп'ютера, грн.;

$$P = 0,1 \cdot 15687 + (9360 + 936) \cdot 0,12 = 1423,68 \text{ (грн)}.$$

Розрахуємо інші витрати як 5-10% від загальної суми усіх попередніх витрат

$$I_b = (9360 + 936 + 2265,12 + 139,34 + 2779,19 + 1423,68) \cdot 0,07 = 1183,23 \text{ (грн)}.$$

Сума витрат попередніми статтями дає величину витрат для забезпечення працездатності інвестиційного проекту та формування бази знань

Таблиця 4.5 – Кошторис витрат пов'язаних з формування бази знань та забезпечення процесу експлуатації

Статті витрат	Умовні позначення	Сума грн.	Структура, %
Заробітна плата обслуговуючого персоналу	$Z_{обс}$	9360,0	54,00
Додаткова заробітна плата	Z_d	936,0	5,40
Нарахування на заробітну плату	$H_{ссв}$	2265,12	13,07
Амортизаційні відрахування для програмного продукту	A	2779,19	11,54
Витрати на поточний ремонт комп'ютерної техніки	P	1423,68	8,27
Витрати на електроенергію	B_c	139,34	1,08
Інші витрати	I_B	1183,23	6,64
Разом	E_2	18086,56	100

Розраховуємо умовний обсяг робіт з використанням інвестиційного проекту методики діагностування двигуна на основі нейронечіткої мережі Q за формулами

$$Q_1 = \frac{F \cdot 60 \cdot \beta}{t_1} [\text{ум. од.}], \quad (4.16)$$

$$Q_2 = \frac{F \cdot 60 \cdot \beta}{t_2} [\text{ум. од.}], \quad (4.17)$$

де Q_1, Q_2 – умовний обсяг робіт при застосування існуючого та інноваційного підходу, умовних одиниць.

t_1 та t_2 – час виконання конкретної функції або роботи при застосуванні відповідно існуючого та нового підходу, хв.

$$Q_1 = \frac{1800 \cdot 60 \cdot 0,12}{16} = 810 \text{ (ум. од.)};$$

$$Q_2 = \frac{1800 \cdot 60 \cdot 0,12}{3} = 4320 \text{ (ум. од.)}.$$

4.3 Розрахунок економічної ефективності

Річний економічний ефект від впровадження інвестиційного проекту з методики діагностування двигуна на основі нейро-нечіткої мережі

$$\Delta E = \left(\frac{E_1}{Q_1} - \frac{E_2}{Q_2} \right) \cdot Q_2 [\text{грн./рік}], \quad (4.18)$$

де E_1 – експлуатаційні витрати при використанні діючого підходу, грн./рік.

E_2 – експлуатаційні витрати при використанні інвестиційного проекту на основі нейро-нечіткої мережі, грн./рік.

$$\Delta E = \left(\frac{15560,75}{810} - \frac{18086,56}{4320} \right) \cdot 4320 = 65274,66 (\text{грн./рік}).$$

Термін окупності інноваційного проекту

$$T_0 = \frac{B}{\Delta E} [\text{років}], \quad (4.19)$$

де B – загальна сума капіталовкладень.

ΔE – річний економічний ефект використання інноваційної методики, грн.

$$T_0 = \frac{115799,83}{65274,66} = 1,7 \text{ (року)}.$$

Виходячи із проведених розрахунків можна узагальнити, що методика діагностування двигуна на основі цифрової обробки сигналів є ефективною так, як термін окупності інноваційного підходу складає 1,7 року < 3 років (нормативне значення) і базується на нових цифрових підходах до діагностування.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз організації діагностичних робіт у зоні технічного обслуговування ТОВ «Джерман-Центр» показав, що ефективність виконання робіт значною мірою залежить від застосовуваних технологій діагностування. В умовах зростання технічної складності сучасних автомобілів традиційні методи перевірки, засновані переважно на зчитуванні кодів несправностей та візуальному контролю параметрів, уже не забезпечують необхідного рівня точності. Це обґрунтовує необхідність переходу до більш інформативних та швидкодіючих діагностичних підходів, які інтегрують можливості автоматизованої обробки даних і зменшують залежність результату від суб'єктивних оцінок спеціаліста.

2. У роботі запропоновано удосконалення технології діагностування автомобільного двигуна шляхом використання методів аналізу осцилограм та спектральних характеристик сигналів, отриманих із контрольних точок діагностування. Використання цифрової обробки сигналів дало змогу виділити інформативні ознаки роботи систем запалювання, живлення та екологічних підсистем, що значно підвищує точність ідентифікації несправностей, які важко визначити за допомогою стандартної бортової діагностики. Запропонований підхід дозволяє отримувати розширену діагностичну інформацію, що відображає реальні фізичні процеси у двигуні.

3. На основі отриманих результатів розроблено діагностичну модель автоматизованого визначення технічного стану двигуна, принцип роботи якої ґрунтується на порівнянні спектральних характеристик еталонних і діагностованих сигналів. Модель забезпечує можливість самонавчання системи за рахунок поповнення бази даних спектрів новими зразками, що дозволяє адаптувати її до різних модифікацій двигунів і типових проявів несправностей. Запропонований підхід створює передумови для підвищення швидкості, об'єктивності та достовірності діагностичних робіт у виробничих умовах СТО «Джерман-Центр» і сприяє оптимізації технологічного процесу технічного обслуговування автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко С. І. Організація фірмового обслуговування : навчальний посібник [для студ. спец. "Автомобілі та автомобільне господарство"] / ІСДО; Український транспортний ун-т. / Андрусенко С. І. – К. : ІЗМН, 1996. – 215 с.
2. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств : навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І. ; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
3. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: [Навчальний посібник] / Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. – К.: «Медін-форм», 2017. – 212 с.
4. Волков В.П. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Волков [та інш.]; – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
5. Кукурудзяк Ю. Ю. Розробка та реалізація методу автоматизованого діагностування системи запалювання автомобільного двигуна на основі порівняння спектрів сигналів : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Ю. Ю. Кукурудзяк. – Харків, 2005. – 205 с.
6. Назар Ф. А. Обґрунтування та реалізація методів автоматизованого діагностування бензинових двигунів на основі аналізу параметрів в їх системах: автореф. дис. на здобуття вчен. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.03 / Ф. А. Назар ; Національний технічний ун-т "Харківський політехнічний ін-т". – Х., 2003. – 20 с.
7. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).
8. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; монографія за заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс-НДІпроект», 2005. – 400 с.

9. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2008.- 341 с.

10. Оперативний контроль технічного стану транспортних засобів : монографія / І.В. Грицук, В.П. Волков, І. В. Худяков, Т.В. Волкова, В.П. Кужель– Харків – Херсон – Вінниця: Едельвейс і К, 2022. – 197 с. ISBN 978-617-7417-00-1.

11. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. – Львів, Львівська політехніка, 2017. – 324 с.

12. Кукурудзяк Ю. Ю., Калашніков В.О., Поліщук А.П. Особливості діагностування автомобільних мехатронних систем / Матеріали міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] – Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 265-268

13. Волков В.П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортового діагностичного комплексу. / Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б., Грицук І.В., Комов А.П., Волков Ю.В. // Науковий журнал Управління проектами, системний аналіз і логістика – Київ.: НТУ, 2014. – Випуск 13. С.126 – 138.

14. Волков В. П. Методи визначення й оцінювання показників оптимального температурного стану двигуна внутрішнього згорання і транспортного засобу в умовах експлуатації / В. П. Волков, І. В. Грицук // Автомобільний транспорт. - 2015. - Вып. 37. - С. 13-21.

15. Мінчев, М. В. Методи діагностики технічного стану двигунів внутрішнього згорання з використанням цифрових двійників. Наукові праці НТУ "ХП", 4(3), 2023. - 123–130.

16. Розум, Р., Буряк, М., Попович, П. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів. Збірник наукових праць Луцького НТУ, 14(2), 2021 – С. 67–74.

17. Кукурудзяк, Ю. Ю. Система моніторингу технічного стану автомобільного двигуна. Вісник Вінницького національного технічного університету, 3,

2018 – С. 29–34. Кукурудзяк, Ю. Ю. Діагностування системи керування двигуном на основі аналізу інформації бортової діагностики. Вісник Вінницького національного технічного університету, 2, 2015 - С. 123–128

18. Штовба С. Д. Логічне виведення за ієрархічними гібридними нечіткими базами знань. Матеріали II Міжнародної науковотехнічної конференції "Обчислювальний інтелект", Черкаси, Україна, 14–17 травня 2013 р.

19. Ng, K. Y., Frisk, E., Krysander, M. A Realistic Simulation Testbed of A Turbocharged Spark-Ignited Engine System: A Platform for the Evaluation of Fault Diagnosis Algorithms and Strategies. arXiv Preprint, arXiv:2020 - 2002.03201.

20. Шокарев, О. М., & Болтянська, Н. І. Засоби діагностики сучасних автомобільних двигунів. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. 2020

21. Наконечний, А. І. Методи та засоби діагностування роботи двигуна автомобіля за оцінкою його віброакустичних характеристик. Науковий вісник НУ "Львівська політехніка", 907, 2018 - С. 38–43

22. Neto, M. A. S., Vincenzi, A. M. R., & Nakagawa, E. Y. (2017). Systematic Literature Review on Automotive Diagnostics. 2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA), 2017 - С. 117–126.

23. Gong, C. S. A. How to Implement Automotive Fault Diagnosis Using Artificial Intelligence Scheme. Micromachines, 13(9), 2022

24. Al-Ghushami, M. A., Hossain, M. A., & Hossain, M. A. Deep Learning Towards Intelligent Vehicle Fault Diagnosis. 2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIOT), 2020 – С. 224–229.

25. Murphy, C., Xie, C., & Aviyente, S. Automotive Fault Detection and Prediction Using Machine Learning: A Case Study on Engine Misfire. International Journal of Vehicle Design, 87(4), 2021 – С. 323–342.

26. Kumar, R., Sharma, S., & Singh, A. K. Application of Machine Learning in Predictive Maintenance of Automotive Engines. Journal of Automotive Research and Applications, 4(3), 2018 С. 76–83.

Ілюстративна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції
технічного обслуговування автомобілів товариства з
обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр» місто
Вінниця удосконаленням технології діагностування
автомобільного двигуна**



Керівник роботи

к.т.н., доц. Ю.Ю. Кукурудзяк

Розробив студент гр. 1АТ-24М
В.О. Калашніков



Мета роботи – Метою роботи є підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування ТОВ «Джерман-Центр» шляхом удосконалення технології діагностування автомобільного двигуна з використанням сучасних методів аналізу сигналів

Основні задачі роботи:

1. Виконати науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностування систем автомобільного двигуна в умовах СТО.
2. Проаналізувати виробничу діяльність та організацію функціонування зони діагностики ТОВ «Джерман-Центр» і розробити рекомендації щодо її удосконалення.
3. Запропонувати науково обґрунтований підхід до діагностування автомобільних двигунів на основі використання інформативних параметрів та методів цифрової обробки сигналів.
4. Розробити діагностичну модель автоматизованого визначення технічного стану двигуна на основі аналізу спектральних характеристик сигналів.
5. Описати методику практичної реалізації запропонованої технології діагностування в умовах станції технічного обслуговування.

Наукова новизна одержаних результатів.

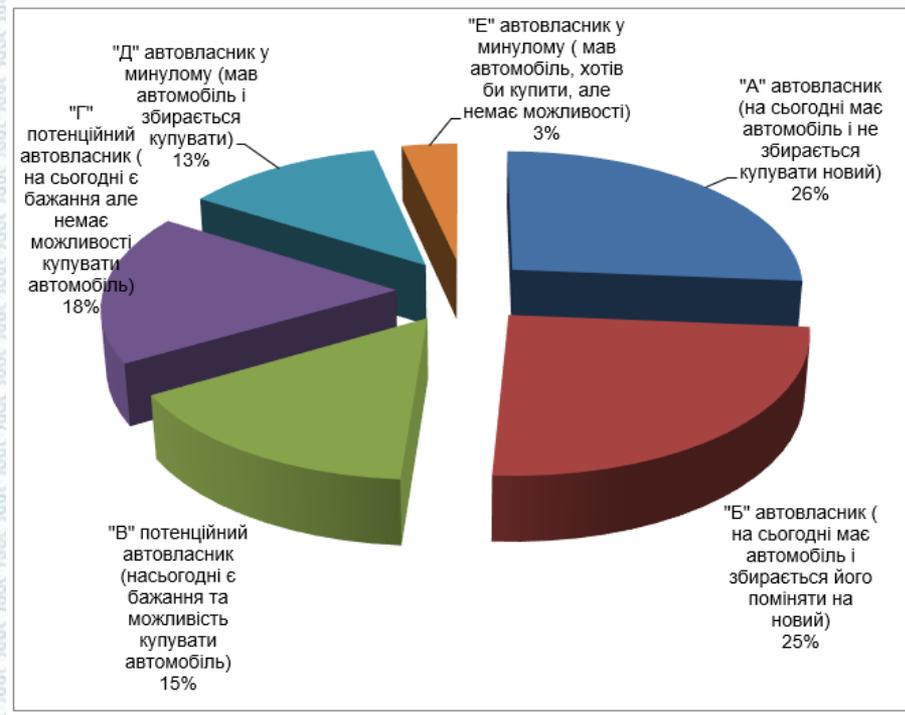
1. Запропоновано науково обґрунтований підхід підвищення ефективності діагностичних робіт на СТО шляхом удосконалення технології діагностування двигуна з використанням спектрального та осцилографічного аналізу сигналів.
2. Подальшого розвитку набули методи діагностування систем автомобільного двигуна, що базуються на дослідженні інформаційних параметрів роботи систем автомобільного двигуна.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження дозволили сформулювати:

- алгоритм побудови діагностичної моделі для визначення несправностей автомобільного двигуна з використанням спектрального та осцилографічного аналізу сигналів;
- методичку автоматизованого пошуку несправностей на основі спектрального аналізу сигналів;
- рекомендації щодо впровадження удосконаленого технологічного процесу діагностування в умовах ТОВ «Джерман-Центр».

Аналіз ринку послуг СТО «Джерман-Центр»

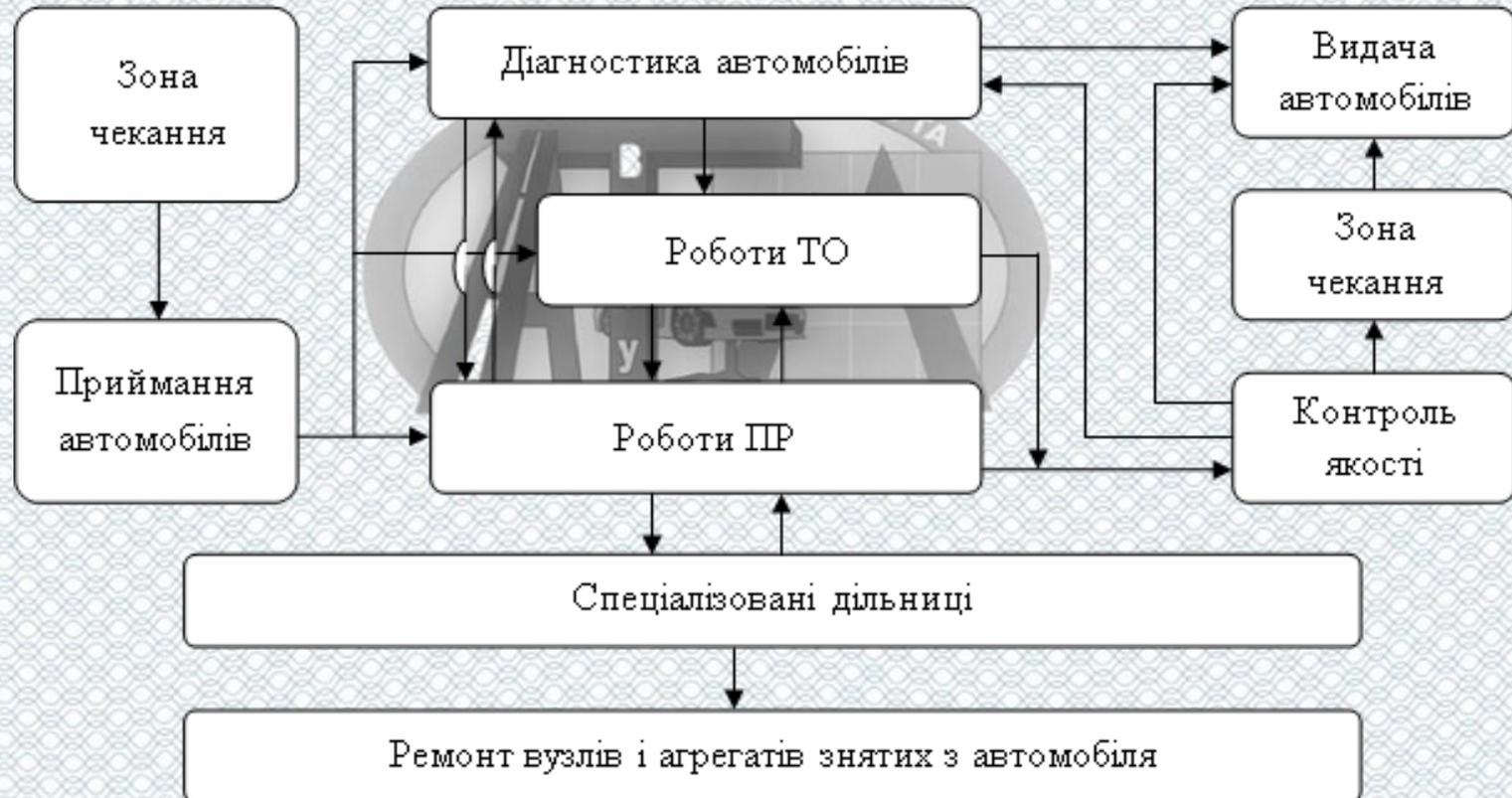
Структура власників автомобілів за категоріями



Структура попиту споживачів автосервісних послуг

Види підприємств, що надають послуги з обслуговування автомобілів	Мають автомобіль	Придбали автомобіль, або мають на меті придбати	В цілому	Структура, %
Сервісні СТО	18	38	56	30,43
Колишні СТО державної форми власності	12	18	30	16,30
Нові СТО приватної форми власності	12	18	30	16,30
Автосервіси, що сформовані на виробничо-технічній базі АТП	8	16	24	13,04
Гаражні автосервіси	6	38	44	23,91
Разом	56	128	184	100,00

Схема технологічного процесу ТО і ПР автомобілів на СТО



Вихідні дані технологічного розрахунку СТО

Вихідні дані розрахунку виробничої програми:

Виробнича потужність, режим роботи СТО:

Параметр	Значення	
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	?	4200
Частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР	?	2
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	?	2100
- автомобілів особливо малого класу (I група)	672 авт.	32 %
- автомобілів малого класу (II група)	630 авт.	30 %
- автомобілів середнього класу (III група)	798 авт.	- 38 %
Середньорічний пробіг автомобілів	?	13850
Кліматичний район	?	Помірно-теплий ▼
Кількість робочих днів СТО	?	303
Тривалість зміни	?	7
Кількість робочих змін ТО і ПР	?	1
Кількість робочих змін приймання і видачі	?	1

Додаткові послуги СТО:

Параметр	Значення	
СТО здійснює продаж нових автомобілів?	<input checked="" type="radio"/> Так <input type="radio"/> Ні	
Кількість автомобілів, що продаються на СТО за рік	?	130
Кількість робочих змін передпродажної підготовки	?	1

Результати технологічного розрахунку СТО

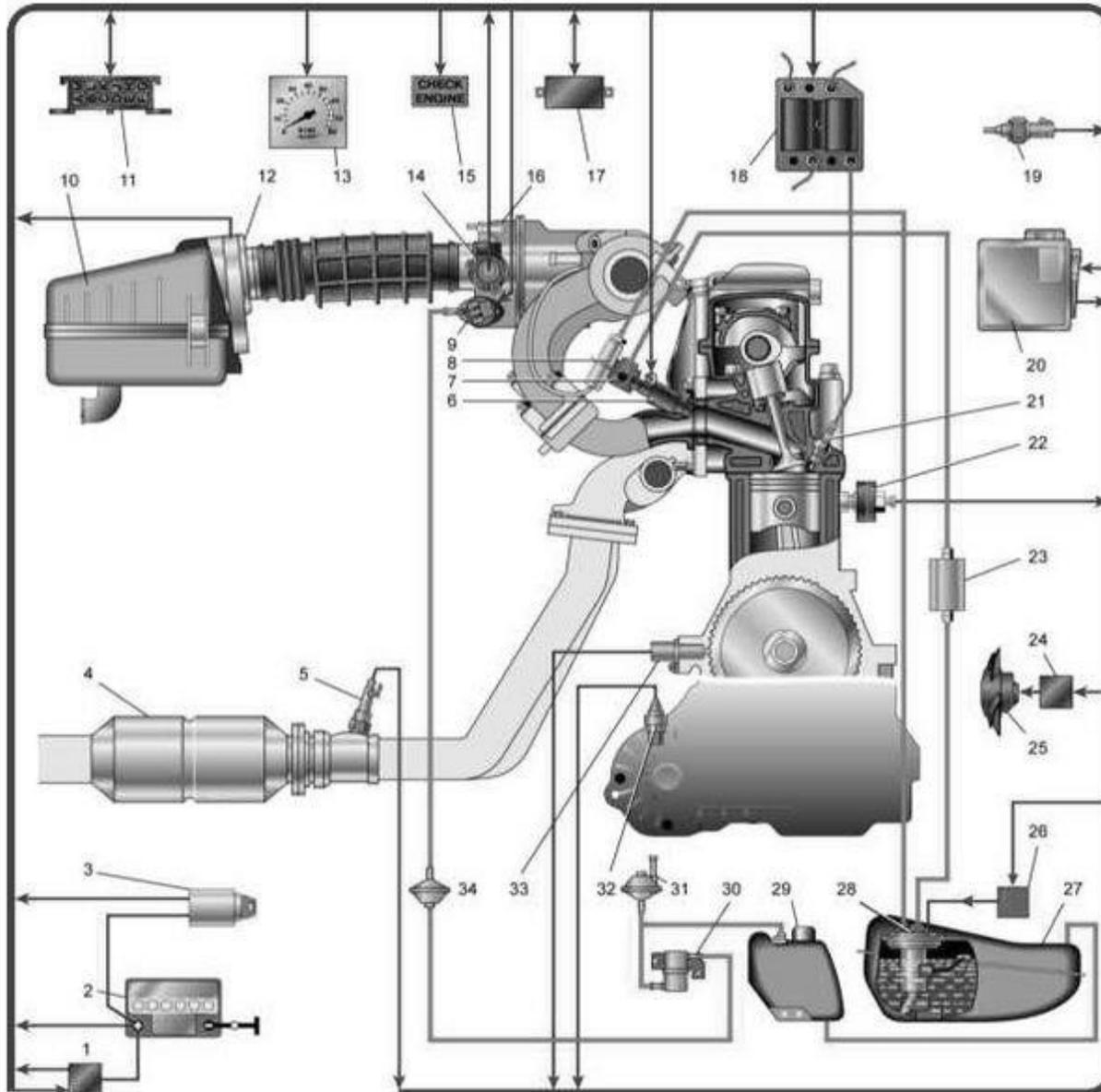
Розподіл робіт ТО і ПР:

Вид робіт ТО і ПР	Розподіл за видами, люд.-		Постові роботи		Дільничні роботи	
	год	люд.-год	Ря	Х	люд.-год	Ря
Контрольно-діагностичні роботи	2740.97	2740.97	1.32	1.04		
Технічне обслуговування в повному обсязі	10278.64	10278.64	4.96	3.89		
Масильні	2055.73	2055.73	0.99	0.78		
Регулювання кутів керованих коліс	2740.97	2740.97	1.32	1.04		
Ремонт і регулювання гальм	2055.73	2055.73	0.99	0.78		
Електротехнічні	2740.97	2192.78	1.06	0.83	548.19	0.26
Роботи за системою живлення	2740.97	1918.68	0.93	0.73	822.29	0.40
Акумуляторні	1370.49	137.05	0.07	0.05	1233.44	0.60
Шинні	1370.49	411.15	0.20	0.16	959.34	0.46
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	5481.94	2740.97	1.32	1.04	2740.97	1.32
Кузовні, арматурні, мідницькі, зварювальні	17131.07	12848.30	6.20	4.86	4282.77	2.07
Фарбувальні	10963.88	10963.88	5.29	4.14		
Оббивні	2055.73	1027.86	0.50	0.39	1027.86	0.50
Слюсарно-механічні	4796.70				4796.70	2.31
Всього робіт ТО і ПР	68524.26	52112.70	25.14	19.70	16411.56	7.92

Розподіл інших робіт обслуговування:

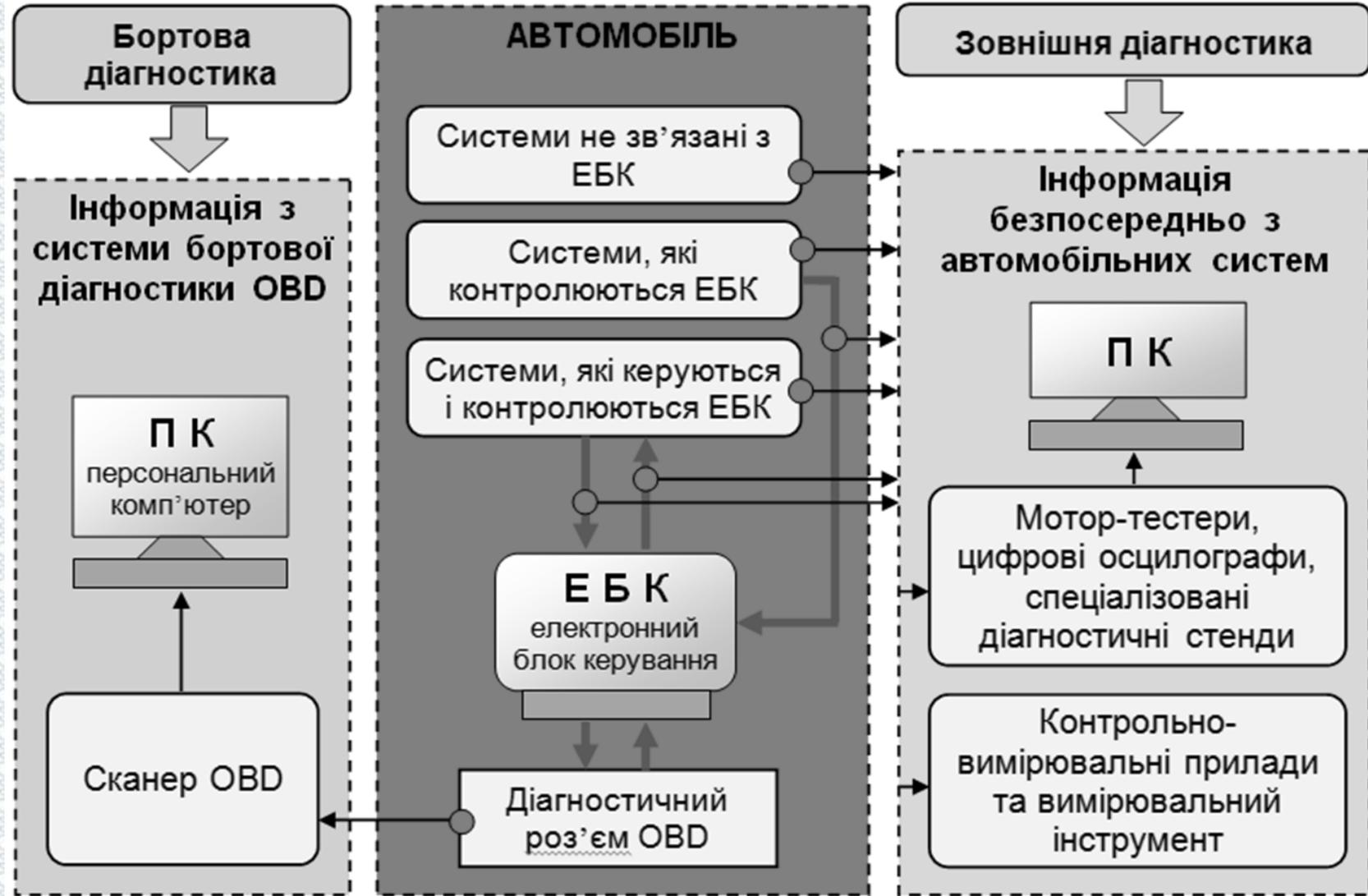
Вид робіт	Трудом., люд.-год	Чис. роб. Ря	К-сть постів Х
Роботи прибирання і миття перед виконанням ТО і ПР	852.60	0.41	0.32
Роботи прибирання і миття як окремої послуги	2131.50	1.03	0.81
Роботи приймання і видачі	1278.90	0.62	0.48
Роботи передпродажної підготовки	455.00	0.22	0.17
Роботи антикорозійної обробки	6300.00	3.04	2.38

Системи автомобільного двигуна



- 1 - реле запалювання; 2 - акумуляторна батарея; 3 - вимикач запалювання; 4 - нейтралізатор; 5 - датчик концентрації кисню; 6 - форсунка; 7 - паливна рампа; 8 - регулятор тиску палива; 9 - регулятор холостого ходу; 10 - повітряний фільтр; 11 - колодка діагностики; 12 - датчик масової витрати повітря; 13 - тахометр; 14 - датчик положення дросельної заслінки; 15 - контрольна лампа «CHECK ENGINE»; 16 - дросельний вузол; 17 - блок управління іммобілайзером; 18 - модуль запалювання; 19 - датчик температури охолоджуючої рідини; 20 - контролер; 21 - свічка запалювання; 22 - датчик детонації; 23 - паливний фільтр; 24 - реле включення вентилятора; 25 - електровентилятор системи охолодження; 26 - реле включення електробензонасоса; 27 - паливний бак; 28 - електробензонасос з датчиком рівня палива; 29 - сепаратор парів бензину; 30 - гравітаційний клапан; 31 - запобіжний клапан; 32 - датчик швидкості; 33 - датчик положення колінчастого вала; 34 - двоходовий клапан.

Способи діагностування автомобільного двигуна



Системи автомобільного двигуна

Сенсори для зчитування діагностичної інформації. Діагностичний стенд

Діагностичні сигнали (осцилограми)

КШМ, ГРМ, система випуску відпрацьованих газів

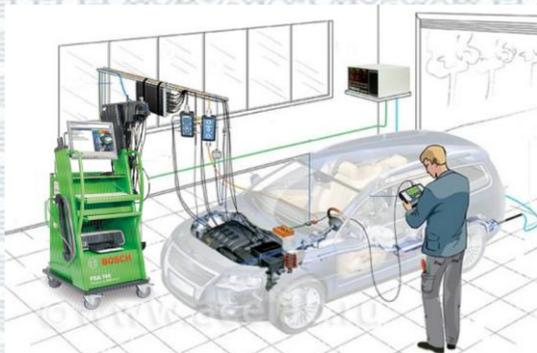
1. Розрідження у впускному колекторі.
2. Тиску в циліндрах
3. Напруги АБ при прокручуванні стартером
4. Тиску в масляній магістралі
5. Тиску відпрацьованих газів.
6. Віброакустичні сигнали

Система керування двигуном

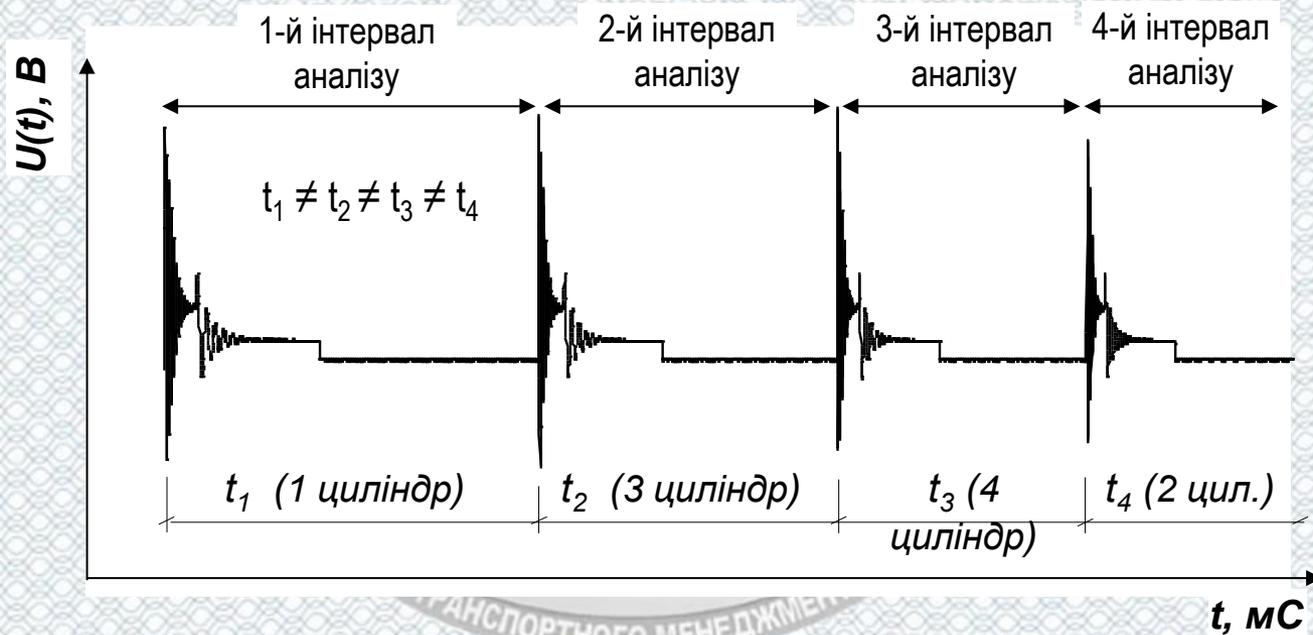
1. Первинної напруги системи запалювання
2. Вторинної напруги системи запалювання
3. Керування електромагнітними форсунками
4. Віброакустичний сигнал спрацювання клапана форсунки
5. Керування іншими виконуючими пристроями
6. Сигнали різних датчиків до ЕБК

Електрообладнання

1. Струму споживання стартера.
2. Напруги АБ в різних режимах роботи
3. Синусоїдальної напруги окремих фаз генератора



Програмне
забезпечення



$$\Delta = \left| t_z^m - t_{z-1}^m \right|$$

$$\Delta \leq \Delta_\delta$$

m – номер циліндра

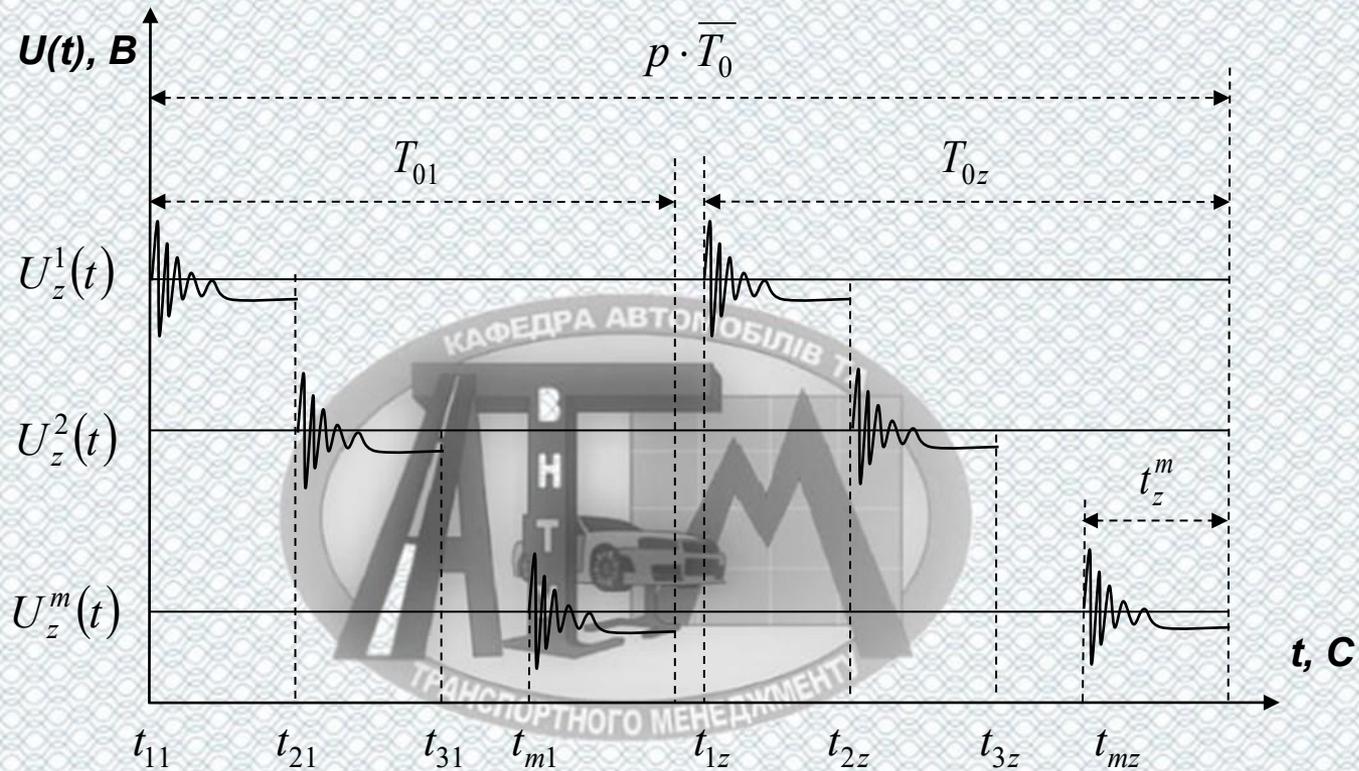
$$\varepsilon = \left| 100 \cdot \left(1 - \frac{t_z^m}{t_{z-1}^m} \right) \right|$$

$$\varepsilon \leq \varepsilon_\delta$$

z – номер реалізації у циліндрі

Фрагмент діагностичного сигналу та умови його стаціонарності

Канали (циліндри) - m



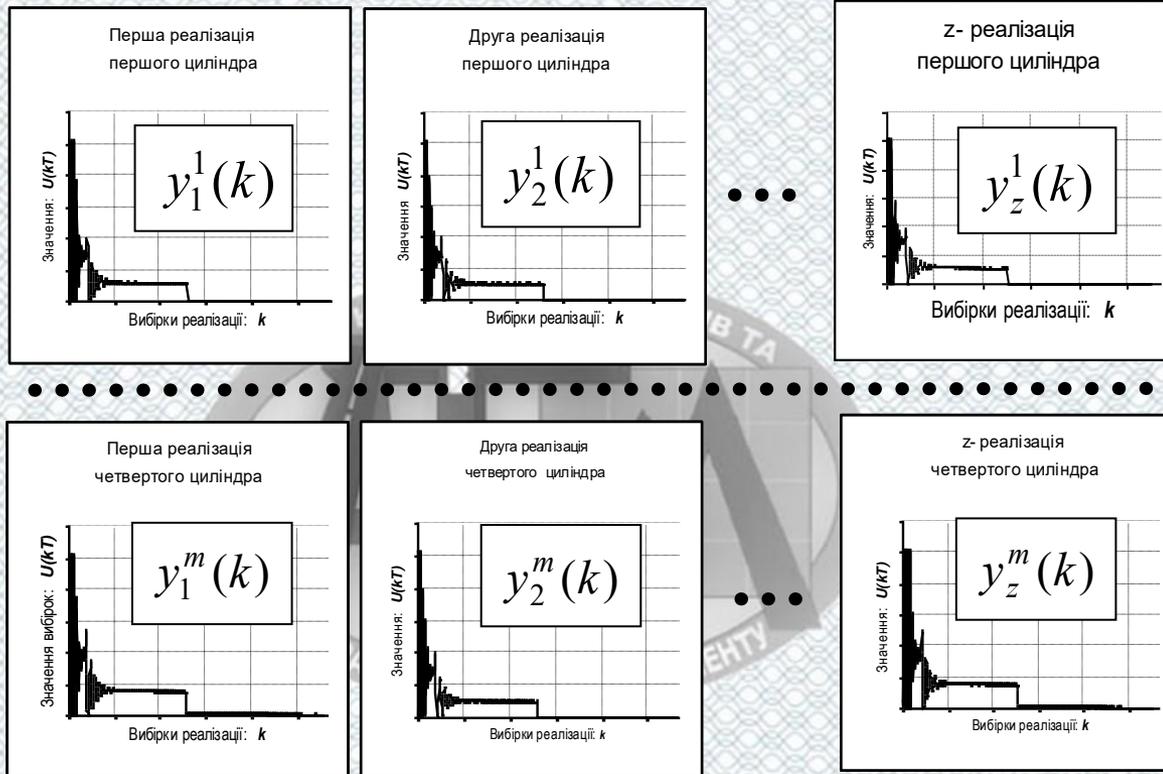
Часова діаграма розподілу діагностичного сигналу на окремі реалізації

При постійній частоті обертів колінчатого вала:

$$U(t) = \begin{cases} U_z^1(t), \bar{T}_0 \cdot (z-1) \leq t < \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \bar{t}_0^1 \\ U_z^2(t), \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \bar{t}_0^1 \leq t < \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \bar{t}_0^1 + \bar{t}_0^2 \\ \dots \\ U_z^m(t), \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \sum_{j=1}^{m-1} \bar{t}_0^j \leq t < \bar{T}_0 \cdot (z-1) + \sum_{j=1}^m \bar{t}_0^j \end{cases}$$

При змінній частоті обертів:

$$U(t) = \begin{cases} U_z^1(t), \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 \\ U_z^2(t), \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + t_z^1 + t_z^2 \\ \dots \\ U_z^m(t), \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + \sum_{j=1}^{m-1} t_z^j \leq t < \sum_{i=1}^{z-1} T_{0i} + \sum_{j=1}^m t_z^j \end{cases}$$



$$y(k) = \begin{pmatrix} y_1^1(k) & y_2^1(k) & \dots & y_z^1(k) \\ y_1^2(k) & y_2^2(k) & \dots & y_z^2(k) \\ y_1^m(k) & y_2^m(k) & \dots & y_z^m(k) \end{pmatrix}$$

Усереднення :

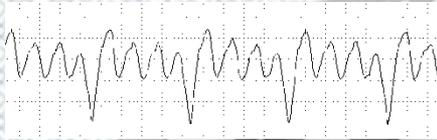
$$\overline{y^m(k)} = \frac{1}{z} \sum_{i=0}^{z-1} y_i^m(k)$$

Розподіл діагностичного сигналу на окремі реалізації

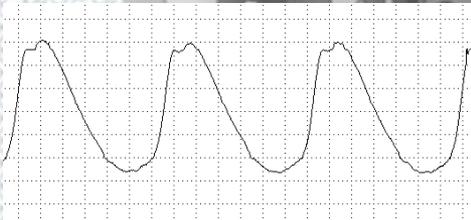
Група 1
Осцилограми без високочастотних складових

Розглядаються осцилограми сигналів у часовій області

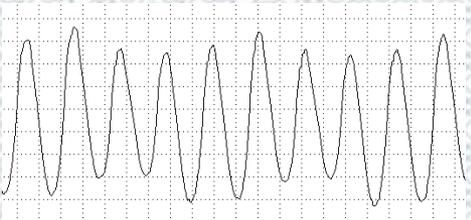
Ефективність роботи циліндрів за тиском відпрацьованих газів



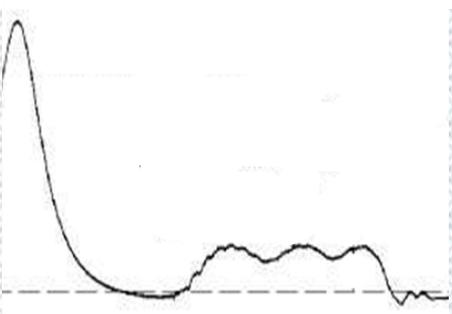
Невірно встановлений пас приводу ГРМ за розрідженням у впускному колекторі



Пошкоджені гідрокомпенсатори клапанів



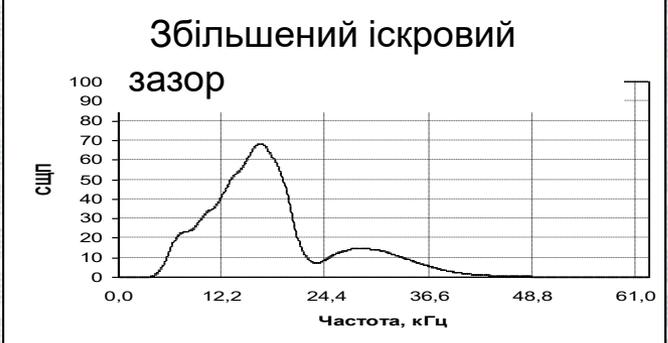
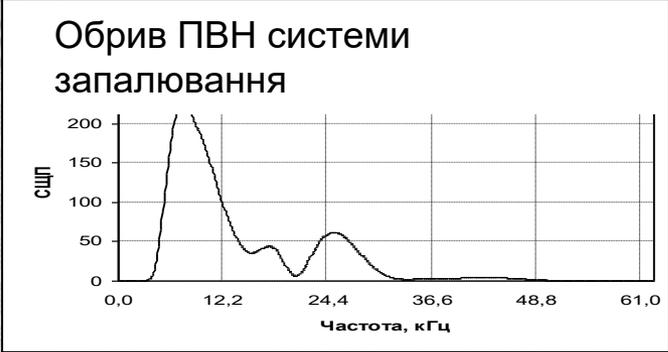
Підвищений опір виходу відпрацьованих газів за тиском у циліндрах



Група 2
Осцилограми з високочастотними складовими

Розглядаються спектральні характеристики у частотній області

$$W(f) = \frac{1}{f_0} \cdot \frac{\left| \sum_{k=0}^{N-1} y(k) \cdot v(k) \cdot e^{-j2\pi f k T_0} \right|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |v(k)|^2}$$



Математична модель
технічного стану
системи:

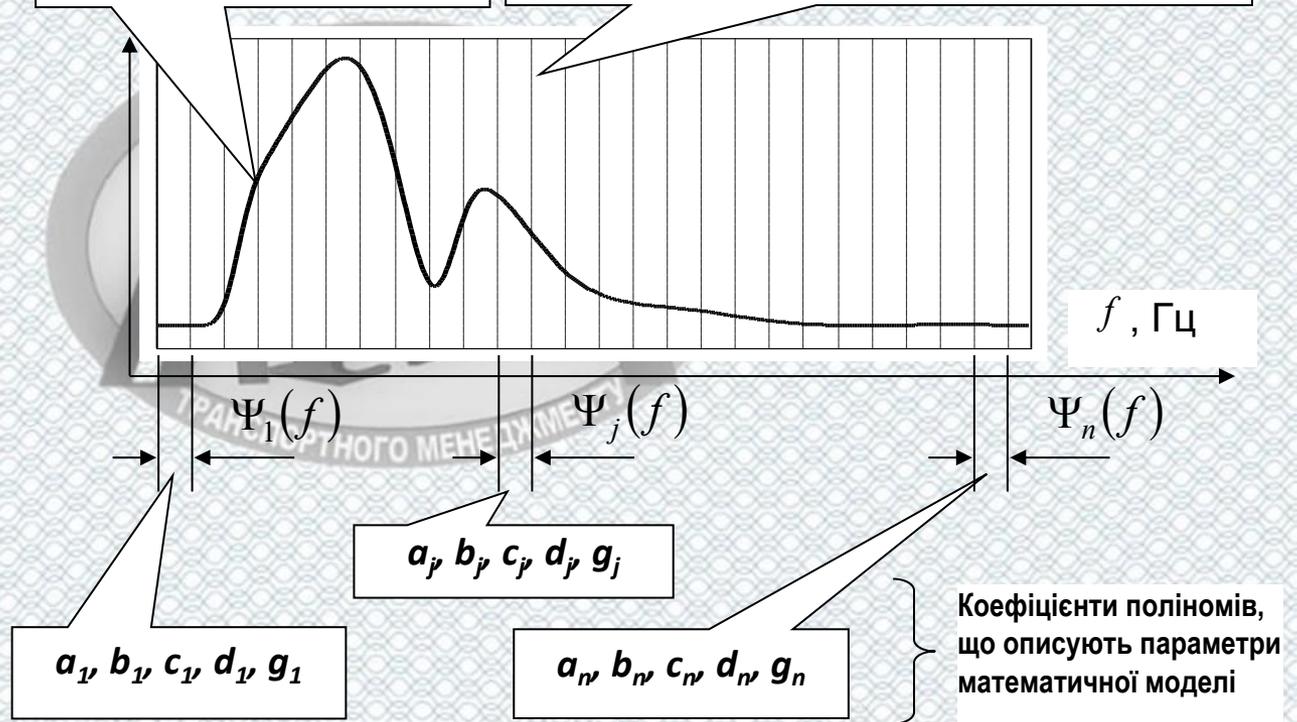
$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}$$

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) \\ \Psi_2(f) \\ \dots \\ \Psi_n(f) \end{pmatrix}$$

Осцилограма в часовій
області або СЦП
характеризує технічний стан
системи двигуна

Діапазони (часовий або частотний)
Описуються поліномом:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j$$



Взаємозв'язок параметрів математичної моделі з діапазонами частот СЦП

Характеристика одного окремого часового діапазону сигналу або діапазону частот

СЦП:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j$$

Характеристика всіх діапазонів і зв'язок з параметром математичної моделі:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) = a_1 \cdot f^4 + b_1 \cdot f^3 + c_1 \cdot f^2 + d_1 \cdot f + g_1 \\ \Psi_2(f) = a_2 \cdot f^4 + b_2 \cdot f^3 + c_2 \cdot f^2 + d_2 \cdot f + g_2 \\ \dots \\ \Psi_n(f) = a_n \cdot f^4 + b_n \cdot f^3 + c_n \cdot f^2 + d_n \cdot f + g_n \end{pmatrix}$$

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}$$

Визначення параметрів математичної моделі

**Моделювання типових
несправностей системи
двигуна**

**Зчитування
діагностичних сигналів**

**Визначення спектральної щільності потужності
(СЩП) для високочастотних сигналів**

Розподіл графіка на n окремих діапазонів (часових або частотних)

$$\Psi_j(f) \quad j \in [1..n]$$

**Характеристика окремих діапазонів. Інтерполяція кожного діапазону частот і
представлення його у вигляді полінома четвертого порядку:**

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j$$

**Встановлення залежностей між
характеристиками окремих
діапазонів частот СЩП і
параметрами математичної моделі**

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}$$

**Описання математичної моделі
через її параметри, що
характеризують технічний стан
окремої системи двигуна**

$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}$$

Створення інформаційної бази даних параметрів математичної моделі

Сигнал системи,
що
діагностується

Параметр математичної моделі
досліджуваного сигналу

$$X_{\text{дос}} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}$$

Параметр математичної моделі
з бази даних

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}$$

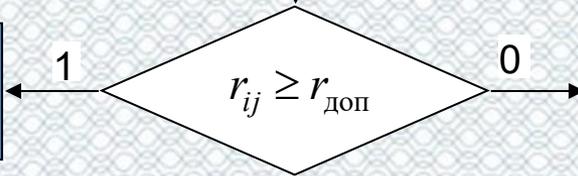
База даних

$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}$$

Визначення матриці коефіцієнтів кореляції

$$R_{\Psi} = \begin{pmatrix} r_{01} & r_{02} & \dots & r_{0n} \\ r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{kn} \end{pmatrix}$$
$$r_{ij} = \frac{1}{|\Omega_j, \Omega_{j+1}| \cdot \sigma_{\text{дос}} \sigma_{\text{баз}}} \int_{\Omega_j}^{\Omega_{j+1}} (\Psi_{j_{\text{дос}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{дос}}}}) \cdot (\Psi_{j_{\text{баз}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{баз}}}}) df$$

Висновок про
несправність



Поповнення бази
даних

Блок-схема автоматизованого пошуку несправностей окремої системи автомобіля

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз організації діагностичних робіт у зоні технічного обслуговування ТОВ «Джерман-Центр» показав, що ефективність виконання робіт значною мірою залежить від застосовуваних технологій діагностування. В умовах зростання технічної складності сучасних автомобілів традиційні методи перевірки, засновані переважно на зчитуванні кодів несправностей та візуальному контролі параметрів, уже не забезпечують необхідного рівня точності. Це обґрунтовує необхідність переходу до більш інформативних та швидкодіючих діагностичних підходів, які інтегрують можливості автоматизованої обробки даних і зменшують залежність результату від суб'єктивних оцінок спеціаліста.
2. У роботі запропоновано удосконалення технології діагностування автомобільного двигуна шляхом використання методів аналізу осцилограм та спектральних характеристик сигналів, отриманих із контрольних точок діагностування. Використання цифрової обробки сигналів дало змогу виділити інформативні ознаки роботи систем запалювання, живлення та екологічних підсистем, що значно підвищує точність ідентифікації несправностей, які важко визначити за допомогою стандартної бортової діагностики. Запропонований підхід дозволяє отримувати розширену діагностичну інформацію, що відображає реальні фізичні процеси у двигуні.
3. На основі отриманих результатів розроблено діагностичну модель автоматизованого визначення технічного стану двигуна, принцип роботи якої ґрунтується на порівнянні спектральних характеристик еталонних і діагностованих сигналів. Модель забезпечує можливість самонавчання системи за рахунок поповнення бази даних спектрів новими зразками, що дозволяє адаптувати її до різних модифікацій двигунів і типових проявів несправностей. Запропонований підхід створює передумови для підвищення швидкості, об'єктивності та достовірності діагностичних робіт у виробничих умовах СТО «Джерман-Центр» і сприяє оптимізації технологічного процесу технічного обслуговування автомобілів.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності діагностичних робіт на станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Джерман-Центр» місто Вінниця удосконаленням технології діагностування автомобільного двигуна

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 3,1 %

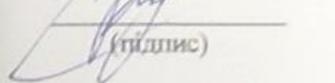
Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

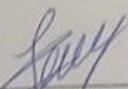
Експертна комісія:

Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

(підпис)

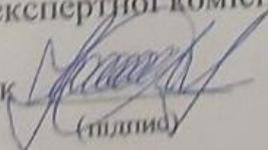
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

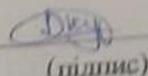
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник


(підпис)

Кукурудз'як Ю.Ю., доцент кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


(підпис)

Калашніков В.О.
(прізвище, ініціали)

Додаток - Технологічний розрахунок СТО

1 - Вихідні дані

Параметр	Значення
Кількість автомобілів, що продаються на СТО за рік	130
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	4200
Частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР	2
Частота заїздів одного автомобіля для виконання прибирання і миття	5
Частота заїздів одного автомобіля для виконання антикорозійної обробки	1
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	2100
- автомобілів особливо малого класу (I група)	672
- автомобілів малого класу (II група)	630
- автомобілів середнього класу (III група)	798
Середньорічний пробіг автомобілів	13850
Спосіб миття автомобілів	Ручний
Кліматичний район	Помірно-теплий
Кількість робочих днів СТО	305
Тривалість зміни	7
Кількість робочих змін ТО і ПР	1
Кількість робочих змін прибирання і миття	1
Кількість робочих змін приймання і видачі	1
Кількість робочих змін передпродажної підготовки	1
Кількість робочих змін антикорозійної обробки	1

2 - Нормативи ТО і ПР автомобілів на СТО

Параметр	Для автомобілів:		
	1-ї групи	2-ї групи	3-ї групи
Коефіцієнт коригування в залежності від кількості постів СТО	1	1	1
Коефіцієнт коригування в залежності від природно-кліматичних умов	1	1	1
Питома трудомісткість ТО і ПР на 1000 км пробігу (нормативна), люд.-год/1000км	2	2.3	2.7
Питома трудомісткість ТО і ПР на 1000 км пробігу (скоригована), люд.-год/1000км	2.00	2.30	2.70
Миття і прибирання (один заїзд), люд.-год	0.15	0.2	0.25
Приймання і видача (один заїзд), люд.-год	0.15	0.2	0.25
Передпродажна підготовка (один заїзд), люд.-год	3.5	3.5	3.5
Антикорозійна обробка (один заїзд), люд.-год	3	3	3

3 - Річний обсяг робіт на СТО

Параметр	Для автомобілів:			ВСЬОГО
	1-ї групи	2-ї групи	3-ї групи	
Роботи ТО і ПР автомобілів	18614.40	20068.65	29841.21	68524.26
Роботи прибирання і миття перед виконанням ТО і ПР	201.60	252.00	399.00	852.60
Роботи прибирання і миття як окремої послуги	504.00	630.00	997.50	2131.50
Роботи приймання і видачі	302.40	378.00	598.50	1278.90
Роботи передпродажної підготовки				455.00
Роботи антикорозійної обробки				6300.00
Всього робіт СТО				79542.26

4 - Вихідні дані розрахунку чисельності робітників

Параметр	Значення
Кількість святкових днів, дні	10
Скорочення зміни у передсвяткові дні, год	1
Скорочення зміни у передвихідні дні, год	1
Пропуски з поважних причин, дні	5

Категорія робітників	Основна відпустка, дні	Додаткова відпустка, дні	Фонд часу робітника, [год]
Мийники і прибиральники рухомого складу	15	3	1912
Слюсарі з ТО і ПР агрегатів, вузлів, устаткування, мотористи, електрики, шиномонтажники, слюсарі-верстатники, столяри, оббивальники, арматурники, жерстяники	18	3	1891
Слюсарі з ремонту приладів системи живлення, акумуляторники, ковалі, мідники, зварювальники, вулканізаторники	24	3	1849
Малярі	24	3	1849

5 - Чисельність виробничих робітників

Для виконання робіт	Явочних робітників (розр.)	Штатних робітників (розр.)	Штатних робітників (окр.)
Роботи ТО і ПР автомобілів	33.06	36.28	
Роботи прибирання і миття перед виконанням ТО і ПР	0.41	0.45	
Роботи прибирання і миття як окремої послуги	1.03	1.11	
Роботи приймання і видачі	0.62	0.68	
Роботи передпродажної підготовки	0.22	0.24	
Роботи антикорозійної обробки	3.04	3.33	
Всього робіт СТО	38.15	41.85	42

6 - Вихідні дані розрахунку кількості постів

Параметр	Значення
Коефіцієнт нерівномірності завантаження постів	1.15
Коефіцієнт використання робочого часу	0.95
Чисельність робітників, що одночасно працюють на посту, чол.	1.5

7 - Кількість постів СТО

Для виконання робіт	Кількість постів (розр.)	Кількість постів (окр.)
Роботи ТО і ПР автомобілів	19.70	
Роботи прибирання і миття як окремої послуги	0.81	
Роботи приймання і видачі	0.48	
Роботи передпродажної підготовки	0.17	
Роботи антикорозійної обробки	2.38	
Всього робіт СТО	23.54	24

8 - Вихідні дані розподілу робіт ТО і ПР

Вид робіт ТО і ПР	Розподіл за видами, %	Розподіл за місцем виконання	
		Постові роботи, %	Дільничні роботи, %
Контрольно-діагностичні роботи	4	100	0
Технічне обслуговування в повному обсязі	15	100	0
Масильні	3	100	0
Регулювання кутів керованих коліс	4	100	0
Ремонт і регулювання гальм	3	100	0
Електротехнічні	4	80	20
Роботи за системою живлення	4	70	30
Акумуляторні	2	10	90
Шинні	2	30	70
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	8	50	50
Кузовні, арматурні, мідницькі, зварювальні	25	75	25
Фарбувальні	16	100	0
Оббивні	3	50	50
Слюсарно-механічні	7	0	100
Всього робіт ТО і ПР	100		

9 - Розподіл робіт ТО і ПР за видами і місцем виконання

Вид робіт ТО і ПР	Розподіл за видами, люд.-год	Розподіл за місцем виконання				
		Постові роботи			Дільничні роботи	
		люд.-год	Ря	Х	люд.-год	Ря
Контрольно-діагностичні роботи	2740.97	2740.97	1.3	1.0	0.00	0.0

Вид робіт ТО і ПР	Розподіл за видами, люд.-год	Розподіл за місцем виконання				
		Постові роботи			Дільничні роботи	
		люд.-год	Ря	Х	люд.-год	Ря
Технічне обслуговування в повному обсязі	10278.64	10278.64	5.0	3.9	0.00	0.0
Мастильні	2055.73	2055.73	1.0	0.8	0.00	0.0
Регулювання кутів керованих коліс	2740.97	2740.97	1.3	1.0	0.00	0.0
Ремонт і регулювання гальм	2055.73	2055.73	1.0	0.8	0.00	0.0
Електротехнічні	2740.97	2192.78	1.1	0.8	548.19	0.3
Роботи за системою живлення	2740.97	1918.68	0.9	0.7	822.29	0.4
Акумуляторні	1370.49	137.05	0.1	0.1	1233.44	0.6
Шинні	1370.49	411.15	0.2	0.2	959.34	0.5
Ремонт вузлів, систем і агрегатів	5481.94	2740.97	1.3	1.0	2740.97	1.3
Кузовні, арматурні, мідницькі, зварювальні	17131.07	12848.30	6.2	4.9	4282.77	2.1
Фарбувальні	10963.88	10963.88	5.3	4.1	0.00	0.0
Оббивні	2055.73	1027.86	0.5	0.4	1027.86	0.5
Слюсарно-механічні	4796.70	0.00	0.0	0.0	4796.70	2.3
Всього робіт ТО і ПР	68524.26	52112.70	25.1	19.7	16411.56	7.9

10 - Розподіл інших робіт обслуговування

Вид робіт	Трудом., люд.-год	Чис. роб. Ря	К-сть постів Х
Роботи прибирання і миття перед виконанням ТО і ПР	852.60	0.41	0.32
Роботи прибирання і миття як окремої послуги	2131.50	1.03	0.81
Роботи приймання і видачі	1278.90	0.62	0.48
Роботи передпродажної підготовки	455.00	0.22	0.17
Роботи антикорозійної обробки	6300.00	3.04	2.38