

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Підвищення ефективності виробничого процесу діагностування
автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування
автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю
«Фаворит Авто Вінниця»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2АТ-23м
спеціальності 274 – Автомобільний
транспорт

 Дронь Р.Р.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ

 Кравченко О.П.

« 6 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ГМ

 Шенфельд В.Й.

« 12 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

 Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 12 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 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.

«18» 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Дроню Ростиславу Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця»

керівник роботи Кравченко Олександр Петрович, д.т.н., професор,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання студентом роботи: 06.12.2024 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 автомобільного транспорту, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; об'єкт дослідження – процес організації робіт діагностування системи керування двигуном автомобілів в умовах станції технічного обслуговування. Похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%

4. Зміст текстової частини:

1 Науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностування автомобільного двигуна.

2 Визначення технологічних параметрів зони технічного обслуговування і поточного ремонту.

3 Розробка технічних рішень щодо підвищення ефективності 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	Показники функціонування ТОВ «ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦЯ»
5-6	Технологічний розрахунок СТО
7-9	Модель діагностичної системи
10-13	Збір і аналіз діагностичної інформації
14-17	Автоматизована діагностична система на основі нейро-нечіткої мережі
18	Алгоритм діагностування
19	Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кравченко О.П., професор кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., доцент кафедри АТМ		

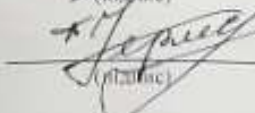
7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	Виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	Виконано
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	Виконано
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	Виконано
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	Виконано
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	18.11-01.12.2024	Виконано
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	02.12-06.12.2024	Виконано
8	Нормоконтроль МКР	09.12-11.12.2024	Виконано
9	Попередній захист МКР	12.12-16.12.2024	Виконано
10	Рецензування МКР	17.12.2024- 20.12.2024	Виконано
11	Захист МКР	18.09-22.09.2024	Виконано

Здобувач

Керівник роботи


(Підпис)

(Підпис)

Дронь Р.Р.

Кравченко О.П.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Дронь Р.Р. Підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 –Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 82 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 27; табл. 21.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця». В роботі розглянуті такі основні питання: 1 Науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності діагностування автомобільного двигуна. 2 Визначення технологічних параметрів зони технічного обслуговування і поточного ремонту. 3 Розробка технічних рішень щодо підвищення ефективності діагностування автомобільного двигуна. 4 Визначення ефективності запропонованих рішень.

Графічна частина складається з 19 слайдів.

Ключові слова: діагностування, діагностична модель, інтелектуальні системи, осцилограма, циліндро-поршнева група.

ABSTRACT

UDC 629.113

Dron R.R. Increasing the efficiency of the production process of diagnosing an automobile engine in the conditions of a car service station of the limited liability company "Favorit Auto Vinnytsia". Master's qualification work in the specialty 274 - Automobile transport, educational program - Automobile transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 82 p.

In Ukrainian. Bibliography: 25 titles; fig.: 27; table. 21.

The master's qualification work deals with the issue of increasing the efficiency of the production process of diagnosing an automobile engine in the conditions of a car service station of the limited liability company "Favorit Auto Vinnytsia". The following main issues are considered in the work: 1 Scientific and technical justification for increasing the efficiency of diagnosing an automobile engine. 2 Determination of technological parameters of the maintenance and repair area. 3 Development of technical solutions to improve the efficiency of diagnosing an automobile engine. 4 Determination of the efficiency of the proposed solutions.

The graphic part consists of 19 slides.

Keywords: diagnostics, diagnostic model, intelligent systems, oscillogram, cylinder-piston group.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1	6
НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА	6
1.1 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця»	6
1.2 Дослідження ринку послуг станції технічного обслуговування	9
1.3 Аналіз стану виробничо-технічної бази СТО	15
1.4 Основні висновки і задачі проектування	19
РОЗДІЛ 2	20
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ	20
2.1 Вибір і обґрунтування вихідних даних	20
2.2 Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту ДТЗ	23
2.3 Розрахунок чисельності робітників	30
2.4 Розрахунок кількості постів ТО, ПР і діагностики ДТЗ	33
2.5 Розподіл робіт ТО і ПР за видами та місцем виконання	34
2.6 Організація діагностичних робіт в зоні ТО і ПР	35
РОЗДІЛ 3	40
РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА	40
3.1 Вибір структурних параметрів та їх обґрунтування	40
3.2 Вибір діагностичних параметрів та їх обґрунтування	44
3.3 Визначення значень діагностичних параметрів	47
3.4 Створення структурно-наслідкової моделі об'єкта діагностування	59
3.5 Розробка моделі автоматизованого діагностування	62
РОЗДІЛ 4	71
ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	71

4.1 Розрахунок інвестиційних вкладень	71
4.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань	75
4.3 Розрахунок економічної ефективності.....	79
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
Додаток А – Ілюстративна частина МКР	84
Додаток Б – Результати перевірки МКР на плагіат	102



ВСТУП

Актуальність теми.

Розвиток технологій у сфері автомобільного транспорту значно впливає на системи керування двигуном, що стають дедалі складнішими, ефективнішими та адаптивними. Нові системи керування двигуном спрямовані на підвищення паливної ефективності, зменшення викидів, підвищення динамічних характеристик автомобіля та інтеграцію з іншими системами автомобіля.

Автомобільний двигун сучасного автомобіля є найбільш складним агрегатом який потребує особливих підходів щодо виконання діагностичних робіт, виконання робіт обслуговування та ремонту у процесі експлуатації. Двигун сучасного автомобіля досить суттєво відрізняється від двигунів які застосовувалися на автомобілях кілька десятиків років тому назад. Ефективність роботи сучасного двигуна досить суттєво залежить від правильності функціонування електронних систем двигуна - системи керування двигуном.

Датчики автомобільного двигуна подають інформацію в електронний блок керування. Блок керування постійно приймає інформацію і обробляє її. На основі цього він приймає оптимальні рішення щодо вибору параметрів для керування виконавчими пристроями. Основними виконавчими пристроями двигуна є система подачі палива та система запалювання. Ці дві системи забезпечують роботу двигуна враховуючи вимоги щодо економічності та ефективності.

Ще однією досить важливою вимогою до автомобільного двигуна є вимога щодо забезпечення екологічних норм. З цією метою в конструкцію двигуна впроваджені екологічні системи які слідкують за дотриманням норм шкідливих речовин у вихлопних газах. Такі екологічні системи також керуються мікропроцесорною системою керування двигуном.

Отже виходячи з цього можна сказати що сучасний автомобільний двигун має досить високі експлуатаційні, економічні та екологічні показники. Це забезпечується удосконаленням конструкції як механічної частини двигуна так і електронної і мікропроцесорної.

Удосконалення та ускладнення конструкції автомобільного двигуна досить суттєво вплинуло на підвищення його експлуатаційних показників. Але поряд з цим виникають нові проблеми і задачі які стосуються вимог щодо визначення поточного технічного стану автомобільного двигуна а також підтримання його у технічно-справному стані.

Кількість діагностичних параметрів сучасного двигуна з мікропроцесорним керуванням значно перевищує кількість параметрів двигунів які встановлювалися на автомобілі раніше. Тому підходи алгоритмічного діагностування на даний час уже не можуть забезпечити необхідного результату. Потрібно впроваджувати нові підходи та методи діагностики які можуть забезпечити автоматизоване встановлення причин несправності під час виконання діагностичних процедур.

Дана магістерська кваліфікаційна робота є актуальною на даний час оскільки у ній пропонується підхід щодо покращення ефективності діагностування автомобільного двигуна.

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

При виконанні роботи враховані напрямки наукових досліджень випускової кафедри.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- Проаналізувати систему та підходи щодо виконання діагностики автомобілів на станції технологічного обслуговування. Проаналізувати діючі способи та методи діагностування автомобільних двигунів.
- Визначити трудомісткість виконання робіт діагностування обслуговування та поточного ремонту на станції технічного обслуговування. Зробити організаційні заходи щодо формування робочих місць та розподілу робіт між робочими місцями та виконавцями.
- Обґрунтувати та вибрати підхід щодо розробки діагностичної моделі

автомобільного двигуна з метою можливості автоматизації процесу діагностики.

- Визначити економічні показники та економічну доцільність впровадження нових способів та підходів щодо діагностики автомобільного двигуна

Об'єкт дослідження – процес діагностування автомобільного двигуна.

Предмет дослідження – методи і алгоритми діагностування автомобільного двигуна.

Методи досліджень. Для розробки діагностичної моделі автомобільного двигуна застосовувалось математичне моделювання. Фізичне моделювання застосовується для збору необхідної інформації та наповнення інформаційної бази даних.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Запропоновано науковий підхід щодо діагностики автомобільного двигуна який ґрунтується на застосуванні діагностичної моделі з метою автоматизації процесу діагностики..
2. Одержав подальший розвиток метод діагностування автомобільного двигуна із застосуванням комп'ютерного діагностичного обладнання.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонована методика та розроблена діагностична модель дали можливість сформулювати практичний алгоритм діагностування автомобільного двигуна.

Достовірність теоретичних положень підтверджена незначними відхиленнями між теоретичним моделюванням та практичними дослідженнями.

Апробація результатів роботи. Деякі положення та результати роботи висвітлені на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи", Вінниця: ВНТУ, 2024.

Публікації. Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в публікації [12].

РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

1.1 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця»

ТОВ ТД "ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦЯ" як суб'єкт господарювання розпочав свою історію у м. Вінниці з 02.06.2011 року і знаходиться на вул. Князів Коріатовичів, 89 і є офіційним дилером імпортера АТ «Рено Україна» в м. Вінниця та Вінницькому регіоні.

Компанія Renault почала свою діяльність в Україні у 2000 році з невеликої команди та обмеженою мережею дилерів. За роки своєї роботи Renault в Україні створила потужну мережу з 34 дилерських центрів, що відповідають високим європейським стандартам бренду. Завдяки цьому, компанія зайняла значну нішу на українському ринку, досягнувши понад 22% частки ринку.

Висока динамічність української економіки створює для підприємств складні умови: жорстку конкуренцію, необхідність постійних пошуків нових рішень та адаптацію до мінливих вимог ринку. У відповідь на ці виклики, менеджмент компаній повинен зосередитися на забезпеченні фінансової стійкості, інвестуванні в основні фонди та підвищенні кваліфікації працівників.

В таблиці 1.1 наведемо юридичний паспорт суб'єкта господарювання.

Таблиця 1.1 – Юридичний паспорт ТОВ «Фаворит Авто Вінниця»

Найменування юридичної особи	ТОВ "Фаворит Авто Вінниця"
Код ЄДРПОУ	37690771
Дата реєстрації	02.06.2011
Уповноважені особи	Гвоздьова Людмила Василівна Шевчук Валерій Вільгімович
Розмір статутного капіталу, грн	1000
Організаційно-правова форма	Товариство з обмеженою відповідальністю

Продовження таблиці 1.1

1	2
Види діяльності: основний; інші	45.11 Торгівля автомобілями та легко- вими автотранспортними засобами. 45.20 Технічне обслуговування та ре- монт автотранспортних засобів. 45.31 Оптова торгівля деталями та приладдям для автотранспортних за- собів. 45.32 Роздрібна торгівля деталями та приладдям для автотранспортних за- собів. 45.19 Торгівля іншими автотранспорт- ними засобами. 46.61 Оптова торгівля сільськогоспо- дарськими машинами й устаткован- ням. 46.69 Оптова торгівля іншими маши- нами й устаткуванням.
Кількість конкурентів за основним ви- дом діяльності	4997 юридичних осіб та 493 ФОП

Товариство має просту організаційну структуру, що забезпечує ефективну координацію виробничих процесів та надання послуг. Діяльність підприємства регулюється Статутом, Обліковою політикою, Посадовими інструкціями, Правилами внутрішнього трудового розпорядку та іншими локальними нормативними актами. Ці документи визначають права та обов'язки працівників, процедури прийняття рішень та взаємодію підрозділів.

Для більш повної характеристики підприємства наведемо динаміку основних техніко-економічних показників за 2020-2023рр.

Аналізуючи узагальнюючі фінансові показники таблиці 1.2 можна інтерпретувати, що:

- середньооблікова чисельність персоналу у 2021 та 2022 році залишалась на одному рівні і склала 17 осіб, а у 20223 році зросла на 6 осіб.
- майже аналогічна ситуація прослідковувалась і з виробничим персоналом – ланцюговий абсолютний приріст складав по одній особі.

- частка працівників основного виробництва у загальному обсязі за період дослідження від 64,4% до 52,17%, з тенденцією до зниження, це підтверджує ситуацію про виконання обов'язків середнього менеджменту пов'язано із основним виконанням робіт по обслуговуванню автомобілів;
- середня заробітна плата та фонд оплати праці зростають, це закономірне явище пов'язане зі зростанням чисельності персоналу та зростанням державних мінімальних гарантій протягом періоду дослідження,

Таблиця 1.2 – Оцінка узагальнюючих показників функціонування ТОВ «ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦЯ» за період 2021-2023рр.

Найменування показника	2021р.	2022р.	2023р.
Чисельність працівників, осіб	17	17	23
Чисельність виробничого персоналу, осіб	11	10	12
Частка виробничих працівників у загальній чисельності персоналу, %	64,7	58,8	52,17
Собівартість послуг, тис. грн	12805	15427	18925
Фонд оплати праці, тис. грн.	3080,4	3871,9	5989,2
Середньомісячна заробітна плата, грн	15100	18980	21700

Менеджмент середнього та високого рівня Товариства мають відповідну освітню та професійну підготовку і постійно вдосконалюють свій рівень професіоналізму.

На рисунку 1.1 наведемо структуру Товариства



Рисунок 1.1 – Організаційна структура функціонування
ТОВ « ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦЯ»

Діяльність автосервісів в Україні регулюється Наказом Міністерства транспорту №102 від 30.03.98. Цей нормативний документ визначає основні вимоги до технічного обслуговування автомобілів, спрямовані на забезпечення їхньої безпеки, надійності та екологічності. Документ поширюється на всі суб'єкти господарювання, які надають послуги з технічного обслуговування автомобілів.

1.2 Дослідження ринку послуг станції технічного обслуговування

На ринок послуг СТО ТОВ «Фаворит Авто Вінниця» має вплив попит який існує на авторинку, та структура попиту, тобто, якщо більше купують нові авто – попит на послуги СТО будуть знижуватись через сервісне обслуговування до 2-3 років, якщо переважає купівля вживаних авто (вторинний авторинок), то попит на послуги почне зростати. Тому доцільним є провести оцінку окрім реальних послуг, що є на підприємстві вплив і такого чинника на попит послуг СТО.

Український ринок вживаних автомобілів у 2023 році продемонстрував стійку тенденцію до зростання внутрішніх продажів. Зростання було зумовлене відновленням економічної активності після початку повномасштабної війни.

Водночас, сегмент імпорту вживаних авто зазнав суттєвого спаду внаслідок завершення дії пільгового розмитнення.

Щодо динаміки зміни внутрішнього автомобільного ринку то у 2023 році було здійснено 955,6 тисяч актів купівлі-продажу, що на 34,3% більше в порівнянні з попереднім періодом.

У зв'язку із введенням пільг владою щодо нульової ставки на розмитнення автомобілів у 2022 році це стало каталізатором імпорту автомобілів, яке склало 403,9 тис. штук, а у 2023 на 45,3% менше ніж у 2022 році, що склало 220,9 тисяч автомобілів. Ця тенденція характерна для автомобілів по першій реєстрації з пробігом минулого року.



Рисунок 1.2 – Динаміка зміни внутрішнього автомобільного ринку

Також варто, що попит на імпортні автомобілі зростає, їх питома вага на початок року складала 16,2%, а на кінець 2023 року 23,4%. Модальне річне значення характеризується величиною - 18,5%. Попит на автомобілі імпортовані для потреб вторинного ринку майже вдвічі перевищує пропозицію, але обмеження спричинені військовими подіями на території України значно стримують розвиток даного сегменту ринку.

Середня вікова категорія автомобілів на ринку у 202 році варіює від 13 до 15 років, на внутрішньому ринку 10-11 років. Найвищим попитом користуються автомобілі німецького виробництва марки Volkswagen, що у 2023 році склала 12,2%, другу позицію займає марка ВАЗ, яка багато років була на перших позиціях. Сьогодні українські споживачі все частіше віддають перевагу сучасним автомобілям відомих світових брендів. Причинами такого вибору є бажання

отримати не лише транспортний засіб, а й цілий комплекс переваг: високий рівень безпеки, надійність, комфорт, престижність, економічність та динамічні характеристики. Застарілі автомобілі поступово витісняються з ринку, оскільки не можуть задовольнити сучасні вимоги споживачів. У загальному рейтинговому списку до тих марок іноземних автомобілів, що користуються попитом належить і Renault з питомою вагою 5,9%, Skoda -5,4%, та Toyota - 5,1%. Для візуального супроводу на рисунку 1.3 наведемо інфографічне зображення ТОП-15 продаж автомобілів у тис. шт.

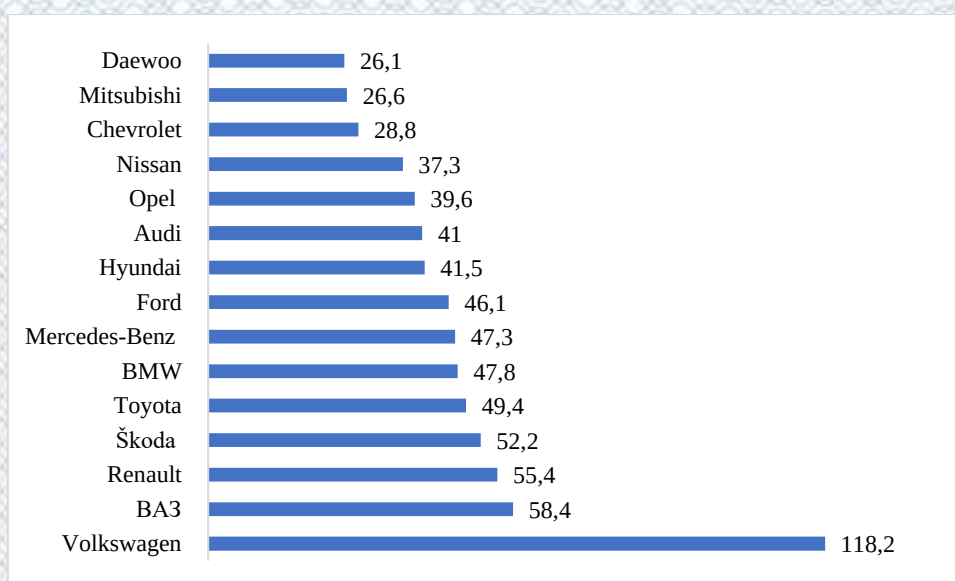


Рисунок 1.3 – ТОП-15 марок автомобілів реалізованих у 2023 році, тис. шт.

Лідером продаж на вторинному ринку виступає Volkswagen Passat далі слідує Daewoo Lanos – який переважно купують приватні бізнеси малих і середніх розмірів, третя позиція за Skoda Octavia, пята позиція за маркою Renault Megane 2023 року випуску.

У таблиці 1.3 наведемо двадцять марок автомобілів вторинного ринку за кількістю у тисячах штук та питомою вагою ринку.

Таблиця 1.3 – Марки автомобілів, що користувались найвищим попитом за часткою ринку.

Марка автомобіля	Кількість, тис. штук	Питома вага ринку, %
Volkswagen Passat	34,5	3,60%
Daewoo Lanos	31,8	3,30%
Škoda Octavia	29,6	3,10%
Volkswagen Golf	27,1	2,80%
Renault Megane	17	1,80%
Ford Focus	14,6	1,50%
BMW5 Series	13,5	1,40%
Škoda Fabia	13	1,30%
Chevrolet Aveo	12,7	1,30%
Opel Astra	12,6	1,30%
BMW3 Series	12,5	1,30%
Toyota Camry	12,2	1,30%
Audi A6	11,8	1,20%
Mersedes-Benz E-Class	11	1,20%
Audi F4	10,4	1,10%
BMW X5	9,3	1,00%
Renault Scenic	8,9	0,90%
Volkswagen Jetta	8,6	0,90%
Volkswagen Transporter	8,4	0,90%
Mitsubishi Lancer	8,4	0,90%

На рисунку 1.4 наведена динаміка продаж автомобілів на вторинному ринку та питома вага ринку за даною маркою.

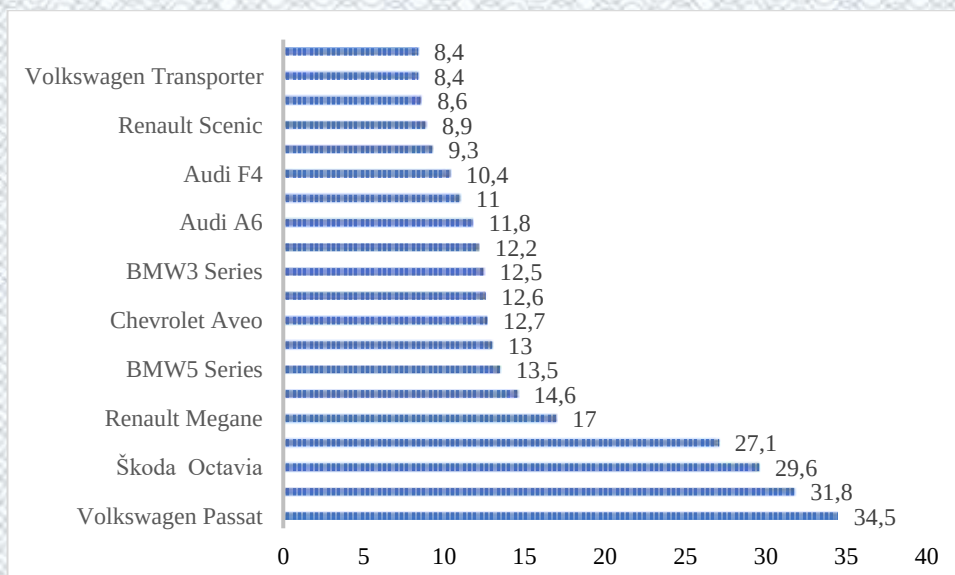


Рисунок 1.4 – ТОП -20 моделей вживаних автомобілів на внутрішньому ринку за результатами 2023 року.

ТОВ «Фаворит Авто Вінниця» є конкурентоспроможним суб'єктом бізнесу на ринку автомобільних та дилерських послуг. В розрізі послуг технічного обслуговування та ремонту автомобілів наявне наступне позиціонування:

Планове технічне обслуговування: регулярне оновлення мастил і фільтрів, перевірка гальм, ходової частини та рівнів рідин у вашому авто.

Ремонт двигуна: діагностика та усунення будь-яких проблем з двигуном, від дрібних неполадок до повного ремонту.

Ремонт ходової: заміна зношених деталей (амортизатори, сайлентблоки тощо) та налаштування геометрії коліс.

Ремонт гальм: заміна гальмівних колодок та дисків, перевірка та прокачування гальмівної системи.

Ремонт електроніки: діагностика та ремонт усіх електросистем автомобіля, від стартера до бортового комп'ютера.

Кузовні роботи: відновлення пошкоджених елементів кузова, полірування та фарбування.

Обслуговування кондиціонеру: заправка фреоном, діагностика та ремонт системи кондиціонування.

З метою аналізу попиту на свої послуги та оцінки конкурентного середовища, компанія здійснює регулярний моніторинг своєї діяльності. Отримані дані дозволяють виявити сильні та слабкі сторони підприємства і, на їх основі, розробити стратегію розвитку на короткострокову та довгострокову перспективу.

Таблиця 1.4 – Сильні і слабкі сторони ТОВ «Фаворит Авто Вінниця» 2021-2023рр.

Сфера функціонування	Сильні сторони	Слабкі сторони
Основне виробництво	Наявність резервів підвищення виробничих потужностей підприємства. Високий рівень якості послуг	Відносно невисока продуктивність праці Використання ручної праці
Технології	Наявність високих технологій сервісного центру Рено. Широкі можливості в області розширення пропозицій	Проблеми з досвідченим кадровим потенціалом у військовий час
Персонал	Наявний колектив кваліфікованих кадрів	Велика питома вага молодих фахівців
Організація	Ієрархічна ефективна структура управління	Діяльність окремих структурних підрозділів недостатньо адаптована під реалії сьогодення
Фінанси	Фінансова незалежність	Недостатньо оборотних коштів. Наявність кредиторської заборгованості

При вивченні попиту на послуги ТОВ «ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦІ» за методикою польових досліджень та результатами опитування, ми здійснили сегментацію клієнтів за рівнем доходу та перевагами щодо вибору автосервісу. Виокремлено три ключові групи:

1. Клієнти преміум-сегменту: Власниці автомобілів Renault з високим рівнем доходу, які віддають перевагу офіційним сервісам та гарантують високу якість обслуговування.
2. Незалежні СТО для власників автомобілів з нестабільним, або середнім рівнем доходу саме у військовий час.

3. Цінова сегмента: Власниці автомобілів Renault з нижчим рівнем доходу, які обирають більш бюджетні варіанти обслуговування, такі як автомайстерні з нижчими цінами або самостійне обслуговування.

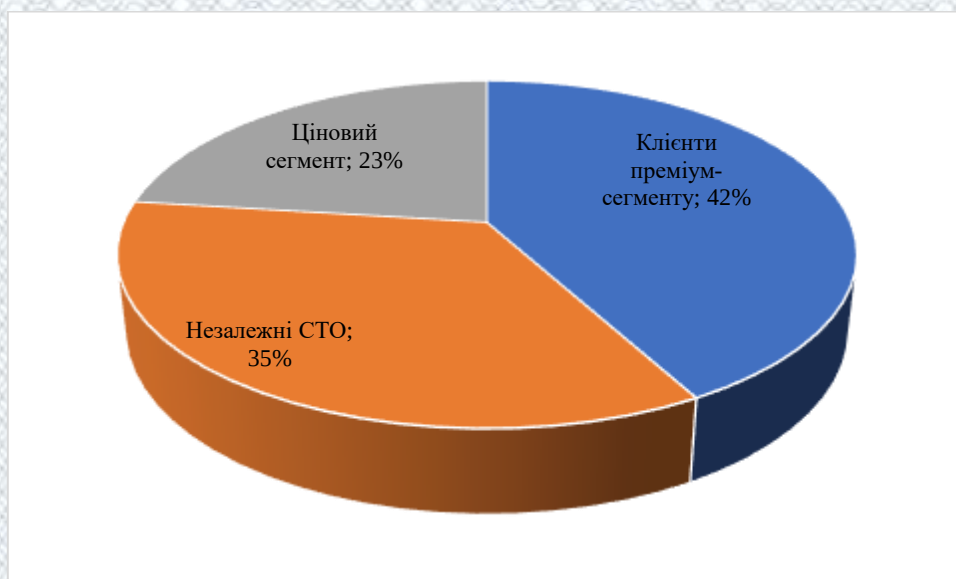


Рисунок 1.5 – Сегментація споживачів автосервісних послуг ТОВ «ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦІ» у 2023р.

Аналізуючи результати проведеного опитування та враховуючи сучасні тенденції автомобільного ринку, можна визначити кілька перспективних напрямів вдосконалення стратегії функціонування ТОВ "Фаворит Авто Вінниця":

Персоналізовані пропозиції: розробка індивідуальних програм лояльності, спеціальних пропозицій та акцій для різних сегментів клієнтів. Цільові маркетингові кампанії: створення рекламних матеріалів та проведення маркетингових кампаній, орієнтованих на конкретні сегменти клієнтів.

1.3 Аналіз стану виробничо-технічної бази СТО

Стан виробничо-технічної бази станції технічного обслуговування залежить від досить багатьох факторів. Перш за все виробничо-технічна база повинна забезпечувати функціонування всіх виробничих підрозділів підприємства. В залежності від видів робіт які виконуються на підприємстві та від замовлень

клієнтів станції технічного обслуговування виробничо-технічна база має відповідати технічному оснащенню виробничих підрозділів з метою можливості виконання всіх необхідних робіт діагностування обслуговування та ремонту автомобілів

Для оцінки стану виробничо-технічної бази на станції технічного обслуговування впровадження спеціальні показники які порівнюються із нормативними значеннями. Показники визначаються для реально діючої станції технічного обслуговування і в разі їх відповідності нормативам можна робити висновок що виробничо-технічна база знаходиться в допустимих межах можливостей виконувати свої функції щодо забезпечення виконання робіт.

Питомі техніко-економічні показники для міських СТО визначені з розрахунку на один робочий пост для еталонних умов:

- чисельність робітників – 5,0;
- площа виробничо-складських приміщень – 197 м²;
- площа адміністративно-побутових приміщень – 81 м²;
- площа території – 1050 м²;

Питомі показники для міських СТО розраховані для таких еталонних умов: число робочих постів – 10; середньорічний пробіг одного автомобіля – 10 тис. км; кліматичний район – помірно-холодний; умови водо-, тепло- і електропостачання – від міських мереж.

Для умов, що відрізняються від еталонних, всі показники для міських СТО залежно від загального числа робочих постів (ТО, ПР, комерційного миття, протикорозійного оброблення, передпродажної підготовки) коректуються введенням коефіцієнтів K_p :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{пит}} &= P_{\text{пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p; \\
 S_{\text{вир.пит}} &= S_{\text{вир.пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p; \\
 S_{\text{адм.пит}} &= S_{\text{адм.пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p; \\
 S_{\text{тер.пит}} &= S_{\text{тер.пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p,
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

де $P_{\text{пит}}$, $S_{\text{вир.пит}}$, $S_{\text{адм.пит}}$, $S_{\text{тер.пит}}$ – відповідні питомі значення чисельності виробничих робітників, площі виробничо-складських приміщень, площі адміністративно-побутових приміщень та площі території, зведені до умов підприємств;

$P_{\text{ет}}$, $S_{\text{вир.ет}}$, $S_{\text{адм.ет}}$, $S_{\text{тер.ет}}$ – значення ТЕПів для еталонних умов;

K_p – коефіцієнт, що враховує число робочих постів СТО.

Дані для порівняння приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.5 – Техніко-економічні показники СТО

Назва показника	Показники		$\frac{П_i^{\Phi}}{П_i^{\text{н}}} \cdot 100\%$
	Існуючої СТО, $П_i^{\Phi}$	Типової СТО, $П_i^{\text{н}}$	
1. Площа території, м^2	2520	2310	91,66
2. Чисельність виробничих працівників, чол.	9	10	90
3. Площа виробничо-складських приміщень, м^2	324	316	102,53
4. Площа адміністративно-побутових приміщень, м^2	162	184	88,04

Аналіз виробничо-технічної бази проведений із застосуванням діючої методики в якій визначені показники порівнюються з нормативними показниками типової станції технічного обслуговування. З порівняльної таблиці можна дійти висновку що існуюча станція технічного обслуговування за площею території, за чисельністю виробничих працівників, за площею виробничо складських приміщень, а також за площею адміністративно-побутових приміщень приблизно відповідає нормативам типової станції технічного обслуговування.

Отже на основі цього можна зробити висновок що діюча станція технічного обслуговування та її виробничо-технічна база придатна для виконання якісного ремонту і ТО легкових автомобілів.

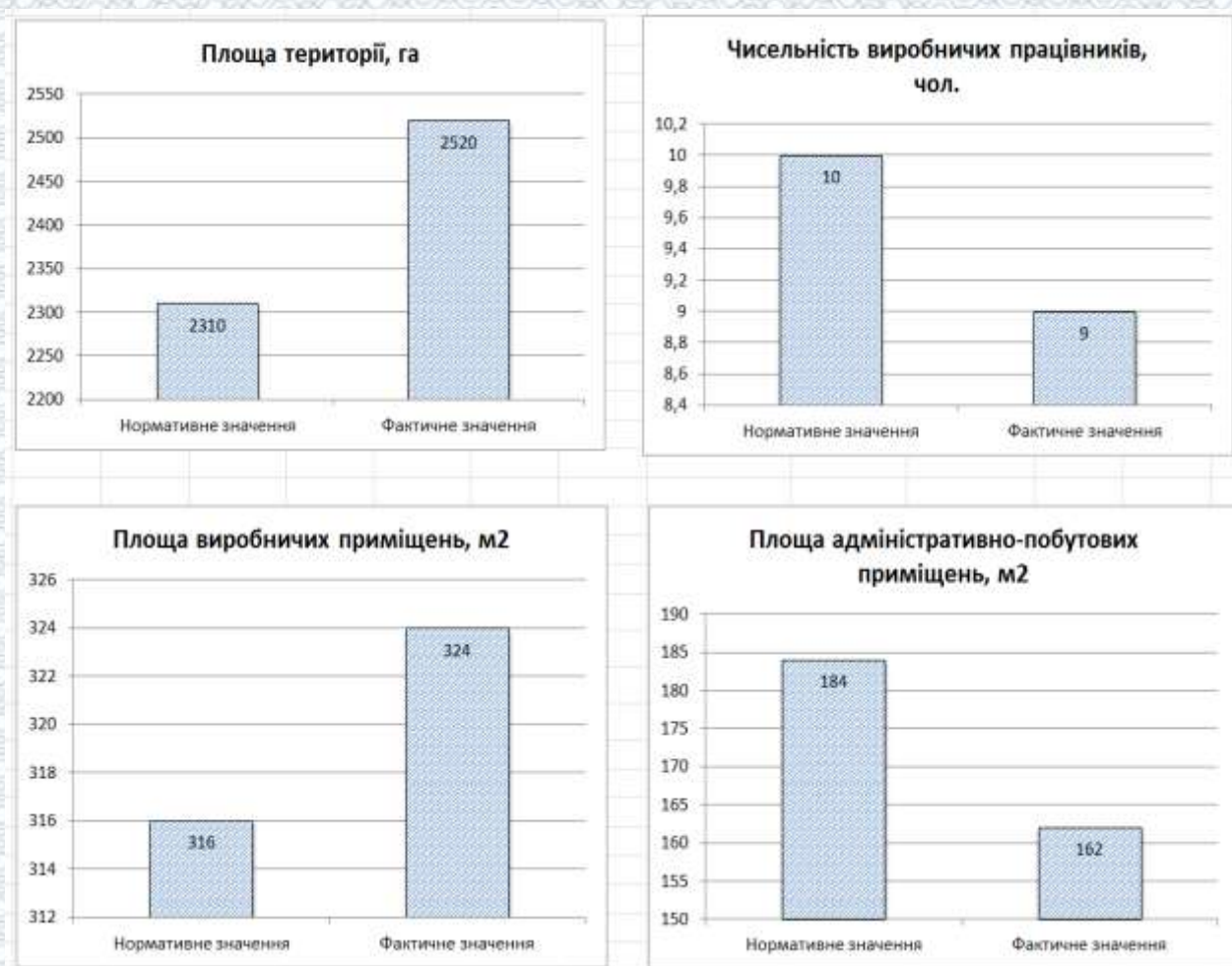


Рисунок 1.6 - Техніко-економічні показники ВТБ СТО

Аналіз техніко-економічних показників СТО показує:

- 1) кількість працюючих ремонтних і допоміжних робітників менша нормативної на 10 %, що вказує на необхідність збільшення чисельності персоналу, або підвищені продуктивності праці робітників за рахунок засобів механізації та автоматизації праці. При підвищенні продуктивності праці з'явиться можливість обслуговування більшого числа автомобілів інших організацій і приватних осіб;
- 2) Виробничо-технічна база забезпечена площами ТО і ПР. Площі виробничих приміщень дещо більші від нормативного значення, але не значно;
- 3) Площа земельної ділянки, яку займає СТО трохи більша нормативного значення, але не значно;
- 4) Адміністративно-побутові приміщення дещо менші від нормативних, але не значно;

5) Зони і ділянки СТО в цілому укомплектовані устаткуванням, але частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, воно підлягає оновленню.

1.4 Основні висновки і задачі проектування

Метою даної роботи є підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- Проаналізувати систему та підходи щодо виконання діагностики автомобілів на станції технологічного обслуговування. Проаналізувати діючі способи та методи діагностування автомобільних двигунів.
- Визначити трудомісткість виконання робіт діагностування обслуговування та поточного ремонту на станції технічного обслуговування. Зробити організаційні заходи щодо формування робочих місць та розподілу робіт між робочими місцями та виконавцями.
- Обґрунтувати та вибрати підхід щодо розробки діагностичної моделі автомобільного двигуна з метою можливості автоматизації процесу діагностики.
- Визначити економічні показники та економічну доцільність впровадження нових способів та підходів щодо діагностики автомобільного двигуна

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

2.1 Вибір і обґрунтування вихідних даних

Параметри технологічного розрахунку зони ТО і ПР міської СТО визначимо для таких даних: кількість автомобіле-заїздів для виконання обслуговування – 1710 на рік. Блок-схема виконання технологічних розрахунків приведена на рис. 2.1.

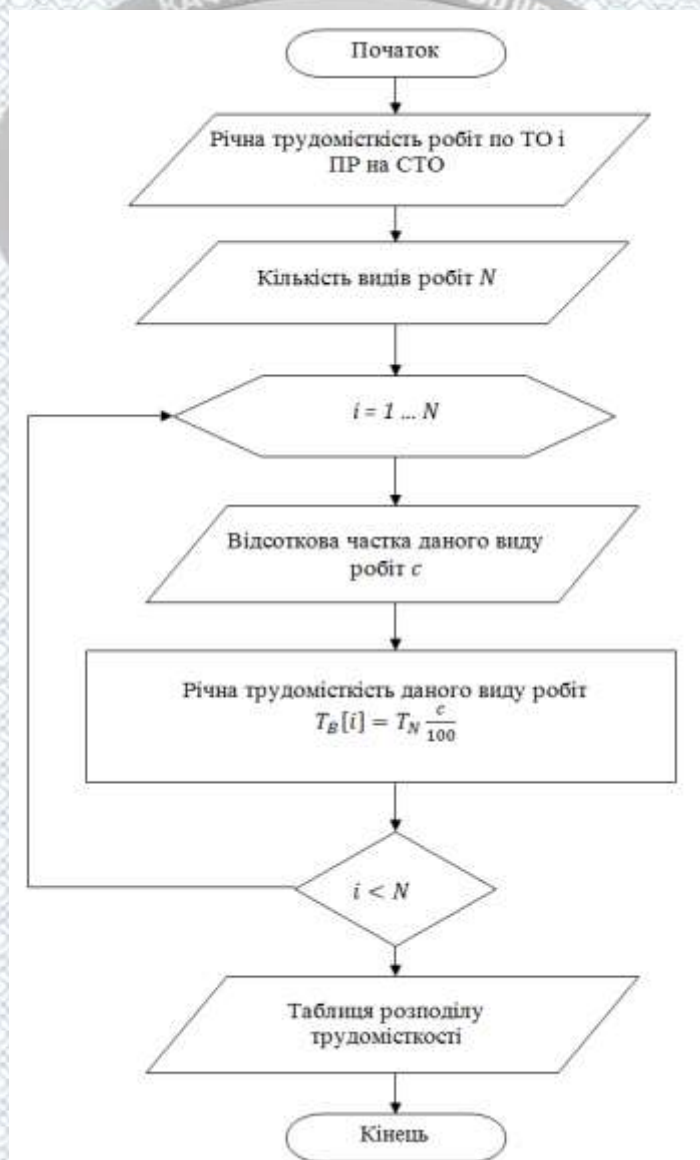


Рисунок 2.1 – Блок-схема технологічного розрахунку СТО

Для розрахунків необхідно вибрати програмне середовище. Програмними продуктами запропоновані Microsoft Visual Studio, Microsoft Office Excel, програмне середовище Delphi, мови програмування Pascal та C++.

Особливістю розрахунку виробничої програми СТО полягає в тому, що заїзди автомобілів на станцію технічного обслуговування носять імовірнісний характер незалежно від видів робіт, що виконуються.

Автомобілі індивідуального користування характеризуються середньорічним пробігом $L_{с-р}$ який залежить від кліматичного району. Для районів, в яких експлуатуються автомобілі і середньорічна кількість днів становить 230 днів із плюсовою температурою середньорічний пробіг складає 12500 км.

Технологічний розрахунок для міської і дорожньої СТО визначається трудомісткістю ТО і ПР автомобілів. Трудомісткість ТО і ПР залежить від марки автомобіля для міської СТО. Всі автомобілі, що обслуговуються на міській СТО доцільно поділити на три групи: середнього класу, малого класу і особливо малого класу.

Парк індивідуальних автомобілів досить різноманітний. Автомобілі на групи поділяються згідно із даними, зібраними за минулі роки.

Тип СТО – міська, універсальна.

Загальна кількість постів на СТО: $X_{п-існ}^{СТО} = 5$.

Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО визначена статистичним способом. Згідно з даними за минулий рік було зареєстровано $N_{ТО і ПР}^p = 3420$ (авт./рік) які заїжджали для виконання робіт ТО і ПР на СТО.

Частота заїздів одного автомобіля на СТО для виконання ТО і ПР: $n_{ТО і ПР}^p = 2$ (рази/рік).

Кількість автомобілів $A_{авт}$, що обслуговується на СТО:

$$A_{авт} = \frac{N_{ТО і ПР}^p}{n_{ТО і ПР}^p}, \quad (2.1)$$

де $n_{\text{ТО і ПР}}^p$ – частота заїздів на СТО для виконання ТО і ПР протягом року для одного автомобіля.

$$A_{\text{авт}} = \frac{3420}{2} = 1710 \text{ (авт.)}.$$

Розподіл автомобілів на групи виконується для міської СТО. За минулий рік та даними інших однотипних СТО зібрані дані згідно яких розподіл автомобілів може бути виконаний таким чином:

автомобілі особливо малого класу – 22 %;

автомобілі малого класу – 42 %;

автомобілі середнього класу – 36 %.

Середньорічний пробіг автомобілів приймаємо $L_{c-p} = 12500$ (км), як для регіону в якому середньорічна кількість днів із плюсовою температурою становить 230 днів. Вихідні дані до розрахунку виробничої програми зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до розрахунку виробничої програми міської СТО

Параметр	Ум. позн.	Од. вим.	Значення
Існуюча кількість постів	$X_{\text{п-існ}}^{\text{СТО}}$	од.	4
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	$N_{\text{ТО і ПР}}^p$	заїздів	3420
Частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР	$n_{\text{ТО і ПР}}^p$	заїздів в рік	2
Частота заїздів одного автомобіля для виконання антикорозійної обробки	n_{a-k}^p	заїздів в рік	1
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	$A_{\text{авт}}$	авт.	1710
в тому числі: - автомобілів I групи:	$A_{\text{авт}}^I$	авт.(%)	376

Продовження таблиці 2.1

1		2	3	4
- автомобілів II групи:		$A_{\text{авт}}^{\text{II}}$	авт.(%)	718
- автомобілів III групи:		$A_{\text{авт}}^{\text{III}}$	авт.(%)	616
Середньорічний пробіг автомобілів		$L_{\text{с-р}}$	км	12500
Спосіб миття автомобілів		-	-	Ручний
Кліматичний район		ПКЗ	-	Помірно-теплий
Режим роботи сто				
Кількість робочих днів СТО		D_p	дні	305
Тривалість зміни		$\tau_{\text{зм}}$	год.	7
Кількість робочих змін	ТО і ПР	с		1
	миття і прибирання	с		1
	приймання і видачі	с		1
	передпродажна підготовка	с		1
	антикорозійного захисту	с		1

2.2 Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту ДТЗ

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 коректування:

$$t_{\text{ТО і ПР}} = t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{н}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт коректування 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 коректування в залежності від природно-кліматичних умов.

Разова трудомісткість на один заїзд автомобіля на СТО не коректується.

Нормативи ТО і ПР та інших видів робіт для міської СТО вибираємо згідно ОНТП-01-91.

Нормативи питомої трудомісткості ТО і ПР необхідно скоректувати за допомогою коефіцієнтів коректування:

- в залежності від кількості робочих постів СТО. На СТО 4 робочих пости. $K_{\text{п}} = 0,95$;
- в залежності від природно-кліматичних умов. СТО знаходиться в помірно-теплій кліматичній зоні. $K_{\text{з}} = 0,90$.

Визначаємо питому трудомісткість для кожної групи автомобілів за формулою (2.2):

для 1 групи: $t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{I}} = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,71 \text{ (люд} \cdot \text{год/1000)}$;

для 2 групи: $t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{II}} = 2,3 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,97 \text{ (люд} \cdot \text{год/1000)}$;

для 3 групи: $t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{III}} = 2,7 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 2,31 \text{ (люд} \cdot \text{год/1000)}$.

Результати розрахунків трудомісткості ТО і ПР зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Нормативи трудомісткості ТО і ПР для міської СТО

Нормативи трудомісткості та коефіцієнти коригування		Ум. позн.	Один. вим.	Для автомобілів:		
				1 групи	2 групи	3 групи
Коефіцієнт коригування в залежності від кількості постів СТО		K_{Π}	—	0,95	0,95	0,95
Коефіцієнт коригування в залежності від природно-кліматичних умов		K_3	—	0,9	0,9	0,9
Питома ТО і ПР на 1000 км пробігу (нормативна)		$t_{\text{ТО і ПР}}^H$	люд·год/1000	2,0	2,3	2,7
Питома ТО і ПР на 1000 км пробігу (скоректована)		$t_{\text{ТО і ПР}}$	люд·год/1000	1,71	1,97	2,31
Разова на один заїзд:	миття і прибирання	$t_{\text{П-М}}$	люд·год	0,15	0,20	0,25
	приймання і видачі	$t_{\text{П-В}}$	люд·год	0,15	0,20	0,25
	передпродажної підготовки	$t_{\text{П-П}}$	люд·год	3,5	3,5	3,5
	антикорозійної обробки	$t_{\text{а-к}}$	люд·год	3,0	3,0	3,0

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;

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

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

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

$T_{доп}$ – допоміжні роботи.

На даному СТО не передбачені роботи прибирання і миття автомобілів, тому трудомісткість робіт прибирання і миття автомобілів перед виконанням ТО і ПР та трудомісткість косметичного прибирання і миття автомобілів, як окремої послуги не розраховуються і в загальну трудомісткість робіт на СТО не включаються.

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

$$T_{ТО і ПР}^i = \frac{A_{авт}^i \cdot L_{с-р} \cdot t_{ТО і ПР}^i}{1000}, \quad (2.3)$$

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

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

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

$$T_{ТО і ПР}^I = \frac{376 \cdot 12500 \cdot 1,71}{1000} = 8037 \text{ (люд} \cdot \text{год)};$$

$$T_{ТО і ПР}^{II} = \frac{718 \cdot 12500 \cdot 1,97}{1000} = 17649,34 \text{ (люд} \cdot \text{год)};$$

$$T_{ТО і ПР}^{III} = \frac{616 \cdot 12500 \cdot 2,31}{1000} = 17775,45 \text{ (люд} \cdot \text{год)}.$$

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

$$T_{a-k} = A_{авт} \cdot n_{a-k}^p \cdot t_{a-k}, \quad (2.4)$$

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.

$$T_{a-k} = 1710 \cdot 1 \cdot 3 = 5130 \text{ (люд} \cdot \text{год)}.$$

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.

$$T_{п-в}^I = 376 \cdot (2 + 1) \cdot 0,15 = 169,2 \text{ (люд} \cdot \text{год)};$$

$$T_{п-в}^{II} = 718 \cdot (2 + 1) \cdot 0,20 = 430,8 \text{ (люд} \cdot \text{год)};$$

$$T_{п-в}^{III} = 616 \cdot (2 + 1) \cdot 0,25 = 462,0 \text{ (люд} \cdot \text{год)}.$$

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

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

$$T_{\text{ТО і ПР}} = 8037 + 17649,34 + 17775,45 = 43461,79 (\text{люд} \cdot \text{год});$$

$$T_{\text{п-в}} = 169,2 + 430,8 + 462 = 1062 (\text{люд} \cdot \text{год}).$$

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

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

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

$T_{\text{ТО і ПР}}, T_{\text{п-м(ТО)}}, T_{\text{п-в}}, T_{\text{а-к}}, T_{\text{п-п}}$ – річна трудомісткість відповідно робіт ТО і ПР, прибирання-мийних робіт перед ТО і ПР, приймання-видачі автомобілів, робіт антикорозійної обробки та передпродажної підготовки;

$$T_{\text{доп}} = (43461,79 + 708 + 1062 + 5130 + 840) \cdot \frac{20}{100} = 10594,36 (\text{люд} \cdot \text{год}).$$

Орієнтовна трудомісткість всіх постових робіт на СТО:

$$T^{\text{пост}} = T_{\text{ТО і ПР}} \cdot \frac{C_{\text{ПР}}^{\text{пост}}}{100} + T_{\text{пм(ТО)}} + T_{\text{пм}} + T_{\text{пв}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{ак}}, \quad (2.8)$$

де $C_{\text{ПР}}^{\text{пост}}$ – частка (%) постових робіт від загальної трудомісткості робіт ТО і ПР. Орієнтовно для попередніх розрахунків приймається рівною: 74% – для СТО, в яких існуюча або планова кількість робочих постів менше п'яти; 69% – для більших СТО;

$$T^{\text{пост}} = 43461,79 \cdot \frac{74}{100} + 708 + 1062 + 5130 + 840 = 52971,79 (\text{люд} \cdot \text{год})$$

Орієнтовна кількість робочих постів, яка залежить від трудомісткості постових робіт:

$$X_{\text{п}}^{\text{СТО}} = \frac{T^{\text{пост}} \cdot K_{\text{н}}}{D_{\text{р}} \cdot c \cdot \tau_{\text{зм}} \cdot P_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (2.9)$$

де $T^{\text{пост}}$ – річна трудомісткість постових робіт, люд.-год;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів (приймається рівним 1,15);

$D_{\text{р}}$ – число днів роботи СТО;

c – число робочих змін протягом доби;

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

$P_{\text{п}}$ – середнє число робітників, що одночасно працюють на посту (приймається рівним 1,6...1,9);

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт використання робочого часу поста (приймається рівним: при однозмінній роботі – 0,95; при двозмінній – 0,94).

$$X_{\text{п}}^{\text{СТО}} = \frac{52971,79 \cdot 1,15}{305 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,95} = 14,14 \approx 14 \text{ (постів)}$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Річна трудомісткість робіт на СТО

Вид робіт	Ум. позн.	Один. вим.	Для автомобілів:			Всього
			1-ої групи	2-ої групи	3-ьої групи	
Роботи ТО і ПР автомо- білів	$T_{\text{ТО і ПР}}$	люд.- год	8037	17649	17775	43461,7
Роботи приймання і ви- дачі	$T_{\text{п-в}}$	люд.- год	169,2	430,8	462	1062

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7
Роботи антикорозійної обробки	T_{a-k}	люд.- год	—	—	—	5130
Всього робіт СТО	T_{Σ}	люд.- год	—	—	—	52971, 7

Основну частину загальної трудомісткості робіт на СТО займають роботи ТО і ПР автомобілів $T_{ТО і ПР}$, які можуть виконуватись як на постах ТО і ПР так і у виробничих дільницях. Річний обсяг цих робіт необхідно додатково розділити за видами робіт ТО і ПР. Розподіл трудомісткості ТО і ПР виконується згідно ОНТП-01-91 в відсотковому відношенні:

$$T_{в.р} = T_{ТО і ПР} \cdot \frac{C_{в.р}}{100}, \quad (2.10)$$

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

$T_{ТО і ПР}$ – річна трудомісткість робіт ТО і ПР, люд·год;

$C_{в.р}$ – відсоткова доля окремого виду робіт від річної трудомісткості робіт ТО і ПР, %.

Величина $C_{в.р}$ залежить від кількості робочих постів (потужності) СТО. Для існуючих СТО може бути прийнята наявна кількість робочих постів.

Результати розподілу зводимо в таблицю 2.6.

2.3 Розрахунок чисельності робітників

Розрізняють явочну чисельність виконавців робіт $P_{я}$, потрібну для виконання добової виробничої програми, і штатну чисельність $P_{ш}$, 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:

$$P_{\text{я}} = \frac{T_i}{\Phi_{\text{р.м.}}}; \quad P_{\text{шт}} = \frac{T_i}{\Phi_{\text{в.р.}}}, \quad (2.11)$$

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

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

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

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

- при 5-ти денному робочому тижні:

$$\Phi_{\text{р.м.}} = D_{\text{р.з.}} \cdot \tau_{\text{зм}} - D_{\text{нс}}, \quad (2.12)$$

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

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

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

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

$$\Phi_{\text{в.р.}} = \Phi_{\text{р.м.}} - (D_{\text{від}}^{\text{осн}} + D_{\text{від}}^{\text{дод}} + D_{\text{пов}}) \cdot \tau_{\text{зм}}, \quad (2.13)$$

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

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

Чисельність виробничих робітників визначаємо для кожного виду дільничних робіт ПР. Вихідні дані для розрахунку чисельності робітників зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку чисельності робітників

Професія робітників	Основна відпустка, дні	Додаткова відпустка, дні	Пропуски з хвороби та ін. причин, дні	при 5-ти денному робочому тижню	
				Фонд часу робочого місця, год	Фонд часу робітника, год
	$D_{\text{від}}^{\text{осн}}$	$D_{\text{від}}^{\text{дод}}$	$D_{\text{пов}}$	$\Phi_{\text{р.м.}}$	$\Phi_{\text{в.р.}}$
Мийники і прибиральники рухомого складу	15	4	6	1998	1798
Слюсарі з ТО і поточного ремонту агрегатів, вузлів, устаткування, мотористи, електрики, шиномонтажники, слюсарі-верстатники, столяри, оббивальники, арматурники, жерстяники	18	5	5		1774
Слюсарі з ремонту приладів системи живлення, акумуляторники, ковалі, мідники, зварювальники, вулканізаторники	24	6	4		1726
Малярі	24	6	4		1726

Фонд робочого часу робочого місця та ефективний фонд часу робітника:

$$\Phi_{\text{р.м.}} = (365 - 52 - 10) \cdot 7 - 10 \cdot 1 = 2111 \text{ (год);}$$

$$\Phi_{\text{в.р.}} = 2111 - (18 + 6 + 5) \cdot 7 = 1908 \text{ (год).}$$

Для всіх видів робіт і груп ДТЗ розрахунки виконуються однаково.

Результати визначення чисельності робітників для кожного виду робіт ТО і ПР зводимо в таблицю 2.7 (п. 2.1.6).

2.4 Розрахунок кількості постів ТО, ПР і діагностики ДТЗ

Розрахункова мінімальна кількість постів ТО і ПР (діагностування, ТО, регулювальних, розбирально-складальних, кузовних, фарбувальних та ін.), прибирально-мийних постів без застосування механізованих мийних установок, постів приймання-видачі, антикорозійної обробки та передпродажної підготовки автомобілів визначається за формулою:

$$X_i = \frac{T_i \cdot K_n}{D_p \cdot c \cdot \tau_{зм} \cdot P_n \cdot \eta_n}, \quad (2.14)$$

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

K_n – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів;

D_p – число днів роботи СТО, дні;

c – число робочих змін протягом доби;

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

P_n – середнє число робітників, що одночасно працюють на посту;

η_n – коефіцієнт використання робочого часу.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для розрахунку кількості постів СТО

Показник	Ум. поз н.	Вид робіт		
		ТО і ПР	приби- рання і миття	прий- мання-ви- дачі
Коефіцієнт нерівномірності завантаження постів	K_n	1,15	1,15	1,15
Одночасно працюють на посту, чел	P_n	2	2	1
Коефіцієнт використання робочого часу	η_n	0,95	0,95	0,95

Кількість постів робіт технічного обслуговування в повному обсязі:

$$X_i = \frac{6549,27 \cdot 1,15}{305 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 0,95} = 1,85$$

Для інших робіт кількість постів визначається аналогічно.

2.5 Розподіл робіт ТО і ПР за видами та місцем виконання

Трудомісткість робіт ТО і ПР автомобілів розподіляємо згідно з ОНТП-01-91 за видами робіт. Кожний вид робіт у свою чергу поділяється за місцем їх виконання на постові і дільничні. Розрахункові показники для кожного виду робіт ТО і ПР зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахункові показники робіт ТО і ПР автомобілів на СТО

Вид робіт	Розподіл за місцем виконання										
	Розподіл за видами робіт, люд.-год		Постові роботи						Дільничні роботи		
			Трудомісткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.		К-сть постів	Трудомісткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.	
	%	$T_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	$P_{я}$	$P_{ш}$	$X_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	$P_{я}$	$P_{ш}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Роботи ТО і ПР автомобілів:											
контрольно-діагностичні (двигун, гальма, електроустаткування, аналіз вихлопних газів)	4	1738,47	100	1738,47	0,84	0,93	0,49	—	—	—	—
технічне обслуговування в повному обсязі	15	6519,27	100	6519,27	3,16	3,48	1,85	—	—	—	—
мастильні	3	1303,85	100	1303,85	0,63	0,70	0,37	—	—	—	—

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
регулювання кутів керованих коліс	4	1738,47	100	1738,47	0,84	0,93	0,49	—	—	—	—
ремонт і регулювання гальм	3	1303,85	100	1303,85	0,63	0,70	0,37	—	—	—	—
електротехнічні	4	1738,47	80	1390,78	0,67	0,74	0,39	20	347,69	0,17	0,19
роботи за системою живлення	4	1738,47	70	1216,93	0,59	0,67	0,34	30	521,54	0,25	0,29
аккумуляторні	2	869,24	10	86,92	0,04	0,05	0,02	90	782,31	0,38	0,43
шинні	2	869,24	30	260,77	0,13	0,14	0,07	70	608,47	0,29	0,33
ремонт вузлів, систем і агрегатів	8	3476,94	50	1738,47	0,84	0,93	0,49	50	1738,47	0,84	0,93
кузовні й арматурні	25	10865,4	75	8149,09	3,95	4,47	3,08	25	2716,36	1,32	1,49
фарбувальні	16	6953,89	100	6953,89	3,37	3,81	2,63				
оббивні	3	1303,85	50	651,93	0,32	0,35	0,25	50	651,93	0,32	0,35
слюсарно-механічні	7	3042,33						100	3042,33	1,47	1,62
Разом робіт ТО і ПР	100	43461,7	76	33052,6	16,0	17,8	10,8	23	10409,1	5,05	5,62
Прибирання і миття автомобілів			100	708,00	0,34	0,37	0,20				
Приймання і видачі автомобілів			100	1062,00	0,51	0,57	0,60				
Передпродажної підготовки			100	840,00	0,41	0,45	0,40				
Антикорозійної обробки автомобілів			100	5130,00	2,49	2,74	2,42				
Всього робіт СТО				42562,6	20,6	22,9	14,9		10409,1	5,05	5,62

2.6 Організація діагностичних робіт в зоні ТО і ПР

Діагностичні роботи на станції технічного обслуговування Фаворит авто Вінниця виконується в одному приміщенні із зоною технічного обслуговування і поточного ремонту.

Дане приміщення має досить велику площу тому в ньому можна виконувати роботи різні за їх технології виконання. Зона технічного обслуговування і поточного ремонту оснащена різноманітним технологічним обладнанням як стаціонарним так і пересувним або переносним. Основним стаціонарним обладнанням в зоні технічного обслуговування і поточного ремонту й електромеханічні підіймачі які встановлені на робочих постах куди заїжджають автомобілі

індивідуальних власників для виконання робіт гарантійного та післягарантійного обслуговування.

Перед тим як автомобіль поступає в зону технічного обслуговування і поточного ремонту йому виконується контрольний огляд який ставить своєю метою визначення комплексу робіт що буде виконуватися по відношенню до цього автомобіля. Знаючи всі роботи які треба виконати з автомобілем можна визначити місце виконання цих робіт підібрати необхідне обладнання та вибрати виконавців які будуть безпосередньо виконувати роботу.

Якщо під час контрольного огляду неможливо встановити і визначити весь комплекс робіт який потрібно виконати то автомобіль направляється в зону діагностики для поглибленого діагностування і визначення причин несправностей. Це дасть можливість більш точно визначити які саме роботи потрібно проводити з автомобілем і які запасні частини необхідно в ньому замінювати.

Процедури діагностування автомобіля включають в себе перевірку всіх без виключення його систем. Більша увага звертається на системи та агрегати автомобіля на які вказує власник автомобіля. Перевірка ходової частини автомобіля виконується на підймачу і огляду автомобіля знизу. Такі процедури у своїй переважній більшості виконується механічним способом і перевіркою технічного стану елементів ходової частини.

Рульове керування та гальмівна система можуть перевірятися як візуально контрольним оглядом так і із застосуванням необхідного діагностичного обладнання. Досить важливим є діагностування антиблокувальної системи гальм яке не може бути виконане тільки контрольним оглядом.

Досить важливим і трудомістким процесом є діагностування автомобільного двигуна. Ця частина робіт вважається найбільш складною і потребує особливих підходів та діагностичного обладнання.

Процедура діагностування автомобільного двигуна як правило починається з перевірки системи керування двигуном за допомогою діагностичного сканера OBD. Сканер OBD являє собою прилад який приєднується до спеціального роз'єму OBD розташованого у салоні автомобіля. Через цей роз'єм сканер як

діагностичний прилад з'єднується з електронним блоком керування двигуном.

Для діагноста який виконує діагностичні процедури застосування сканера є досить простим і потребує малих затрат часу. Це пояснюється тим що сканер легко приєднується і не потребує ніякого часткового розбирання. Спеціалізоване програмне забезпечення яке забезпечує функціонування сканера OBD встановлюється на планшет що є досить зручним під час його використання. Планшет з'єднується із сканером через безпроводний зв'язок Bluetooth або wi-fi. Це досить зручно оскільки дає можливість діагносту вільно пересуватися біля автомобіля не звертаючи увагу на з'єднувальні проводи.

Інформація яка зчитується діагностичним сканером OBD та поступає у планшет з програмним забезпеченням аналізується в декількох режимах. Основним режимом сканера OBD є зчитування кодів несправностей. Такі коди несправностей локалізують місце пошуку причин та дають можливість діагносту зв'язати коло пошуку та зменшити тривалість діагностичних процедур. Окрім цього сканер OBD може працювати в режимі зчитування оперативних даних в реальному часі. Для цього запускається двигун і через діагностичний роз'єм OBD на планшет поступає інформація від різних датчиків та виконавчих пристроїв системи керування двигуном. Ця інформація відображається в режимі реального часу у вигляді графіків або в табличному виді.

У більшості випадків застосування сканера OBD є достатнім і після цього діагност може зробити висновки щодо причин несправностей та сформулювати перелік робіт які необхідно виконати для відновлення роботоздатності двигуна.

Якщо процедури використання діагностичного сканера OBD не дають бажаного результату і діагност не може визначити причини несправностей, то У такому випадку виконується другий етап діагностики із застосуванням іншого діагностичного обладнання. Таким обладнанням в першу чергу є комбінований мультиметр як простіший діагностичний прилад, а також більш складне діагностичне обладнання - це комп'ютерний мотор тестер.

Застосування комбінованого мультиметра є стандартною процедурою під час проведення діагностики. Він дає можливість визначити основні і базові

діагностичні параметри щодо електричного та електронного обладнання, а також системи керування двигуном загалом. У багатьох випадках визначення електричних фізичних величин із застосуванням комбінованого мультиметра дає бажаний результат. Але застосування комбінованого мультиметра має свої обмеження. Діагност може визначати фізичні величини тільки як абсолютні значення у певний період часу. Комбінований мультиметр не дає можливості прослідкувати як змінюється той чи інший параметр з часом, особливо якщо зміна цього параметра відбувається досить швидко.

Одним із найбільш складного діагностичного обладнання в зоні діагностики станції технічного обслуговування є комп'ютерний мотор тестер. Це обладнання яке можна віднести до типу переносного або пересувного. Комп'ютерний мотор тестер являє собою блок апаратної обробки до якого приєднується комплект певних діагностичних сенсорів. Ці діагностичні сенсори приєднуються до характерних точок діагностики двигуна. Як правило вони приєднуються до датчиків та виконавчих пристроїв двигуна.

Діагностичні сенсори зчитують діагностичну інформацію від різних елементів автомобільного двигуна та системи керування двигуном зокрема і передають цю інформацію у блок-апаратної обробки. Після того як інформація перетворюється у необхідний формат вона передається у персональний комп'ютер або ноутбук чи планшет на якому встановлене спеціальне програмне забезпечення мотор тестера. Програмне забезпечення виконання таким чином щоб показати діагностичну інформацію у вигляді зручному для розуміння.

Діагностичні можливості мотортестера є досить широкими. Він дає можливість діагностувати не тільки системи двигуна а і інші системи автомобіля які мають датчики, виконавчі пристрої та елементи керування.

Отже на основі вище описаного можна дійти висновку що основою організації діагностичних робіт на станції технічного обслуговування є правильність підбору необхідного технологічного обладнання яке дає можливість поетапного діагностування різних систем автомобілів. Основний підхід тут заключається в тому щоб процедури діагностування починалися від простішого до складнішого.

Якщо процес діагностики отримує позитивний результат при використанні простіших процедур то потреби у виконанні більш складних діагностичних процедур уже немає.



РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

3.1 Вибір структурних параметрів та їх обґрунтування

Структурний параметр - це фізична величина яка характеризує певний виріб і змінюється у процесі експлуатації. Структурні параметри не є постійними вони можуть приймати різні значення які поділяються на номінальні, припустимі та гранично можливі.

Номінальне значення структурного параметру відповідає практично новому виробу. Між номінальним і граничним станом є найбільш тривалий припустимий стан. Це нормальний період експлуатації виробу при якому структурний параметр знаходиться в допустимих межах.

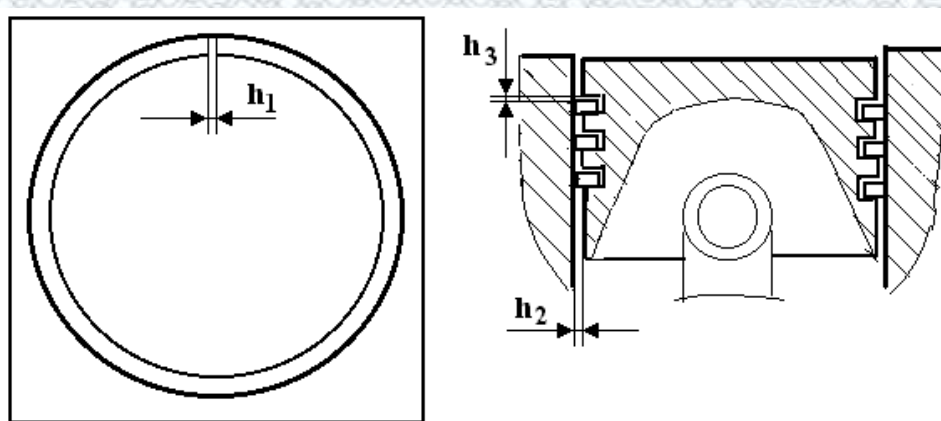
Для діагностування різних систем двигуна внутрішнього згоряння і зокрема для діагностування циліндро-поршневої групи можуть використовуватися різні діагностичні та структурні параметри. Структурні параметри виражаються у зміні певних розмірів і можуть бути виміряні безпосередньо в самих деталях двигуна. Діагностичні параметри характеризують зміну структурних параметрів через певні непрямі ознаки.

Для діагностування циліндро-поршневої групи можна вибрати такі структурні параметри як зазор між поршнем і кільцем поршня по висоті канавки, зазор між циліндром і поршнем, тепловий зазор поршневого кільця. Схема цих параметрів показано на рисунку 3.1.

У процесі експлуатації структурні параметри циліндра поршневої групи змінюється у залежності від умов експлуатації. Це призводить до збільшення або зменшення їх значень. Технічний стан циліндро поршневої групи при цьому також змінюється.

Також доцільно визначити гранично припустимі структурні параметри циліндро-поршневої групи. Це такі параметри при досягненні яких виріб вважається несправним. Поняття несправного двигуна також в певній мірі умовне.

Вважається що двигун є несправним у тому випадку якщо його технічні екологічні та техніко-економічні властивості виходять за свої межі. Двигун може виділяти досить велику кількість шкідливих відпрацьованих газів, може споживати надмірну кількість моторного масла, може втрачати потужність, споживати надто велику кількість бензину або дизельного палива.



h_1 - зазор у стиках поршневих кілець;

h_2 - зазор між циліндром і поршнем;

h_3 - зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки

Рисунок 3.1 – Параметри циліндро-поршневої групи

У таблиці 3.1 приведені структурні параметри циліндру поршневої групи для бензинового двигуна. Ці параметри показані у трьох значеннях. Номінальні значення які відповідають стану нового двигуна. Припустимі значення які є значеннями у процесі експлуатації двигуна. Також приведені гранична можливість значення параметрів після яких вважається що двигун підлягає ремонту.

Параметри які приведені у цій таблиці характеризують саме технічний стан поршня і циліндра. Зміна цих параметрів призводить до втрати герметичності надпоршневого простору. Внаслідок цього зменшується потужність двигуна. Основними причинами зменшення герметичності поршневого простору є проривання газів через з'єднання поршня та гільзи у картер двигуна. Полювання газів може відбуватися тільки через збільшення певних зазорів які розташовані між

поршнем та гільзою.

Якщо проаналізувати приведені структурні параметри то можна дійти висновку що їх зміна однаково буде впливати на технічний стан двигуна різних моделей автомобілів незалежно від їхньої конструкції і від року випуску

Окрім приведених в таблиці структурних параметрів також є і інші параметри які впливають на технічний стан двигуна. Але ці параметри в меншій мірі впливають на потужність та втрату герметичності над поршневого простору, тому у даній роботі вони не будуть розглядатися. До таких параметрів можна віднести наступне: деформація площин блоку, руйнування перемичок і тріщини в поршні, поломка поршневих кілець, задири на спідниці й поверхні циліндра, залягання поршневих кілець, пробіїни або тріщини в циліндрі, випадання фіксаторів поршневого пальця, зношування поршнів, циліндрів і кілець.

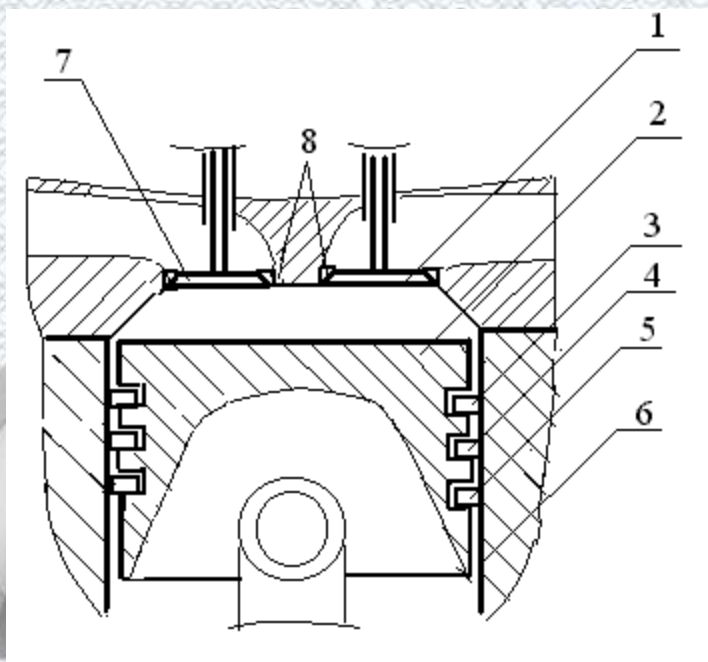
Таблиця 3.1 – Характеристики параметрів циліндро-поршневої групи

Найменування контрольованих параметрів	Номінальні значення параметра, мм	Припустимі значення параметра, мм	Гранично можливі значення параметра, мм
Зазор у стиках поршневих кілець	0,3-0,4 для верхнього	0,7-0,8	0,9-1,0 і більше
	0,2-0,3 для середнього й маслоз'ємного	0,7-0,8	0,9-1,0 і більше
	0,4-0,5 для складального маслоз'ємного	1,2-1,4	1,5 і більше
Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки	0,015-0,02	0,03-0,09	0,1 і більше
Зазор між циліндром і поршнем у верхньому поясі	0,02-0,05	0,06-0,09	0,12- 0,15 і більше

Герметичність камери згоряння забезпечує тільки герметичне з'єднання поршня та гільзи циліндра. Також на цю величину впливає герметичні з'єднання

клапана і сідла. Тому у процесі діагностування необхідно врахувати наскільки технічно справними є клапан та сідло.

Рисунку 3 2 показана схема структурних параметрів які враховують і герметичність з'єднання гільзи та поршня а також герметичні з'єднання клапана з сідлом.



1 - впускний клапан; 2 - поршень; 3 - верхнє компресійне кільце; 4-середнє компресійне кільце; 5 - маслоз'ємне кільце; 6 - циліндр; 7- випускний клапан; 8 - сідла клапанів

Рисунок 3.2 – Структурні параметри камери згоряння

Структурні параметри можуть змінюватися за різних причин. Головною причиною зміни структурного параметра є його зміна у процесі експлуатації. Такий процес є невідворотнім і властивий всім без винятку двигунам. Окрім цього можлива зміна структурних параметрів підвищена і з великою швидкістю. Такий процес відбувається унаслідок порушення умов експлуатації та експлуатації двигуна з надмірними навантаженнями.

Причин передчасного зношування деталі циліндро-поршневої групи є багато. Наприклад при роботі двигуна з детонацією можливий злам поршневих

кілець, можливе прогоряння поршня двигуна. Якщо використовувати неякісний моторне масло або експлуатувати двигун з перегріванням то можливе утворення коксових відкладень у поршневих канавках.

Отже можна дійти висновку що зміну структурних параметрів відбувається незалежно від того якої марки і моделі даний двигун. Для всіх двигунів структурні параметри змінюються або природнім шляхом у процесі експлуатації або підвищеним спрацюванням при порушенні умов експлуатації.

3.2 Вибір діагностичних параметрів та їх обґрунтування

Під час діагностування двигуна без його розбирання неможливо визначити точні значення структурних параметрів. Оскільки така процедура передбачає безпосередні замірювання розмірів у середині двигуна. Це можливо тільки тоді коли двигун повністю або частково розібраний і деталі дефектуються.

Для діагностування двигуна без його розбирання необхідно вимірювати параметри які можна визначити простішим способом. Такими параметрами є діагностичні параметри.

Діагностичні параметр являє собою фізичну величину яка характеризує технічний стан виробу і визначає зміну структурних параметрів за непрямыми ознаками. ДЕРЖСТАНДАРТ 20911-89 [3].

Вимірюючи діагностичні параметр можна робити висновки про те що структурні параметри які були описані вище знаходяться у своєму номінальному допустимому або граничному значенні. Відповідно до цього приймається рішення про можливість подальшої експлуатації двигуна або необхідність у частковому або повному ремонті.

Отже необхідно розглянути які діагностичні параметри можна вимірювати під час діагностування двигуна і яким чином за їхніми значеннями можна характеризувати значення структурних параметрів.

Під час діагностування можна оцінити основні функціональні властивості двигуна до яких відносяться витрата палива, потужність, величина крутного

моменту. Такі властивості також в певній мірі можуть характеризувати технічний стан двигуна але причин їх зміни може бути дуже багато тому для діагностування і визначення структурних параметрів циліндра поршневої групи основні функціональні властивості не можуть прийматися. Вони враховуються тільки з точки зору чи двигун можна експлуатувати чи потрібно виконувати діагностичні процедури.

Якщо охарактеризувати кожний приведенний вище структурний параметр який впливає на герметичність камери згоряння то можна дійти висновку що зміна кожного параметра впливає на зміну певних діагностичних параметрів.

Зміна теплового зазору у стику поршневого кільця призводить до того що газ з камери згоряння прориваються у картер двигуна і таким чином зменшується потужність двигуна. Окрім цього через збільшений зазор між поршнем і циліндром масло проривається в камеру згоряння внаслідок чого воно вигорає і виходить у вихлопну систему. Це призводить до збільшення витрати моторного масла а також появи диму певного кольору з вихлопної труби.

Таким чином можна сказати що кількість масла яке витрачається у процесі експлуатації двигуна може служити тим параметром який характеризує технічний стан поршневої групи і циліндрів двигуна. Але цей параметр досить важко визначити точно.

Ще одним параметром який впливає на герметичність камери згоряння є герметичність клапанного механізму. Якщо збільшується зазор між клапаном і сідлом то під час згоряння суміші газу будуть прориватися через негерметичність і виходити або впускний або у випускний колектор при закритих клапанах. Це також буде призводити до зменшення потужності двигуна.

Також необхідно сказати про оцінку діагностичних параметрів таких як шум вібрація і тиск. При появі певних несправностей у автомобільному двигуні можуть появлятися сторонні шуми і стуки. Наприклад при роботі двигуна з детонацією появляється характерний металевий клацаючий стук який є досить небезпечним і призводить до складних поломок деталей двигуна.

Отже задача полягає в тому щоб знайти такі діагностичні параметри які можна буде легко визначати у процесі діагностування двигуна без його розбирання і які дадуть більше реальну характеристику того як змінюється структурні параметри двигуна. Деяка закономірність зміни і залежності діагностичних і структурних параметрів показано схематично на рисунку 3.3.

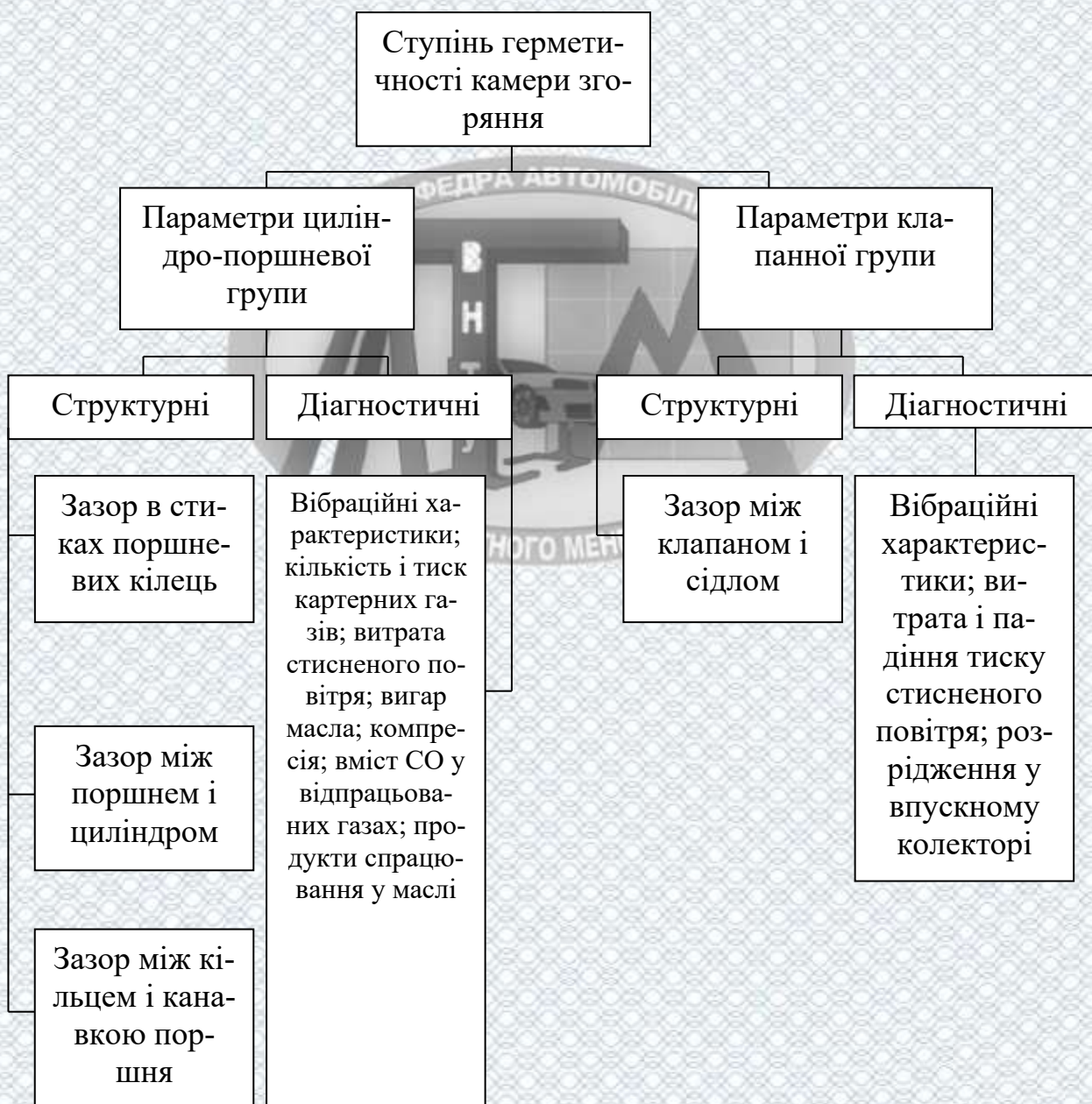


Рисунок 3.3 – Відповідність структурних і діагностичних параметрів

Одним із реальних діагностичних параметрів які можуть бути визначені у процесі діагностики можна вважати кількість стисненого повітря яке проривається у картер двигуна, а також падіння тиску стисненого повітря через деякий час яке подається через свічний отвір у камеру згоряння. Якщо тиск повітря швидко зменшується то це свідчить про те що камера згоряння не герметична і повітря проривається або у впускний чи випускний колектор через негерметичності клапанного механізму або під поршень через негерметичності з'єднання поршень кільця гільза.

Такі способи діагностики використовуються практично. Для їх реалізації є спеціальний прилад з манометрами який дає можливість перевірити падіння тиску повітря яке подається у циліндрі двигуна.

Найбільш поширеним способом діагностування технічного стану циліндро-поршневої групи та герметичності камери згоряння є визначення компресії. Для визначення дійсного значення цього діагностичного параметра використовується спеціальний прилад який має назву компресометр.

Описані способи діагностики із застосуванням подачі стисненого повітря у циліндри двигуна та визначення компресії найкраще характеризують технічний стан деталей двигуна за непрямыми ознаками. Ці процедури досить детально описані у різних інформаційних ресурсах, наукових працях де приводиться як технологія визначення цих діагностичних параметрів так і різноманітні дослідження як пов'язати ці діагностичні параметри з реальним технічним станом деталей двигуна. Такі дослідження проводилися і описані у досить великій кількості наукових робіт.

3.3 Визначення значень діагностичних параметрів

Для того щоб можна було робити висновки про технічний стан двигуна, про можливість його подальшої експлуатації або необхідність у ремонті треба визначити взаємозв'язки між діагностичними і структурними параметрами. Ці взаємозв'язки є надзвичайно важливими з точки зору значення структурного параметра та доцільності подальшої експлуатації.

Якщо у процесі експлуатації змінюється структурні параметри то відповідно будуть також змінюватися і діагностичні параметри. Проблема полягає в тому що ця залежність не є лінійною. Якщо визначений точне значення діагностичного параметра то це ще не свідчить про те що точно так само змінився структурний параметр. Тому у процесі діагностування рішення про необхідність виконання певних ремонтних процедур приймається умовно виходячи із суб'єктивного досвіду. Але при цьому обов'язково враховується зміна діагностичного параметра. Без вимірювання діагностичних параметрів приймати рішення про необхідність ремонту недоцільно.

Якщо говорити про технічний стан деталей кривошипно-шатунного та газорозподільного механізму двигуна то на зміну їх структурних параметрів може впливати досить велика кількість факторів. В залежності від цих факторів по-різному будуть змінюватися як діагностичні так і структурні параметри. Тому це необхідно враховувати під час проведення практичної діагностики.

Так, наприклад, при діагностуванні двигунів автомобілів «Audi», «Volkswagen» рекомендується робити оцінку технічного стану ЦПП і герметичності клапанів двигуна по різниці компресії між циліндрами, яка не повинна перевищувати $2,0-3,0 \cdot 10^5$ Па. Якщо один або кілька циліндрів перевищують цю різницю, то можливий дефект клапанів, поршневих кілець або робочої поверхні циліндрів. Номінальна й припустима компресія для двигунів цих автомобілів перебуває в межах $9-13 \cdot 10^5$ Па. Мінімальне значення компресії не повинне бути нижче $7-7,5 \cdot 10^5$ Па.

Для автомобілів фірми «Opel» номінальна й припустима компресія перебувають у межах $12-15 \cdot 10^5$ Па. Допускається максимальна відмінність між циліндрами $1,0-1,5 \cdot 10^5$ Па. Відзначається, що компресія в справному двигуні росте швидко. Низька компресія на 1-ому оберті й наступне її зростання вказує на зношування поршневих кілець. Якщо компресія залишається низкою, то прогоріли клапани або прокладка головки блоку циліндрів, можлива тріщина головки. Нагар на звороті тарілки клапана також може бути причиною низької компресії. Якщо компресія дуже висока – камера згоряння покрита нагаром.

Менш тверді вимоги відносно технічного стану пред'являються до двигунів фірми «Opel», які встановлюються на автомобілях «Daewoo». Тут найменший тиск у циліндрах повинне бути не менше $7 \cdot 10^5$ Па й становити не менш 70% від максимального значення для всіх циліндрів. Повинна зберігатися висока швидкість наростання тиску в циліндрах при справному двигуні. У випадку несправної ЦПГ при доливанні масла повинно відбуватися підвищення компресії.

Типовою для двигунів автомобілів фірми «Ford» є величина компресії $12 \cdot 10^5$ Па. Тиск у циліндрах повинен бути однаковим і відрізнятися не більше ніж на 10 %. Тиск у справному двигуні повинне підніматися дуже швидко.

Для двигунів автомобілів «BMW» припустима компресія повинна перебувати в межах $10-13 \cdot 10^5$ Па. Компресія в кожному циліндрі повинна відслідковуватися, як мінімум протягом 7 тактів стиску. У справному двигуні компресія росте швидко. Різниця в компресії між циліндрами не повинна перевищувати 20%.

У двигунів фірми «Scoda» у всіх циліндрах повинне бути приблизно рівний тиск порядку $11-15 \cdot 10^5$ Па. Якщо компресія в якому-небудь циліндрі менш 10 % або відмінність між двома циліндрами більш $1,5 \cdot 10^5$ Па, то це вказує на наявність несправності. Низька компресія на 1-ому оберті й наступне її зростання вказує на несправність поршневих кілець, при цьому 25 грам моторного масла, залитого у свічковий отвір, повинне різко збільшувати компресію. Низька компресія у двох суміжних циліндрах – прогоріла прокладка; висока компресія – наслідок нагару.

У посібнику з ремонту й експлуатації автомобілів фірми «Nissan» рекомендується при низькій компресії в якому-небудь циліндрі так само влити масло, якщо додавання масла тимчасово поліпшує компресію, це означає зношування циліндра або поршня.

Для автомобілів «Mercedes-Benz» із двигунами моделі 124, 190, 200, 230, 250, 260, 280, 300, 320 компресія в циліндрах не повинна відрізнятися більше, чим на $1,5 \cdot 10^5$ Па. У справного циліндра величина компресії швидко збільшується.

Основним показником технічного стану ЦПГ двигунів «Renault» є різниця компресії по циліндрах, що не перевищує 20%.

Фірма «Honda» для своїх двигунів установила наступні показники компресійного тиску в циліндрах: номінальне $12,9 \cdot 10^5$ Па, мінімально припустиме $9,5 \cdot 10^5$ Па, припустима різниця між циліндрами $2,0 \cdot 10^5$ Па.

Параметри діагностування ЦПГ двигунів популярних в Україні марок легкових автомобілів зведені в таблицю (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Діагностичні параметри двигунів легкових автомобілів

Модель Автомобіля	Компресія, 10^5 Па			
	Максимально припустима різниця між циліндрами	Допустима	Мінімальна	Темп наростання
Audi	2-3	10-13	7,5	Не враховується
Volkswagen	2-3	10-13	Не вказується	Не враховується
Opel	1,0-1,5	12-15	7,0	Враховується
Daewoo	3	12-15	Не вказується	Враховується
Ford	1,2	12	Не вказується	Враховується
BMW	2,0-2,6	10-13	Не вказується	Враховується
Scoda	1,5	11-15	Не вказується	Враховується
Mercedes-Benz	1,5	11-12	Не вказується	Враховується
Honda	2,0	12,9	9,5	Не враховується
Renault	2,0-2,6	10-13	Не вказується	Не враховується

У приведеній таблиці показано що під час діагностування двигуна враховується значення діагностичного параметра компресія. Компресія вимірюється приладом компресометр який вставляється у свічний отвір бензинового двигуна і колінчастий вал двигуна прокручується стартером. Компресія визначається у кожному циліндрі двигуна. При цьому враховується максимальна різниця значень між різними циліндрами двигуна, враховується величина вимірюваної компресії в кожному циліндрі двигуна, а також враховується темп наростання компресії від моменту початку прокручування колінчастого валу.

Аналізуючи параметри компресії можна сказати що є величини які визначаються кількісно - до них можна віднести абсолютне значення компресії та значення різниці компресії між різними циліндрами двигуна, а також є величини які не можна кількісно визначити. Величина темпу наростання компресії не є

параметром який регламентований, він може бути визначений тільки у порівняльному сенсі.

Несправності двигуна які впливають на зміну показників компресії можуть бути різними. Розглянемо деякі типові несправності. Часто зустрічалися такі несправності: нещільна посадка клапана в сідло, внаслідок деформації стрижня або відсутності передбаченого теплового зазору; залягання або поломка компресійних кілець; прогар випускного клапана; задири на поршні, яким відповідали задири на стінці циліндра; деформація й злам поршневих перегородок.

Розглянемо таку несправність як залягання поршневих кілець у поршневих канавках. Якщо поршневі кільця залягають у поршневих канавках то це призводить до втрати їх пружності. Причин залягання поршневих кілець може бути декілька. По-перше поршневі кільця можуть залягати у своїх канавках внаслідок появи коксових відкладень у зв'язку із застосуванням неякісного моторного масла. Також це може бути внаслідок пошкодження поршневих перегородок між поршневими канавками. На поршне і на гільзі циліндра можуть появлятися задири. Такі задири появляються унаслідок перегріву двигуна або внаслідок використання моторного масла який є неякісним або не відповідає потрібні марці. Поршневі перегородки можуть ламатися внаслідок великих навантажень на двигун або внаслідок роботи двигуна із детонацією. Причини детонації також можуть бути різними. Основною причиною роботи двигуна із системою керування двигуном під час виникнення детонації є несправність самої системи керування двигуном. У сучасних двигунах передбачений датчик детонації який призначений для того щоб попередити виникнення цього процесу під час роботи двигуна. Якщо датчик детонації подає сигнал про початок виникнення детонації у електронні блокування то електронний блок керування повинен змінити кут випередження запалювання у бік зменшення. При зменшеному куту випередження запалювання детонація пропадає. Якщо електронний блок керування не виконує таку функцію то це свідчить про те що або датчик детонації не подає сигнал в електронний блок керування або сам електронний блок керування не реагує на сигнал від датчика детонації.

На появу детонації у двигуні також впливає застосування неякісного бензину з низьким октановим числом. Також причиною може бути несправність керування кутом випередження запалювання. Якщо кут випередження запалювання буде збільшений то це призведе до виникнення детонації.

У будь-якому випадку якщо двигун працює з детонацією то це призводить до незворотних наслідків та поломок деталей двигуна. Зокрема це може призвести до поломок поршневих перегородок.

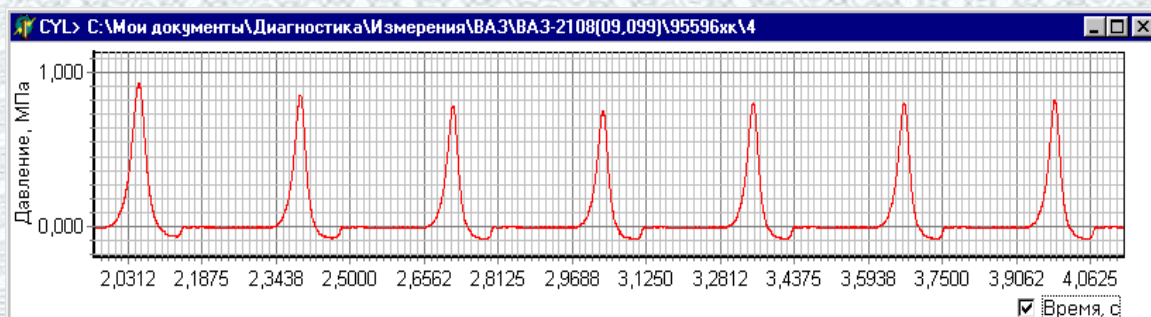
Щоб охарактеризувати наскільки поршневі кільця можуть вільно рухатися у поршневих канавках необхідно визначити такий структурний параметр як зазор між поршневим кільцем та поршневою канавкою по висоті.



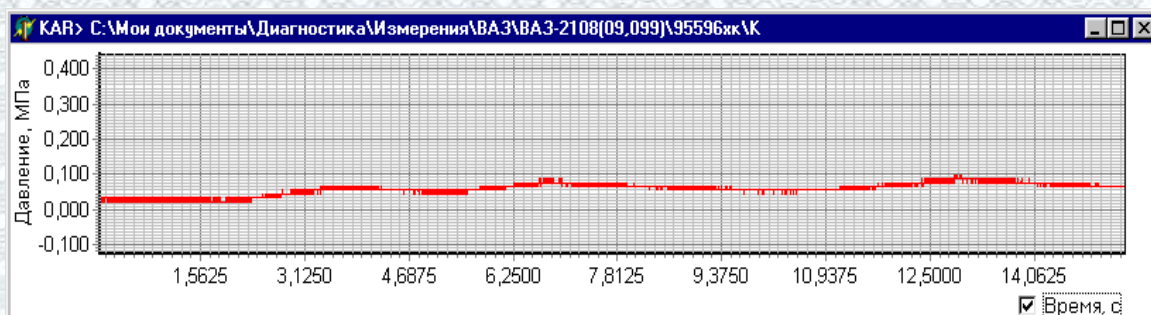
- а) – задири на поверхні поршня, що викликали залягання поршневих кілець;
- б) – деформація й злам поршневих перегородок із заляганням поршневих кілець

Рисунок 3.4 – Несправності залягання поршневих кілець

Якщо у двигуні наявна така несправність як залягання поршневих кілець то це призводить до зменшення величини компресії а також до пульсування тиску картерних газів. Це показано на графіку на рис. 3.5



а) – компресія в несправному циліндрі;



б) – підвищений пульсуючий тиск картерних газів

Рисунок 3.5 – Результати діагностування (залягання поршневих кілець)

Розглянемо ще одну несправність таку як прогорання випускного клапана двигуна. Це несправність виникає в першу чергу з причини порушення температурного режиму роботи двигуна. В кінці такту стискування під час згоряння суміші у бензиновому двигуні наростає досить висока температура яка складає більше 1300°C . Такі умови роботи призводять до значного нагрівання клапана особливо випускного клапана, оскільки через випускний клапан проходить тепловий потік під час відводу відпрацьованих газів у випускний колектор. Отже виходячи з цього причин прогорання випускного клапана може бути дві. По-перше випускний клапан і сілко клапана повинні відповідати технічним вимогам і повинні бути виготовлені із матеріалу який може витримати високі температурні навантаження. Якщо випускний клапан і сілдо виготовлення із порушенням технології то під час роботи двигуна може виникнути прогорання випускного клапана. Другою причиною є підвищення температури у камері згоряння. Це менш ймовірна причина але вона також може бути в окремих випадках. Ще одною і

найбільш ймовірною причиною може бути нещільне прилягання клапана до свого сідла. У такому випадку під час згоряння суміші коли обидва клапани закриті через нещільність між клапаном і сідлом будуть просочуватися досить гарячі вихлопні газы і в окремому місці прогрівати клапан і сідло до високої температури. З часом такий тепловий потік призведе до появи канавки у цьому місці тобто до прогорання клапана. Наслідком нещільного прилягання клапана до сідла є його перегрів і прогар (рис. 3.6, а).



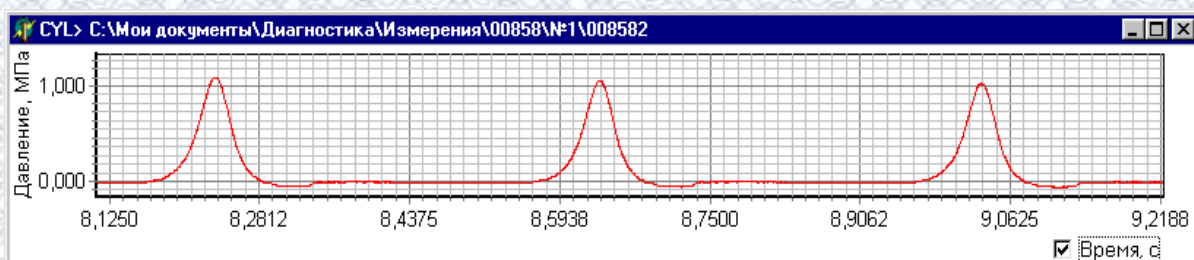
а) – прогар тарілки клапана;

б) – деформація стрижня

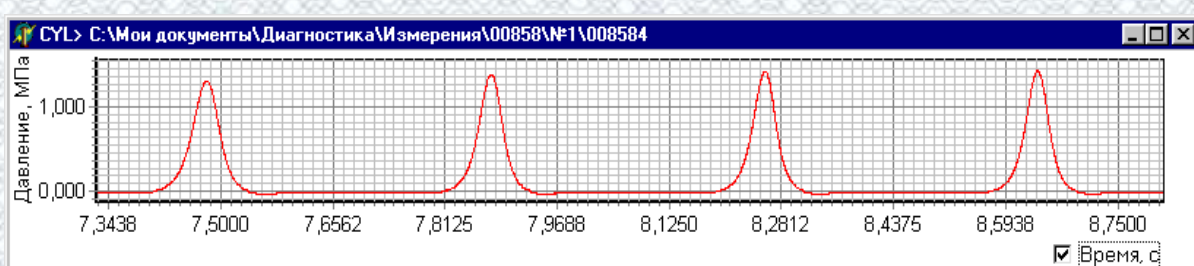
Рисунок 3.6 – Прогорання і деформація клапана

Клапан також може погнутися. Така несправність виникає внаслідок механічного удару поршня в клапан. Це стає можливим тоді коли є несправність у приводі газорозподільного механізму. Якщо конструкція двигуна зроблена таким чином що при обриві пасу приводу газорозподільного механізму поршень може стикатися з відкритими клапанами то це призводить до механічного удару і погнутості тарілки клапана і стержня клапана.

Несправності які пов'язані з негерметичністю з'єднання клапана із сідлом а також прогоранням клапана призводять до зміни величини діагностичного параметра компресія. Такі зміни показані на рисунку 3.7.



а) – у несправному циліндрі;



б) – у справному циліндрі

Рисунок 3.7 – Вплив герметичності клапана на величину компресії

Можна встановити суб'єктивний зв'язок між діагностичними параметрами та характерними несправностями які можуть виникати під час експлуатації двигуна циліндро-поршневої групи. Такі взаємозв'язки показані в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Взаємозв'язок несправностей і діагностичних параметрів

Характерні несправності об'єкта діагностування	Діагностичні ознаки	Значення діагностичних параметрів, МПа
Зношування ЦПГ	Підвищений тиск картерних газів	0,045 і більш
Залягання компресійних кілець, деформація й злам поршневих канавок	Значна різниця компресії між циліндрами двигуна	0,25 і більш
	Підвищений тиск картерних газів	0,045 і більш
Прогар, деформація клапана	Значна різниця компресії між циліндрами двигуна	0,25 і більш

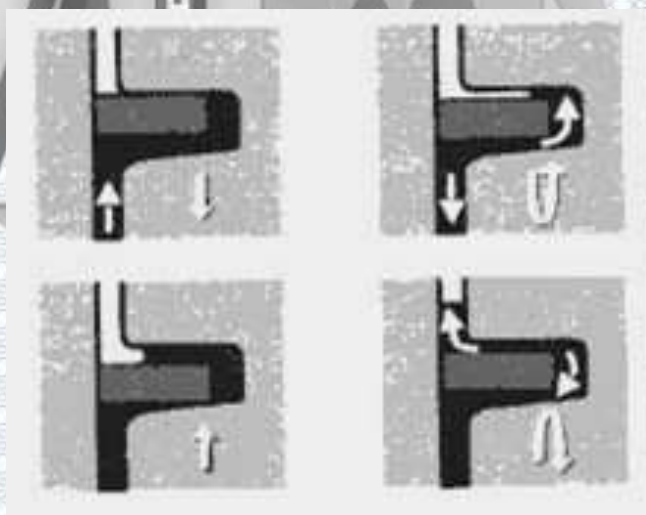
Розглянемо ще таку несправність як зношування поршневих кілець по

висоті. При такій несправності збільшується зазор між поршневим кільцем та поршневою канавкою по вертикалі.

Ця несправність досить характерна впливає на технічний стан то експлуатаційні характеристики двигуна. Як відомо поршень рухається вверх і вниз у циліндрі двигуна і при цьому поршневі кільця також будуть притискатися або до верхньої або до нижньої частини поршневої канавки. Таке явище має назву перекладка. Якщо поршень рухається до верху то стиснені гази з камери згоряння прориваються під поршень це призводить до падіння величини компресії. Якщо поршень рухається донизу то це призводить до попадання моторного масла в камеру згоряння і вигорання масла (рис. 3.8).

а

б



в

г

а) – рух поршня до НМТ; б) – перекладка поршня в НМТ;
в) – рух поршня до ВМТ; г) – перекладка поршня у ВМТ

Рисунок 3.8 – Порушення зазору між кільцем і поршневою канавкою

Зміна величини зазору між поршневим кільцем і поршневою канавкою також буде призводити до зміни компресії в циліндрах двигуна (рис. 3.9).

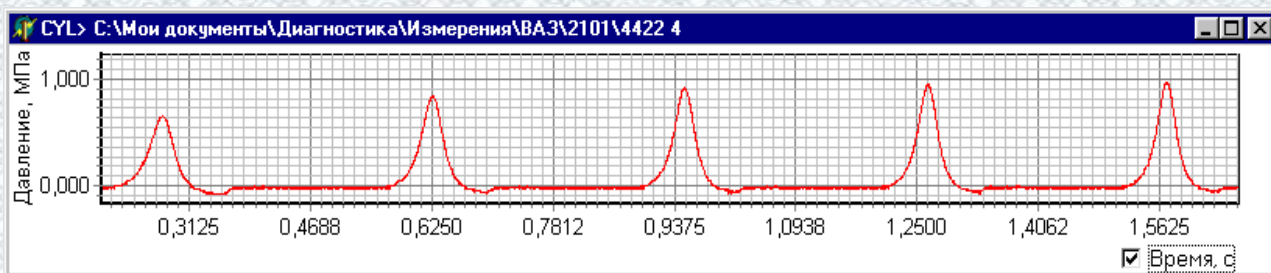
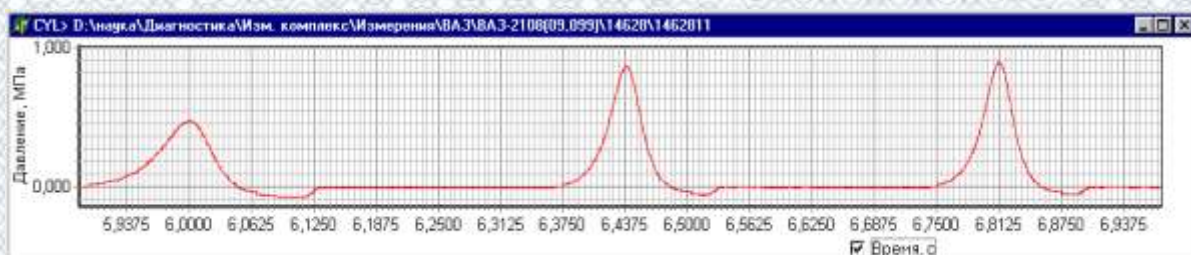


Рисунок 3.9 – Зміна темпу наростання компресії

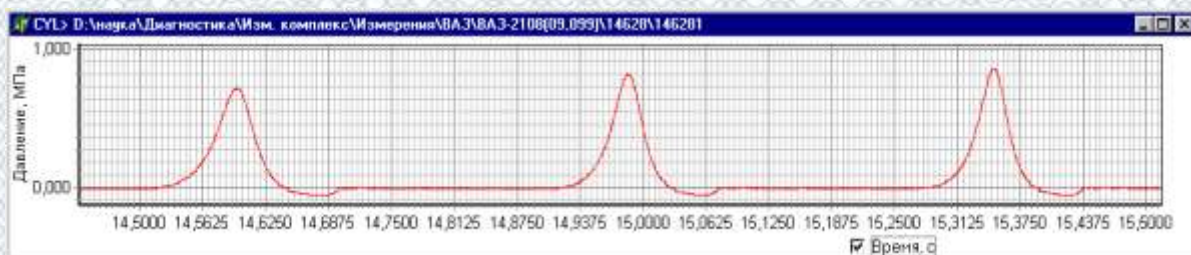
Темп наростання компресії у різних циліндрах двигуна може бути різним так як і величина компресії може бути різною. Це обумовлено тим що у різних циліндрах може бути різний технічний стан як поршневих кілець так і поршневих канавок.

Якщо оцінювати технічний стан деталей циліндро-поршневої групи за параметрами компресії то треба враховувати те що під час прокручування колінчастого вала при першому оберті колінчастого вала значення компресії не відповідає нормативному значенню і не відповідає дійсному значенню компресії у даному циліндрі. Тому до уваги необхідно приймати наступні після першого покази компресометра (рис. 3.10).



а

б



а) – перший тест; б) – наступний тест

Рисунок 3.10 – Темп наростання компресії

Темп наростання компресії у циліндрах двигуна також може залежати від частоти обертання колінчастого валу під час вимірювання компресії. Якщо частота обертання колінчастого валу не змінюється то величина компресії при кожному прокручуванні практично однакова. Тобто наростання компресії майже відсутнє. Якщо частота обертання колінчастого валу змінюється то буде змінюватися і темп наростання компресії. (рис. 3.11 – 3.13).

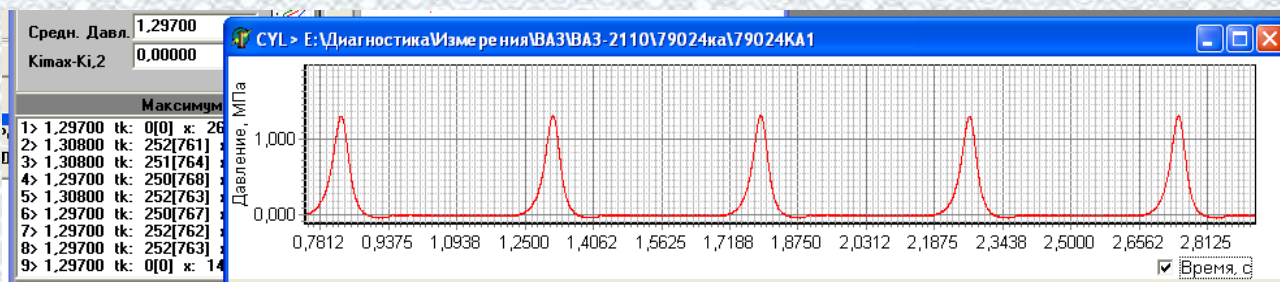


Рисунок 3.11 – Відсутність темпу наростання компресії

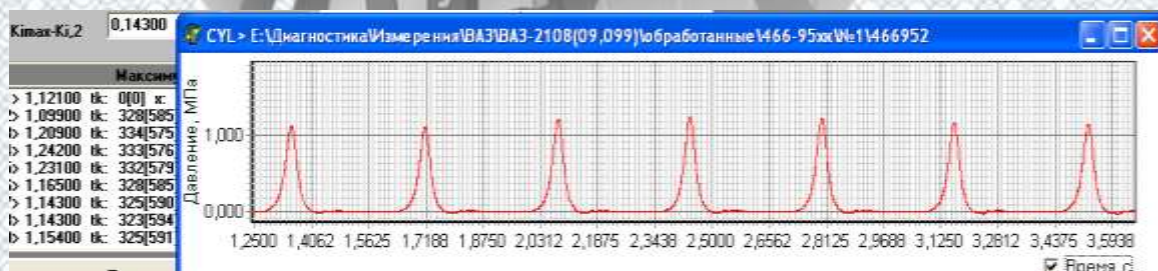


Рисунок 3.12 – Зміна темпу наростання компресії в справному двигуні

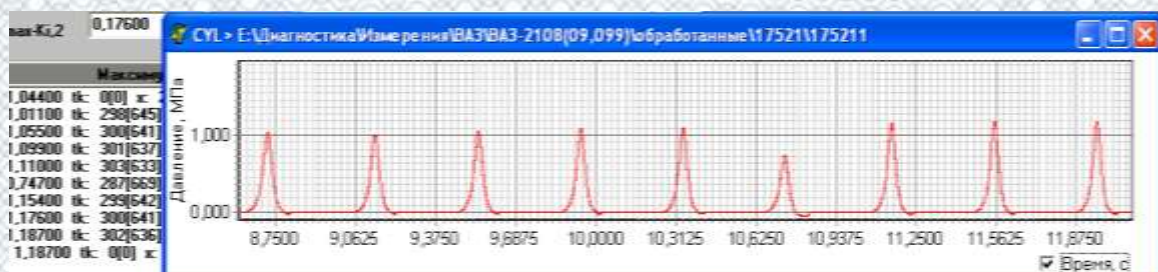


Рисунок 3.13 – Зміна темпу наростання компресії в несправному двигуні

3.4 Створення структурно-наслідкової моделі об'єкта діагностування

Модель об'єкта діагностування дає можливість охарактеризувати і оцінити детальні взаємозв'язки між причинами та наслідками появи несправностей, між діагностичними і структурними параметрами.

Одним з видів таких моделей є структурно-наслідкова модель. Формування структурно-наслідкової моделі для циліндропоршневої групи двигуна може бути виконана у декілька етапів. Відповідно і саму структурнонаслідкову модель можна показати як модель із певною кількістю рівнів.

На першому рівні цієї моделі показані механізми і деталі системи яку необхідно продіагностувати.

Другий рівень являє собою перелік структурних параметрів які по суті являють собою спраження між деталями даного механізму.

Третій рівень повинен охарактеризувати відхилення які можуть мати структурні параметри. Ці відділення по суті є зміною структурних параметрів що призводить до зміни технічного стану даного механізму чи вузла.

Четвертий рівень показує взаємозв'язок структурних параметрів і діагностичних параметрів. Цей взаємозв'язок визначається супровідними процесами які називаються діагностичними ознаками.

П'ятий рівень уже безпосередньо показує діагностичні параметри які можуть бути визначені у процесі діагностування. Це ті параметри які можна виразити кількісно і на основі цих значень робити висновки про зміну структурних параметрів.

Структурно-наслідкова модель дає можливість попереднього загального аналізу взаємозв'язків між діагностичними і структурними параметрами. Така модель є досить потрібною але вона не дає можливості практичного визначення причин несправності. Така модель показує загальну послідовність діагностування, показує які діагностичні і структурні параметри доцільно застосовувати під час практичного діагностування, але вона не дає можливості кількісно визначити як залежить зміна діагностичних параметрів від структурних.

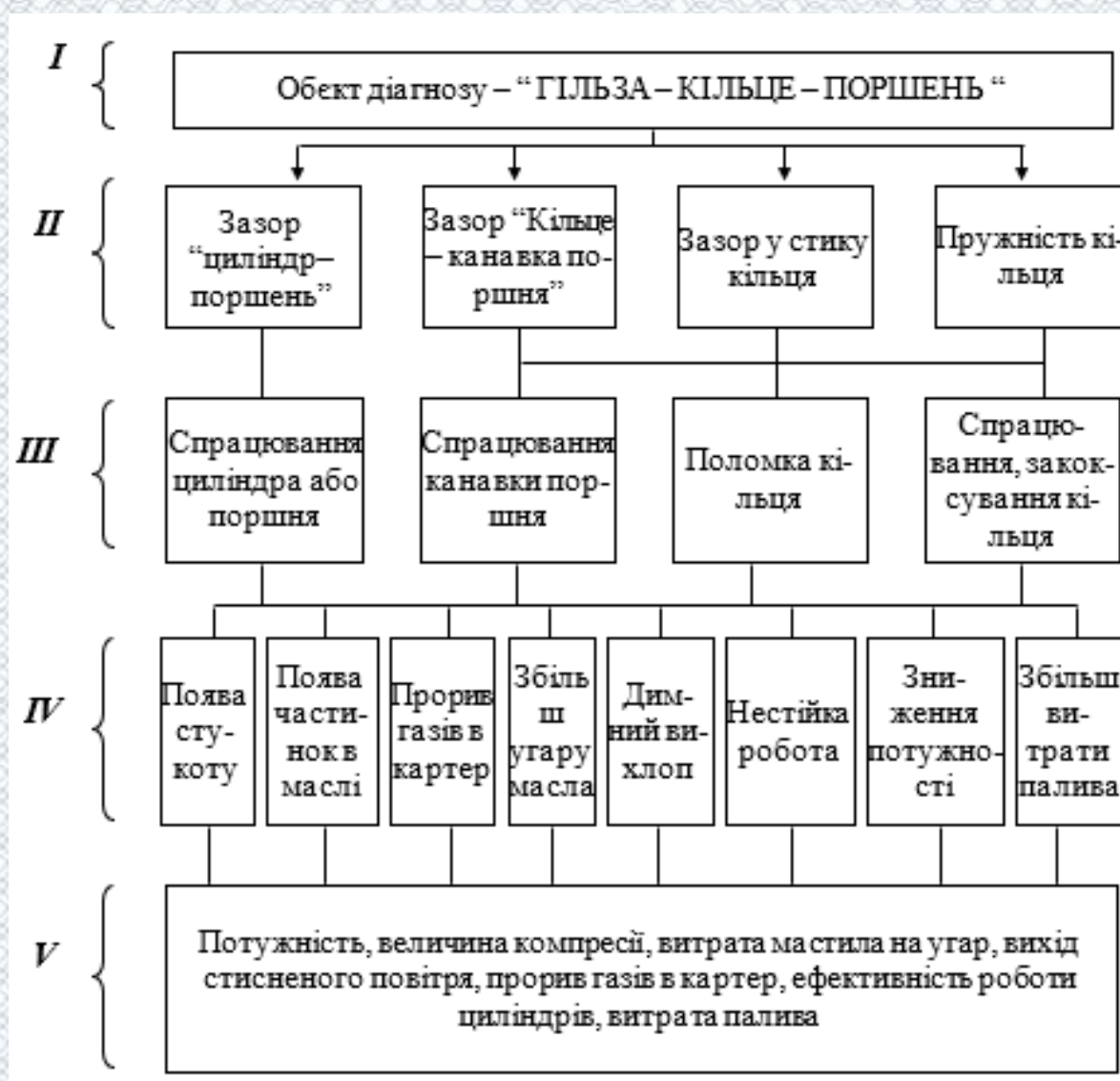


Рисунок. 3.14 – Структурно-наслідкова модель

Проведемо короткий аналіз приведеної діагностичної структурно-наслідкової моделі.

На першому рівні вказаний об'єкт діагностування - це циліндро-поршнева група двигуна.

На другому рівні показані основні структурні параметри циліндро-поршневої групи. До таких параметрів віднесене зазор між циліндром і поршнем, зазор між кільцем та поршневою канавкою по висоті, тепловий зазор у стику поршневого кільця, а також пружність самого поршневого кільця.

Як видно зі схеми зазор між поршнем і циліндром може змінюватися

внаслідок спрацювання поршня або спрацювання гільзи циліндра. Зазор по висоті поршневої канавки також може змінюватися. Він змінюється внаслідок спрацювання самої поршневої канавки під час тривалої роботи двигуна. Тепловий зазор у стику поршневого кільця може змінюватися поступово унаслідок спрацювання самого поршневого кільця. Також цей зазор може змінитися з причини поломки поршневого кінця. Поршневе кільце також може втратити свою пружність у процесі експлуатації.

Кожна зміна структурного параметра яка проявляється у зміні форми або розмірів буде впливати на появу сторонніх ознак при роботі двигуна. Такими сторонніми ознаками може бути поява сторонніх шумів і стуків, поява різноманітних продуктів спрацювання і частинок у моторному маслі, проривання газів з камери згоряння під поршень в картер двигуна, Попадання масла у камеру згоряння і збільшення витрати моторного масла під час експлуатації двигуна, збільшення димності відпрацьованих газів, поява специфічного кольору відпрацьованих газів. Окрім цього двигуну може почати нестійко працювати, змінюється частота обертання колінчастого вала при однаковій подачі палива, знижується потужність двигуна та збільшується витрата палива на різних режимах роботи.

Основними діагностичними параметрами які можна вимірювати для визначення технічного стану циліндра поршневої групи є такі параметри які показані на п'ятому рівні структурно-наслідкової моделі. Основним параметром є величина абсолютного значення компресії, величина відносного значення компресії між різним циліндрами двигуна тобто різниця величини компресії, а також темп наростання компресії під час прокручування колінчастого валу. Допоміжними діагностичними параметрами може бути вихід стисненого повітря яке подається через свічний отвір у камеру згоряння. Це характеризує інтенсивність проривання стисненого повітря через негерметичності у клапанному механізмі та негерметичності між поршнем і циліндром. Також можливий вихід стисненого повітря через прокладку між головкою блока циліндрів та блоком циліндрів.

3.5 Розробка моделі автоматизованого діагностування

Процес діагностики не передбачає розбирання об'єкту діагностування. Технічний стан циліндропоршневої групи двигуна може бути визначений тільки аналізуючи якісь супутні значення які можуть бути визначені без розбирання двигуна. Такими супутніми значеннями є діагностичні параметри які були проаналізовані у попередньому пункті.

Отже розглянемо об'єкт діагностики, циліндропоршневу групу, як окремий елемент у вигляді чорного ящика із множиною структурних та діагностичних параметрів (рис. 3.15).

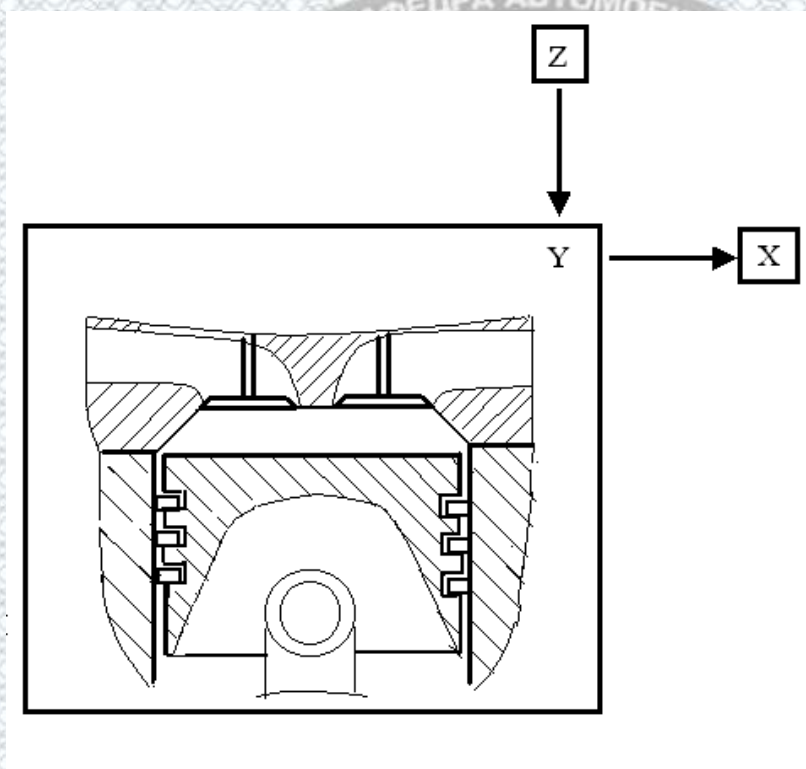


Рисунок 3.15 – Зображення об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика» із заданими Z, структурними Y і діагностичними X параметрами

Циліндро-поршнева група як об'єкт діагностики може приймати декілька станів. Кількість станів для діагностування є кінцевою величиною. Тобто кожен технічний стан циліндро-поршневої групи може бути описаний певною множиною структурних і діагностичних параметрів. Мається на увазі що для визначення і постановки діагнозу, який являє собою один із можливих технічних

станів, необхідно буде визначити певну кількість діагностичних параметрів і знайти взаємозв'язок між множиною цих діагностичних параметрів із структурними параметрами.

Опис діагностичної моделі в аналітичній формі можна привести таким чином:

$$Y = F\{Z, X\} \quad , \quad (3.2)$$

де Y - кінцева множина структурних параметрів;

Z - кінцева множина впливаючих параметрів;

X - кінцева множина діагностичних параметрів;

F - оператор, що перетворить множину Z і X у множину Y .

Діагностування циліндропоршневої групи як і будь-якого іншого об'єкту діагностування передбачає врахування впливу зовнішніх параметрів. Для циліндру поршневої групи такими зовнішніми впливаючими параметрами може бути нестабільність частоти обертання колінчастого валу, кут відкриття дросельної заслінки, а також температура охолоджувальної рідини двигуна.

Під час виконання діагностичних процедур всі ці три зовнішні фактори можна стабілізувати і вважати що вони є незмінними. Таким чином аналітичне відображення діагностичної моделі може бути представлене у такому виді:

$$Y = F\{X\}. \quad (3.3)$$

Кількість діагностичних параметрів множини X є кінцевою величиною яка буде визначатися під час діагностування. Ця величина є входними параметрами у діагностичну модель. Стосовно автомобільного двигуна така множина повинна бути поділена на кількість циліндрів двигуна. Тобто для кожного циліндра буде однаковий перелік діагностичних параметрів, Але у процесі діагностики значення діагностичних параметрів для кожного циліндра будуть різними.

Другими словами діагностування циліндро-поршневої групи виконується окремо для кожного циліндра.

Вихідними параметрами діагностичної моделі є множина визначених структурних параметрів Y . Сам взаємозв'язок між визначеннями діагностичними параметрами і структурними параметрами повинна реалізувати діагностична модель.

Множину технічних станів які можуть бути у циліндрах двигуна можна описати словесним способом, у вигляді формул, або у вигляді окремих таблиць. Словесний спосіб передбачає опис логічних функцій математичної моделі.

Відповідно розробленій структурно-наслідковій моделі логічними функціями є кінцева множина граничних станів структурних параметрів:

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}, \quad (3.6)$$

y_1 - зазор у стиках поршневих кілець;

y_2 - верхня межа зазору між поршнем і кільцем по висоті канавки;

y_3 - нижня межа зазору, тобто його відсутність між поршнем і кільцем по висоті канавки;

y_4 - зазор між сідлом і головкою клапана (порушення герметичності клапана).

Отже проведемо опис логічних функцій діагностичної моделі який буде пояснювати принцип постановки діагнозу за визначеними діагностичними параметрами.

Темп наростання компресії в циліндрі а також відносне значення по компресії знаходяться в межах норми. Тиск газів які прориваються у картер двигуна підвищений. Це свідчить про те що несправність пов'язана із розгерметизацією з'єднання поршня та гільзи циліндрів. Така розгерметизація є наслідком збільшення теплового зазору у стиках поршневих кілець, а також зношуванням самих кілець в радіальному напрямку зношуванням поршнів та зношуванням

циліндрів.

Тиск картерних газів а також відносна компресія у циліндрі двигуна перевищує допустимі значення. Темп наростання компресії залишається допустимих межах. Такі значення діагностичних параметрів будуть виникати при відсутності зазору між поршнем і поршневим кільцем по висоті канавки

Відносна компресія у циліндрі двигуна перевищує свої допустимі межі. Темп наростання компресії в циліндрі та тиск картерних газів знаходять всі в нормі. За таких умов несправність пов'язана із порушенням герметичності клапанного механізму. Збільшується зазор між клапаном та сідлом клапана

З урахуванням значень, що надані логічним змінним:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = x_1 \left| \begin{array}{l} 0, \text{ якщо } x_1 < 0,045 \text{ МПа} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 0,045 \text{ МПа} \end{array} \right. \\ y_2 = x_1 x_2 \left| \begin{array}{l} 0, \text{ якщо } x_1 < 0,045 \text{ МПа і } x_2 < 0,25 \text{ МПа} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 0,045 \text{ МПа і } x_2 \geq 0,25 \text{ МПа} \end{array} \right. \\ y_3 = x_1 x_3 \left| \begin{array}{l} 0, \text{ якщо } x_1 < 0,045 \text{ МПа і } x_3 < 0,25 \text{ МПа} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 0,045 \text{ МПа і } x_3 \geq 0,25 \text{ МПа} \end{array} \right. \\ y_4 = x_3 \left| \begin{array}{l} 0, \text{ якщо } x_3 < 0,25 \text{ МПа} \\ 1, \text{ якщо } x_3 \geq 0,25 \text{ МПа} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (3.7)$$

Базуючись на описаному словесному логічному описі діагностичної моделі можна сформулювати перелік вхідних діагностичних параметрів які контролюються під час виконання діагностичних робіт.

Ці діагностичні параметри зчитуються за допомогою спеціального діагностичного обладнання яке являє собою комп'ютерний діагностичний стенд із набором діагностичних сенсорів. (табл. 3.4-3.6).

Для можливості автоматизації процесу діагностики пропонується діагностична модель на основі нейронечіткої мережі. Інформаційною базою для формування навчальної та тестової вибірок нейроні чіткої мережі є перелік вхідних діагностичних параметрів (табл. 3.7).

Таблиця 3.4 – Перелік вхідних (діагностичних) параметрів

Позначення	Назва параметра	Вид отриманої інформації
X_1	Тиск картерних газів	Осцилограма тиску картерних газів
X_2	Темп наростання компресії	Осцилограма тиску в циліндрі двигуна
X_3	Відносна компресія в циліндрах	Осцилограма струму споживання стартера або напруги АКБ
X_4	Тиск відпрацьованих газів	Осцилограма тиску відпрацьованих газів

Таблиця 3.5 – Джерело отримання діагностичних параметрів

Параметр	Діагностичних сенсор	Місце приєднання. Джерело інформації
X_1	Сенсор тиску	Місце масляного щупа
X_2	Сенсор тиску	Свічний отвір
X_3	Сенсор струму або універсальний щуп	Провід "АКБ – стартер" або клеми АКБ
X_4	Сенсор тиску	Вихлопна труба

Таблиця 3.6 – Перелік вихідних (структурних) параметрів

Позначення	Назва параметра	Несправність
Y_1	Зазор у стику поршневого кільця	Збільшений
Y_2	Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки	Збільшений
Y_3	Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки	Зменшений
Y_4	Зазор між клапаном і сидлом	Збільшений

Таблиця 3.7 – Навчальна і тестова вибірка діагностичної системи

Навчальна вибірка				Тестова вибірка			
X_1	X_2	X_3	Y	X_1	X_2	X_3	Y
0,045	0,24	0,16	1	0,049	0,15	0,18	1
0,048	0,18	0,09	1	0,071	0,23	0,15	1
0,054	0,14	0,12	1	0,091	0,21	0,23	1
0,068	0,11	0,13	1	0,084	0,17	0,21	1
0,075	0,12	0,07	1	0,065	0,09	0,17	1
0,049	0,18	0,19	1	0,062	0,18	0,09	1
0,054	0,19	0,22	1	0,071	0,07	0,18	1
0,062	0,22	0,17	1	0,058	0,16	0,07	1
0,049	0,21	0,09	1	0,045	0,13	0,16	1
0,071	0,17	0,18	1	0,048	0,18	0,13	1
0,091	0,34	0,16	2	0,054	0,29	0,11	2
0,084	0,29	0,09	2	0,068	0,41	0,12	2
0,065	0,31	0,18	2	0,049	0,16	0,18	2
0,062	0,28	0,17	2	0,054	0,49	0,19	2
0,071	0,26	0,13	2	0,062	0,26	0,22	2
0,058	0,41	0,14	2	0,082	0,21	0,24	2
0,049	0,35	0,16	2	0,073	0,28	0,18	2
0,085	0,26	0,08	2	0,064	0,54	0,14	2
0,082	0,27	0,18	2	0,084	0,51	0,11	2
0,073	0,31	0,17	2	0,061	0,29	0,19	2
0,064	0,19	0,32	3	0,084	0,17	0,21	3
0,084	0,14	0,34	3	0,065	0,09	0,28	3
0,061	0,18	0,29	3	0,062	0,18	0,54	3
0,048	0,15	0,41	3	0,049	0,07	0,51	3
0,051	0,23	0,16	3	0,054	0,16	0,29	3
0,059	0,21	0,49	3	0,062	0,13	0,32	3
0,064	0,17	0,26	3	0,049	0,11	0,34	3
0,071	0,09	0,21	3	0,071	0,18	0,29	3
0,068	0,18	0,28	3	0,073	0,15	0,41	3
0,076	0,07	0,54	3	0,064	0,23	0,38	3
0,021	0,16	0,51	4	0,018	0,21	0,28	4
0,035	0,13	0,29	4	0,032	0,17	0,34	4
0,034	0,18	0,39	4	0,035	0,09	0,35	4
0,019	0,09	0,41	4	0,034	0,18	0,29	4
0,018	0,15	0,46	4	0,028	0,07	0,51	4
0,032	0,17	0,38	4	0,025	0,11	0,29	4
0,039	0,14	0,28	4	0,039	0,18	0,39	4
0,028	0,19	0,34	4	0,018	0,15	0,41	4
0,025	0,09	0,35	4	0,032	0,23	0,54	4
0,027	0,18	0,29	4	0,035	0,19	0,51	4

Алгоритм діагностування циліндро-поршневої групи і герметичності клапанів двигуна із застосуванням діагностичної моделі на основі нейро-нечіткої мережі показаний на рис. 3.16.



Рисунок 3.16 – Алгоритм діагностування циліндро-поршневої групи і герметичності клапанів

Для проведення досліджень було застосоване програмне середовище MatLab і пакет FuzzyLogic Toolbox, який підтримує всі фази розробки нечітких систем. Функції пакета реалізують більшість нечітких технологій, включаючи нечіткий логічний висновок, нечітку кластеризацію і адаптивну нейро-нечітку мережу (ANFIS). Процедури формування, навчання і тестування нейро-нечіткої мережі показані на рис. 3.17-3.20.

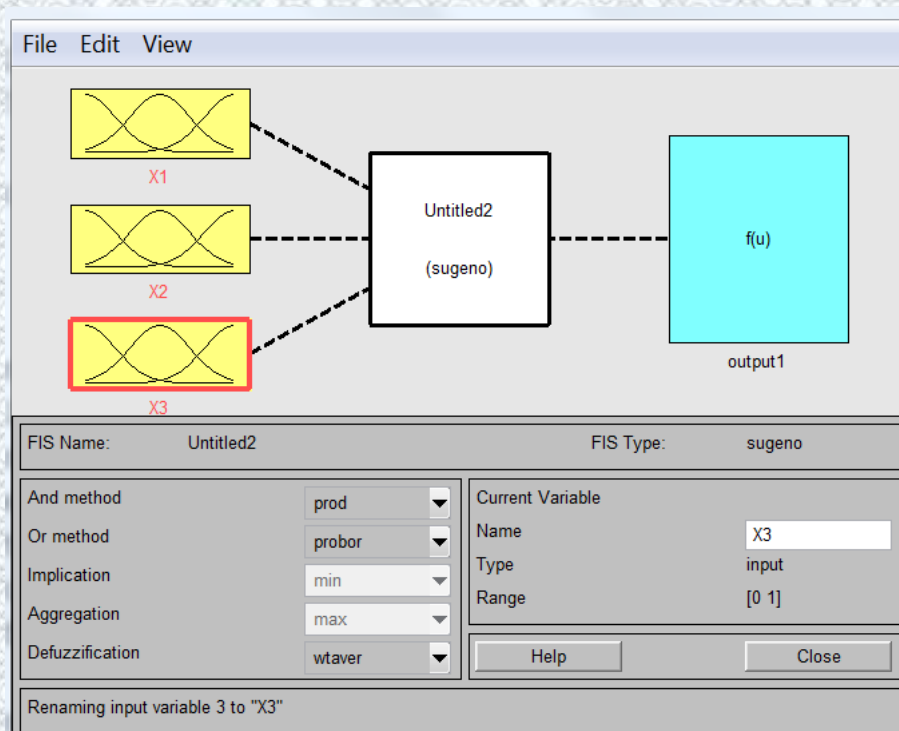


Рисунок 3.17 – Формування вхідних і вихідних параметрів нейро-нечіткої мережі

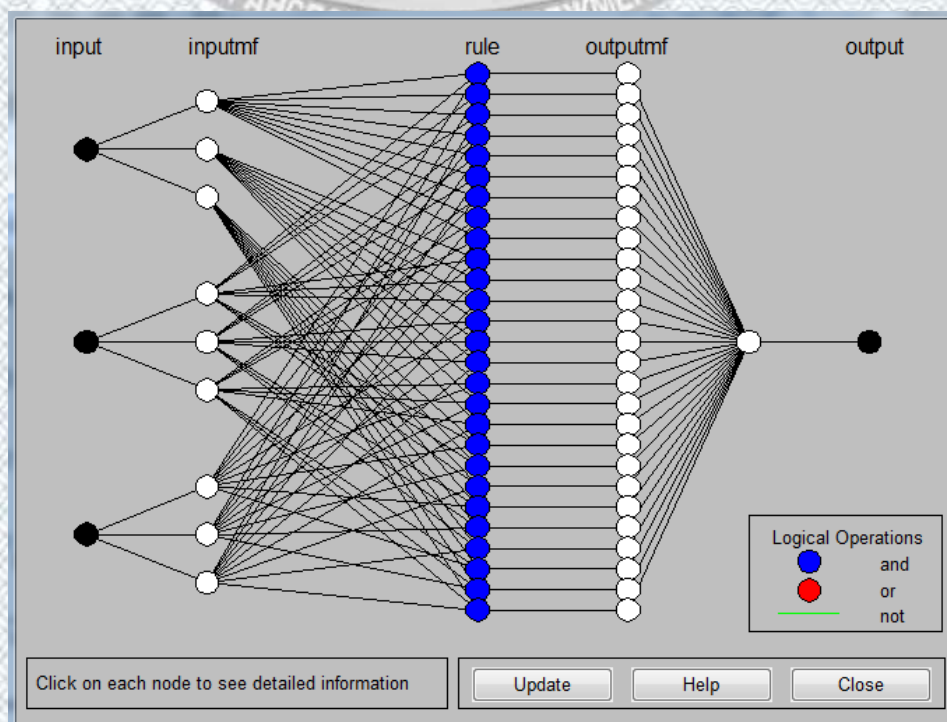


Рисунок 3.18 – Процедура формування нейро-нечіткої мережі

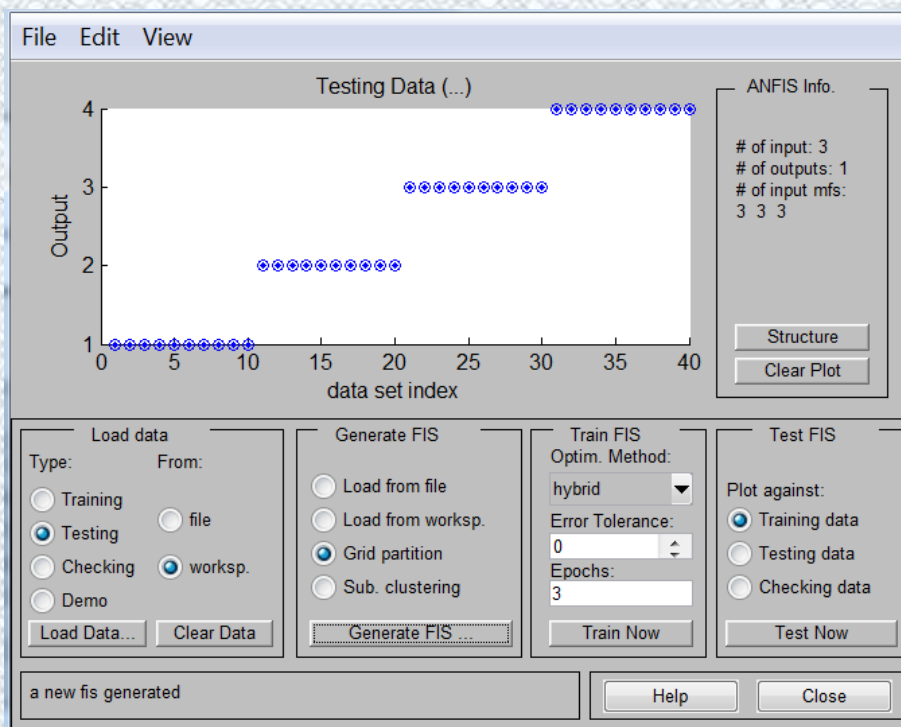


Рисунок 3.19 – Процедура навчання нейро-нечіткої мережі

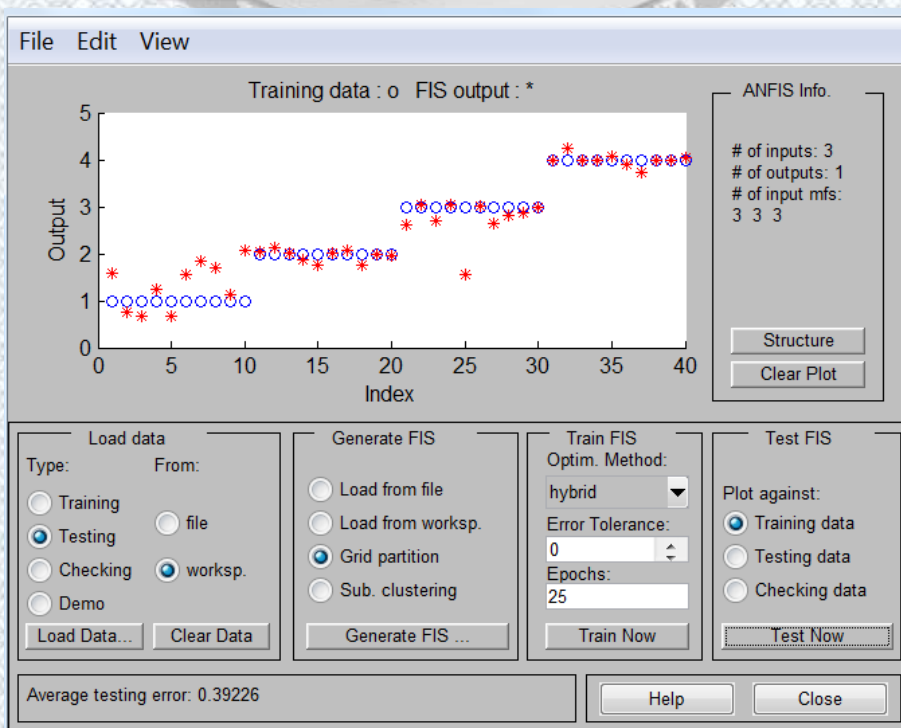


Рисунок 3.20 – Процедура тестування нейро-нечіткої мережі

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок інвестиційних вкладень

Фактична або повна сума інвестиційних вкладень в методику підвищення ефективності діагностування системи керування двигуном з газобалонним устаткуванням 5-го покоління 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 трюдомісткості 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 трюдомісткість можна визначити за формулою:

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

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

$N_{\text{час}}$ – норма часу, людино-дні;

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

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

Визначення необхідної кількості розробників.

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



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

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

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

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

$t_{\text{розробн}}$ – 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:

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

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_z – галузевий коефіцієнт.

$$T_{\text{ст}}^1 = \frac{8000}{162} \cdot 1,25 = 61,72 \text{ (грн.)}$$

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 i -го розряду.

Розрахуємо тарифну ставку для працівників 4-го розряду.

$$T_{\text{ст}}^4 = 61,72 \cdot 1,56 = 96,28 \text{ (грн);}$$

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	96,28	96,28
Штатна чисельність працівників		1	-	96,28

Розрахунок фонду основної і додаткової заробітної плати.

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

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

$$ЗП_{осн} = 96,28 \cdot 336 \cdot 1 = 32351,15 (\text{грн}).$$

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.

$$ЗП_{дод} = 6470,23 + 3882,1 + 3235,11 = 13587,44 (\text{грн}).$$

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

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

$$\Phi ОП = 32351,15 + 13587,44 = 45938,59 (\text{грн}).$$

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 BV_{CCB} -відсоток відрахувань єдиного соціального внеску,%.

$$B_{CCB} = \frac{22}{100} \cdot 45938,59 = 10106,49 \text{ (грн)}.$$

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)

$$A_A = \frac{16985 \cdot 20}{100} \cdot \frac{3}{12} = 849,25 \text{ (грн)}$$

Витрати на силову електроенергію під час проектувальних заходів

$$B_c = 4,32 \cdot 0,57 \cdot 336 \cdot 0,8 = 661,89 \text{ (грн)}$$

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 підвищення ефективності діагностування системи керування двигуном з газобалонним устаткуванням

Статті витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Структура, %
1	2	3	4
Заробітна плата основна	$ЗП_{осн}$	32351,15	48,36

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
Заробітна плата додаткова	$ЗП_{\text{дод}}$	13587,44	27,56
Нарахування на заробітну плату єдиного соціального внеску	$B_{\text{ЄСВ}}$	10106,49	16,70
Амортизаційні відрахування	A_A	849,25	1,05
Витрати на електроенергію	B_c	661,89	0,52
Загальновиробничі витрати	$B_{\text{зг}}$	2879,75	5,80
Разом		60435,97	100

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

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

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%

$$З_{\text{обс}} = 12 \cdot 8105 \cdot 0,12 = 11671,2(\text{грн/рік}).$$

Додаткову заробітну плату складає 10% від оплати праці інженерно-технічного працівника – 1167,1 грн.

Розраховуємо нарахування на заробітну плату - $H_{\text{ЄСВ}}$

$$H_{\text{ЄСВ}} = (11671,2 + 1167,1) \cdot 0,22 = 2824,42(\text{грн}).$$

Витрати на електроенергію (при живленні із електромережі)

$$B_c = 4,32 \cdot 0,4 \cdot 1800 \cdot 0,96 \cdot 0,12 = 358,31 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо амортизаційні відрахування

$$A = \frac{60435,97 \cdot 25 \cdot 12}{100} = 1813,07 \text{ (грн)}.$$

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.;

$$P = 0,1 \cdot 16985 + (11671,2 + 1167,12) \cdot 0,12 = 1744,35 \text{ (грн)}.$$

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

$$I_v = (11671,2 + 2824,42 + 358,31 + 1813,07 + 1744,35) \cdot 0,07 = 1288,79 \text{ (грн)}.$$

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	З _{обс}	11671,2	54,00

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4
Додаткова заробітна плата	Z_d	1167,12	5,40
Нарахування на заробітну плату	$H_{\text{св}}$	2824,42	13,07
Амортизаційні відрахування для програмного продукту	A	1813,07	11,54
Витрати на поточний ремонт комп'ютерної техніки	P	1744,35	8,27
Витрати на електроенергію	B_c	139,34	1,08
Інші витрати	I_b	358,31	6,64
Разом	E_2	19700,15	100

Розраховуємо умовний обсяг робіт з використанням інвестиційного проекту методики підвищення ефективності діагностування системи керування двигуном з газобалонним устаткуванням 5-го покоління 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.

$$Q_1 = \frac{1800 \cdot 60 \cdot 0,12}{15} = 864 \text{ (ум. од.)};$$

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

4.3 Розрахунок економічної ефективності

Річний економічний ефект від впровадження інвестиційного проекту з методики підвищення ефективності діагностування системи керування двигуном з газобалонним устаткуванням 5-го покоління

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

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

E_2 – експлуатаційні витрати при використанні інвестиційного проекту, грн./рік.

$$\Delta E = \left(\frac{10274,0}{864} - \frac{19700,15}{4320} \right) \cdot 4320 = 31665,6 (\text{грн./рік}).$$

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.

$$T_0 = \frac{60435,97}{31665,6} = 1,9 \text{ (року)}.$$

Виходячи із проведених розрахунків можна узагальнити, що методика підвищення ефективності діагностування системи керування двигуном з газобалонним устаткуванням 5-го покоління є ефективною так, як термін окупності інноваційного підходу складає 1,9 року < 3 років.

ВИСНОВКИ

1. За результатами діяльності станції технічного обслуговування автомобілів Фаворит авто Вінниця визначено, що існуюча система діагностування та підходи щодо процедури проведення діагностичних робіт мають певні недоліки і потребують удосконалення.

2. Визначено річну трудомісткість виконання робіт на станції технічного обслуговування, що дало можливість провести організаційні заходи, виконати розподіл робіт між робочими місцями і виконавцями, а також покращити організаційну структуру зони діагностики автомобілів. Що дало можливість підвищити ефективність діагностичних робіт.

3. Запропоновано науковий підхід який дає можливість створити передумови автоматизації процесу діагностування автомобільного двигуна на основі діагностичної моделі яка ґрунтується на нечіткій мережі.

4. Розроблено практичні алгоритми діагностування циліндропоршневої групи автомобільного двигуна з можливістю застосування визначеної множини діагностичних параметрів.

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. Малай Д.О., Гриб І.О., Дронь Р.Р. Особливості діагностування автомобілів в умовах станції технічного обслуговування // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи", [Електронний ресурс] – Вінниця: ВНТУ, 2024. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024>
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 // Автомобильный 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 "ХПІ", 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.

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ
ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА В УМОВАХ СТАНЦІЇ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ФАВОРИТ АВТО ВІННИЦЯ»**

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

Ілюстративна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

**Підвищення ефективності виробничого процесу
діагностування автомобільного двигуна в умовах станції
технічного обслуговування автомобілів товариства з
обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця»**



Керівник роботи
д.т.н., проф. О.П. Кравченко



Розробив студент гр. 2АТ-23м
Р.Р. Дронь

Мета роботи – Підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів

Основні задачі роботи:

- Проаналізувати систему та підходи щодо виконання діагностики авто-мобілів на станції технологічного обслуговування. Проаналізувати діючі способи та методи діагностування автомобільних двигунів.
- Визначити трудомісткість виконання робіт діагностування обслуговування та поточного ремонту на станції технічного обслуговування. Зробити організаційні заходи щодо формування робочих місць та розподілу робіт між робочими місцями та виконавцями.
- Обґрунтувати та вибрати підхід щодо розробки діагностичної моделі автомобільного двигуна з метою можливості автоматизації процесу діагностики.
- Визначити економічні показники та економічну доцільність впровадження нових способів та підходів щодо діагностики автомобільного двигуна

Об'єкт дослідження – процес діагностування автомобільного двигуна

Предмет дослідження – методи і алгоритми діагностування автомобільного двигуна

Наукова новизна отриманих результатів

1. Запропоновано науковий підхід щодо діагностики автомобільного двигуна який ґрунтується на застосуванні діагностичної моделі з метою автоматизації процесу діагностики..
2. Одержав подальший розвиток метод діагностування автомобільного двигуна із застосуванням комп'ютерного діагностичного обладнання.

Практичне значення одержаних результатів

Запропонована методика та розроблена діагностична модель дали можливість сформулювати практичний алгоритм діагностування автомобільного двигуна.

Вихідні дані технологічного розрахунку СТО

Параметр	Ум. позн.	Од. вим.	Значення
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	$N_{\text{ТО і ПР}}^{\text{P}}$	заїздів	3420
Частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР	$n_{\text{ТО і ПР}}^{\text{P}}$	заїздів в рік	2
Частота заїздів одного автомобіля для виконання антикорозійної обробки	$n_{\text{а-к}}^{\text{P}}$	заїздів в рік	1
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	$A_{\text{авт}}$	авт.	1710
в тому числі:			
- автомобілів I групи:	$A_{\text{авт}}^{\text{I}}$	авт.(%)	376
- автомобілів II групи:	$A_{\text{авт}}^{\text{II}}$	авт.(%)	718
- автомобілів III групи:	$A_{\text{авт}}^{\text{III}}$	авт.(%)	616
Середньорічний пробіг автомобілів	$L_{\text{с-р}}$	км	12500
Спосіб миття автомобілів	-	-	Ручний
Кліматичний район	ПКЗ	-	Помірно-теплый
Кількість робочих днів СТО	$D_{\text{р}}$	дні	305
Тривалість зміни	$t_{\text{зм}}$	год.	7
Кількість робочих змін	с		1

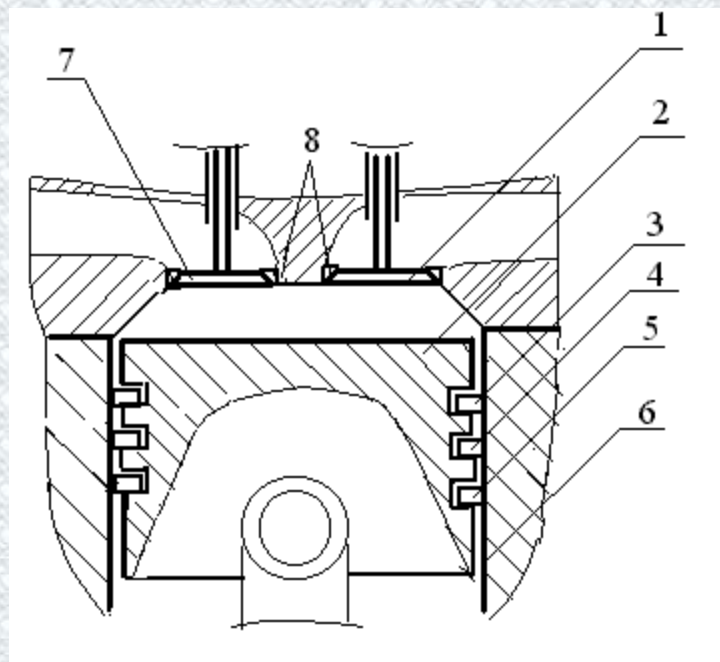
Результати технологічного розрахунку СТО

Вид робіт	Розподіл за видами робіт, люд.-год		Розподіл за місцем виконання									
			Постові роботи					Дільничні роботи				
			Трудо-місткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.		К-сть постів	Трудо-місткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.		
			%	$T_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	$P_{я}$	$P_{ш}$	$X_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	$P_{я}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Роботи ТО і ПР автомобілів:												
контрольно-діагностичні	4	1738,47	100	1738,47	0,84	0,93	0,49	—	—	—	—	
технічне обслуговування в повному обсязі	15	6519,27	100	6519,27	3,16	3,48	1,85	—	—	—	—	
мастильні	3	1303,85	100	1303,85	0,63	0,70	0,37	—	—	—	—	
регулювання кутів керованих коліс	4	1738,47	100	1738,47	0,84	0,93	0,49	—	—	—	—	
ремонт і регулювання гальм	3	1303,85	100	1303,85	0,63	0,70	0,37	—	—	—	—	
електротехнічні	4	1738,47	80	1390,78	0,67	0,74	0,39	20	347,69	0,17	0,19	
роботи за системою живлення	4	1738,47	70	1216,93	0,59	0,67	0,34	30	521,54	0,25	0,29	
аккумуляторні	2	869,24	10	86,92	0,04	0,05	0,02	90	782,31	0,38	0,43	
шинні	2	869,24	30	260,77	0,13	0,14	0,07	70	608,47	0,29	0,33	
ремонт вузлів, систем і агрегатів	8	3476,94	50	1738,47	0,84	0,93	0,49	50	1738,47	0,84	0,93	
кузовні й арматурні	25	10865,4	75	8149,09	3,95	4,47	3,08	25	2716,36	1,32	1,49	
фарбувальні	16	6953,89	100	6953,89	3,37	3,81	2,63					
оббивні	3	1303,85	50	651,93	0,32	0,35	0,25	50	651,93	0,32	0,35	
слюсарно-механічні	7	3042,33						100	3042,33	1,47	1,62	
Разом робіт ТО і ПР	100	43461,7	76	33052,6	16,0	17,8	10,8	23	10409,1	5,05	5,62	
Прибирання і миття автомобілів			100	708,00	0,34	0,37	0,20					
Приймання і видачі автомобілів			100	1062,00	0,51	0,57	0,60					
Передпродажної підготовки			100	840,00	0,41	0,45	0,40					
Антикорозійної обробки автомобілів			100	5130,00	2,49	2,74	2,42					
Всього робіт СТО				42562,6	20,6	22,9	14,9		10409,1	5,05	5,62	

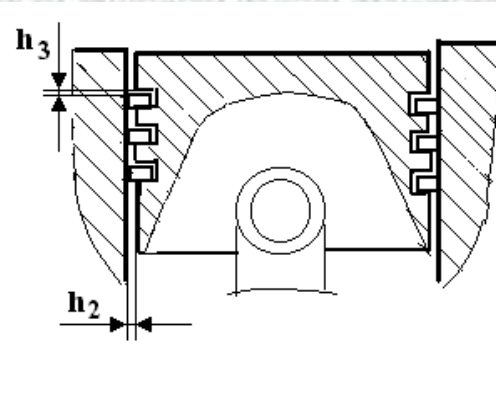
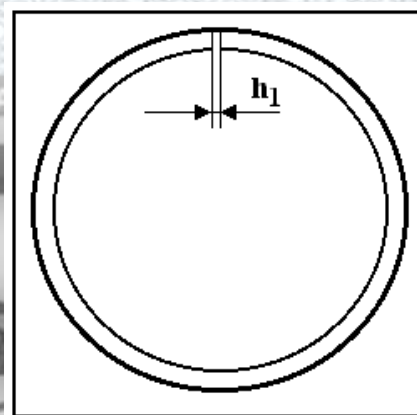
ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА



Структурні параметри камери згоряння

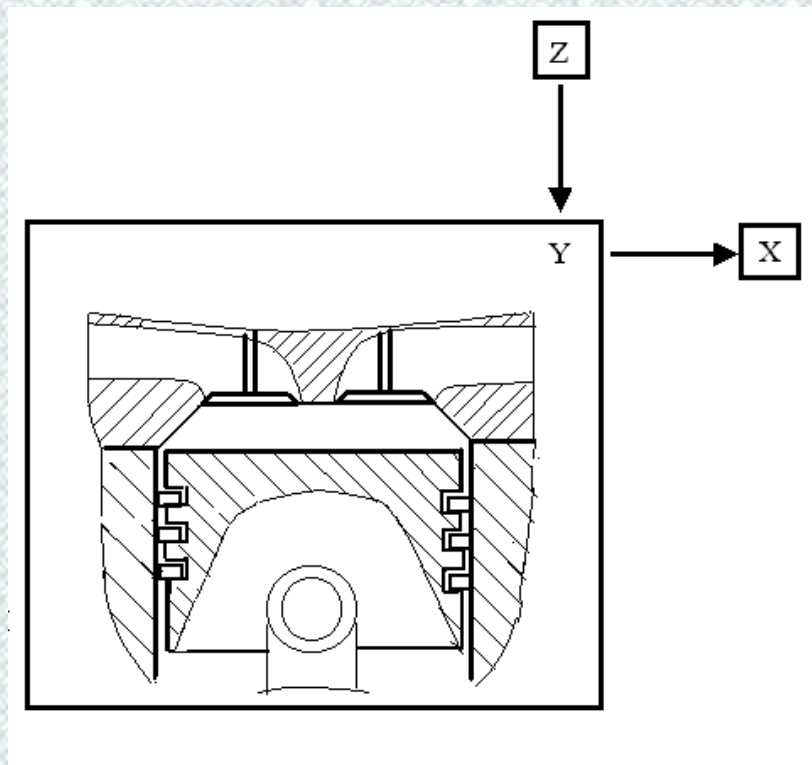


1 - впускний клапан; 2 - поршень; 3 - верхнє компресійне кільце; 4-середнє компресійне кільце; 5 - маслосборне кільце; 6 - циліндр; 7- випускний клапан; 8 - сідла клапанів



h_1 - зазор у стиках поршневих кілець;
 h_2 - зазор між циліндром і поршнем;
 h_3 - зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки

Діагностична модель ЦПГ



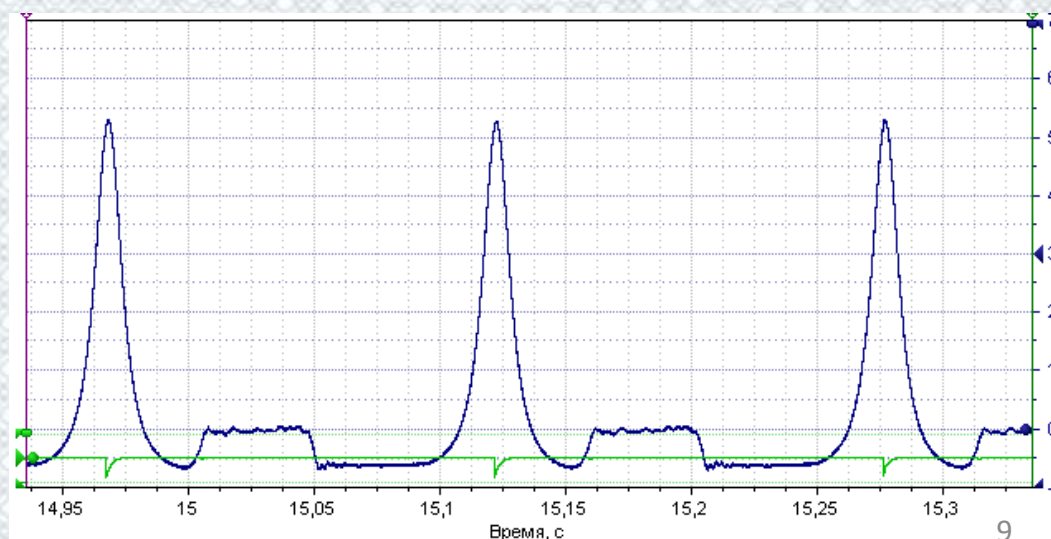
$$Y = F\{Z, X\}$$

Y - кінцева множина структурних параметрів
 Z - кінцева множина впливаючих параметрів
 X - кінцева множина діагностичних параметрів
 F - оператор, що перетворить множину Z і X у множину Y

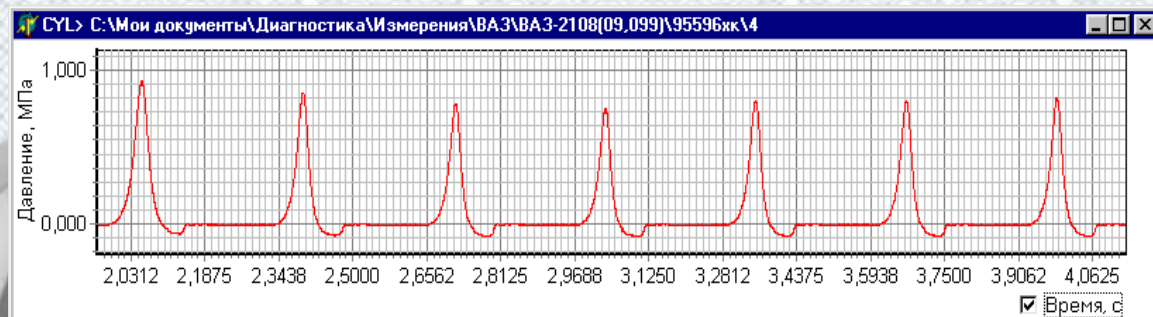
Позначення	Назва параметра
X_1	Тиск картерних газів
X_2	Темп наростання компресії
X_3	Відносна компресія в циліндрах

Y_1	Зазор у стику поршневого кільця
Y_2	Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки
Y_3	Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки
Y_4	Зазор між клапаном і сидлом

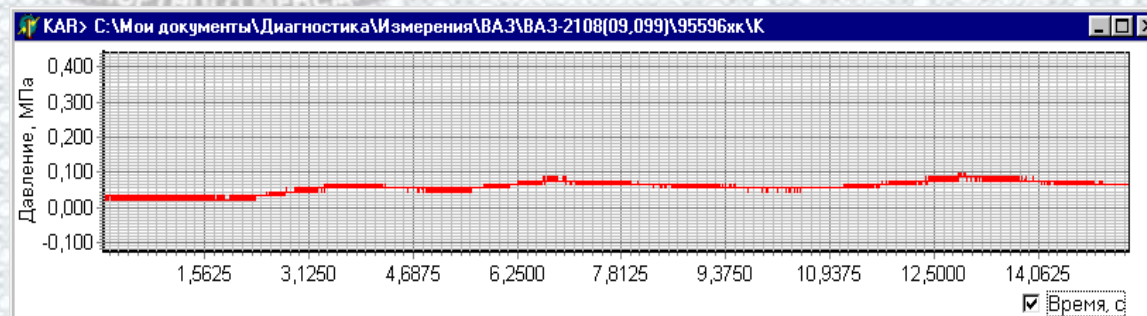
ЗЧИТУВАННЯ ОСЦИЛОГРАМИ ТИСКУ В ЦИЛІНДРІ ДВИГУНА



Несправності залягання поршневих кілець

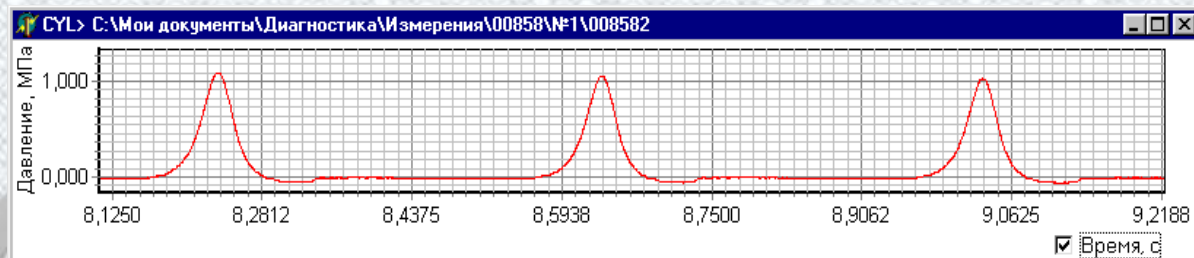


Компресія в несправному циліндрі;

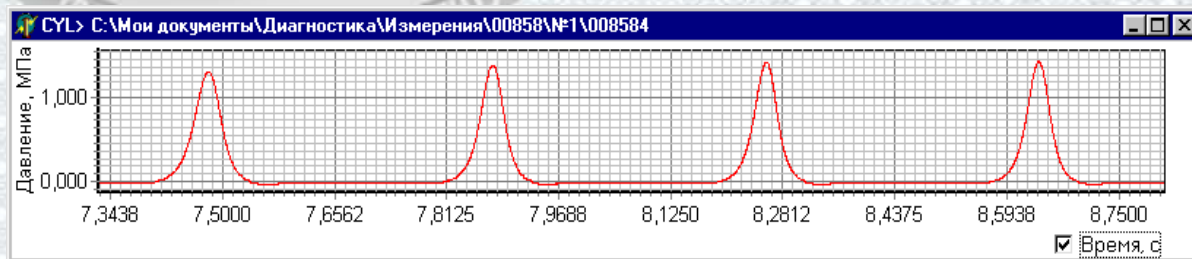


Підвищений пульсуючий тиск картерних газів

Вплив герметичності клапана на величину компресії



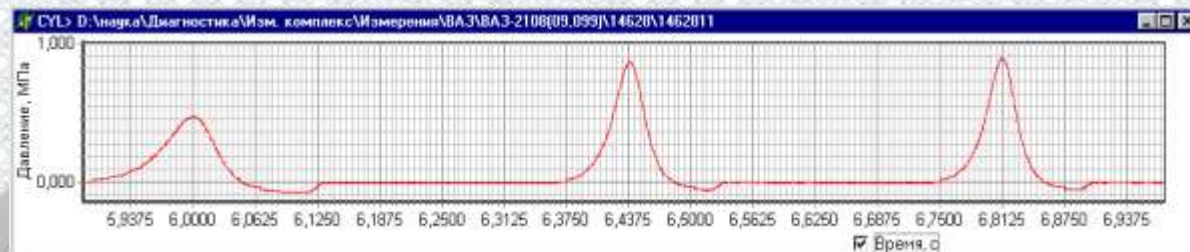
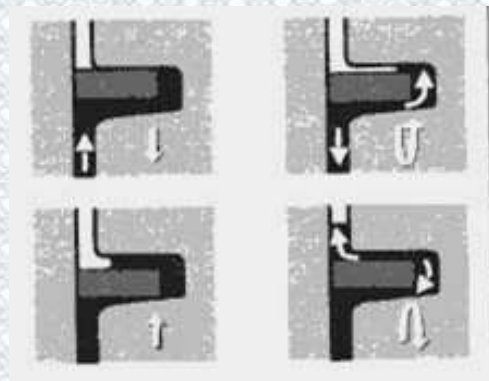
У несправному циліндрі



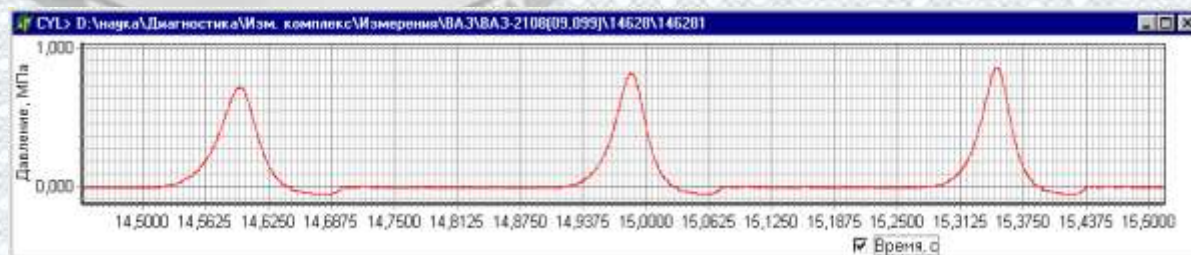
У справному циліндрі



Зазор між кільцем і канавкою поршня по висоті



У несправному циліндрі



У справному циліндрі

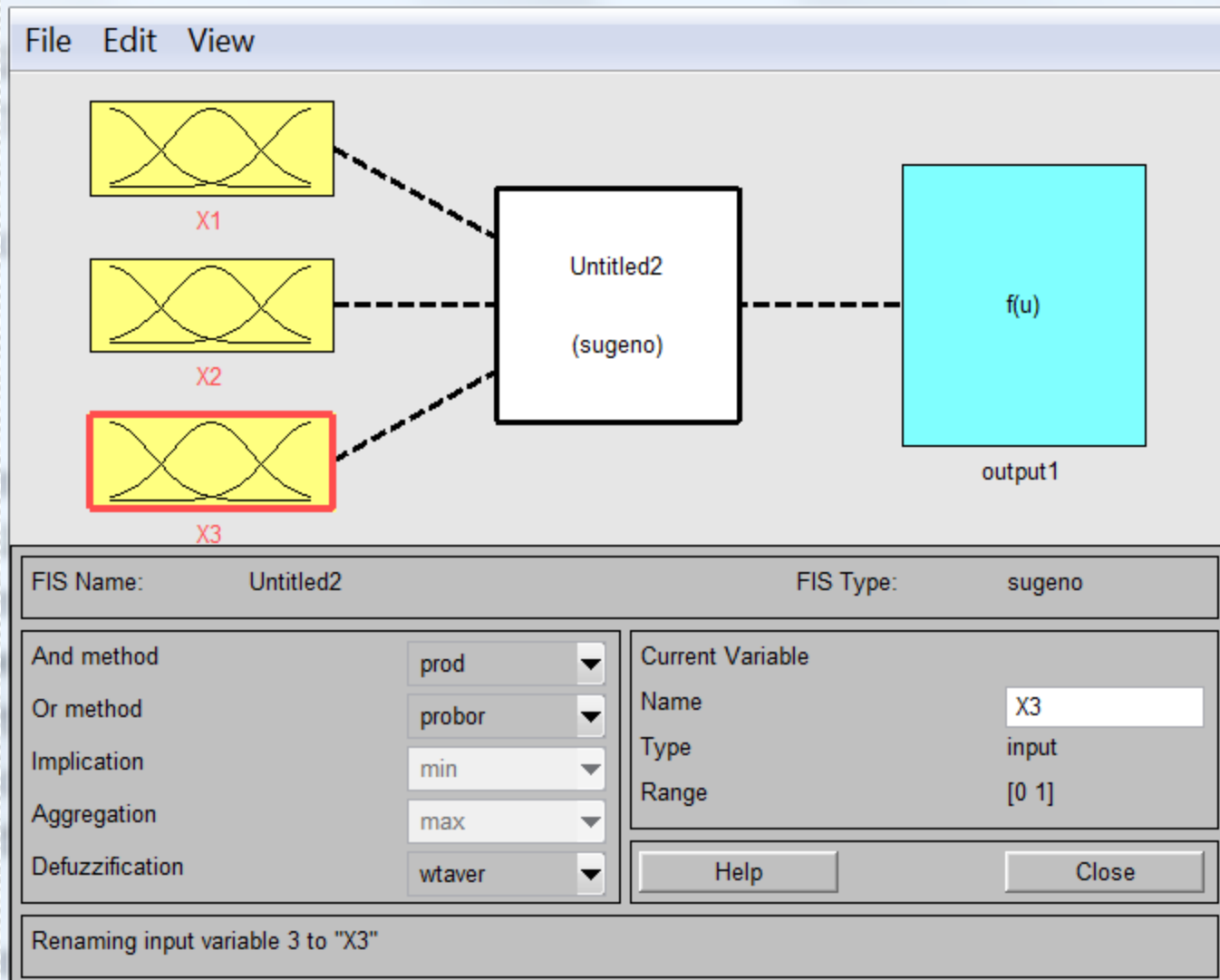
Навчальна і тестова вибірка нейро-нечіткої мережі

Навчальна вибірка				Тестова вибірка			
X_1	X_2	X_3	Y	X_1	X_2	X_3	Y
0,045	0,24	0,16	1	0,049	0,15	0,18	1
0,048	0,18	0,09	1	0,071	0,23	0,15	1
0,054	0,14	0,12	1	0,091	0,21	0,23	1
0,068	0,11	0,13	1	0,084	0,17	0,21	1
0,075	0,12	0,07	1	0,065	0,09	0,17	1
0,049	0,18	0,19	1	0,062	0,18	0,09	1
0,054	0,19	0,22	1	0,071	0,07	0,18	1
0,062	0,22	0,17	1	0,058	0,16	0,07	1
0,049	0,21	0,09	1	0,045	0,13	0,16	1
0,071	0,17	0,18	1	0,048	0,18	0,13	1
0,091	0,34	0,16	2	0,054	0,29	0,11	2
0,084	0,29	0,09	2	0,068	0,41	0,12	2
0,065	0,31	0,18	2	0,049	0,16	0,18	2
0,062	0,28	0,17	2	0,054	0,49	0,19	2
0,071	0,26	0,13	2	0,062	0,26	0,22	2
0,058	0,41	0,14	2	0,082	0,21	0,24	2
0,049	0,35	0,16	2	0,073	0,28	0,18	2
0,085	0,26	0,08	2	0,064	0,54	0,14	2
0,082	0,27	0,18	2	0,084	0,51	0,11	2
0,073	0,31	0,17	2	0,061	0,29	0,19	2
0,064	0,19	0,32	3	0,084	0,17	0,21	3
0,084	0,14	0,34	3	0,065	0,09	0,28	3
0,061	0,18	0,29	3	0,062	0,18	0,54	3
0,048	0,15	0,41	3	0,049	0,07	0,51	3
0,051	0,23	0,16	3	0,054	0,16	0,29	3
0,059	0,21	0,49	3	0,062	0,13	0,32	3
0,064	0,17	0,26	3	0,049	0,11	0,34	3
0,071	0,09	0,21	3	0,071	0,18	0,29	3
0,068	0,18	0,28	3	0,073	0,15	0,41	3
0,076	0,07	0,54	3	0,064	0,23	0,38	3

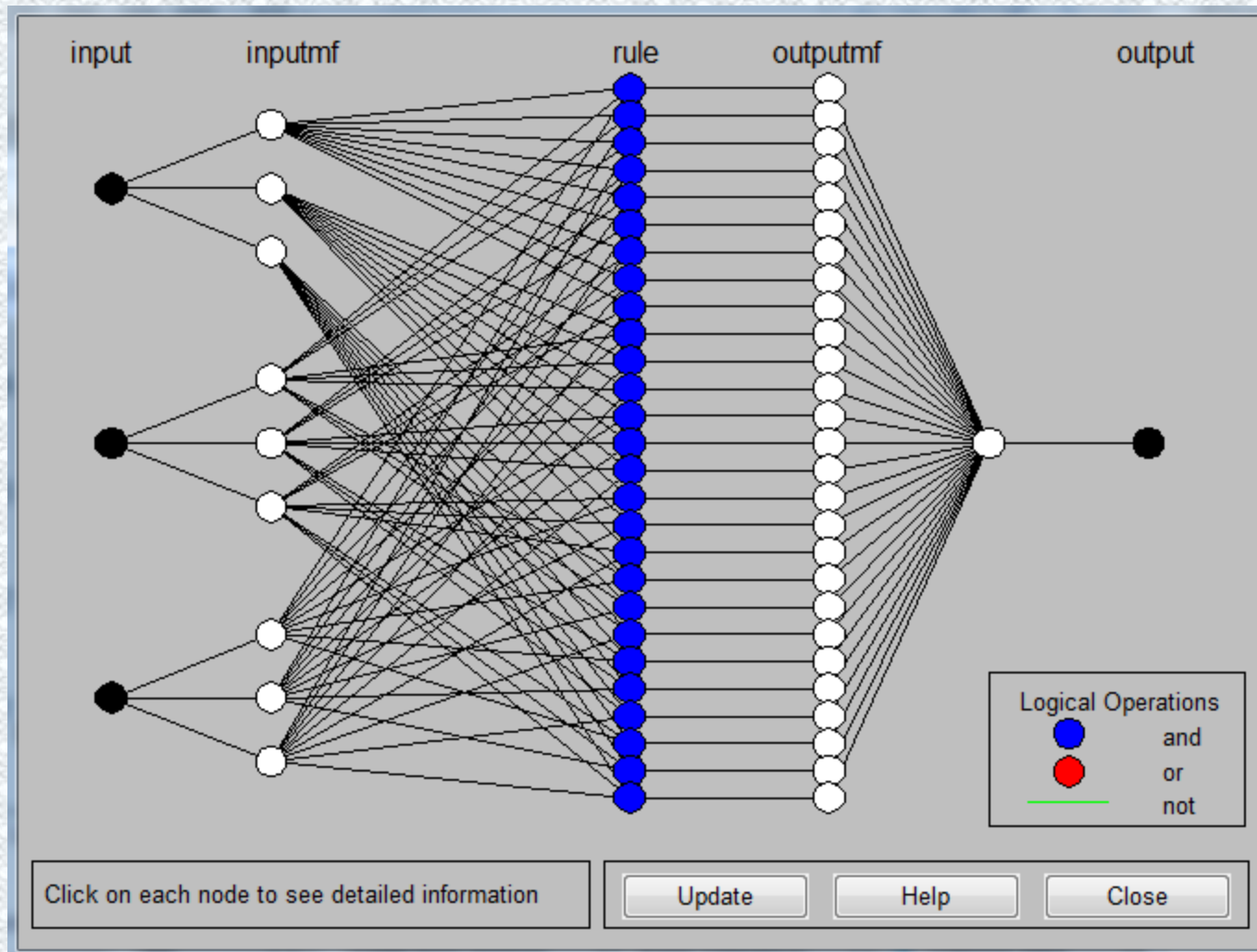
Позначення	Назва параметра
X_1	Тиск картерних газів
X_2	Темп наростання компресії
X_3	Відносна компресія в циліндрах

Позначення	Назва параметра	Несправність
Y_1	Зазор у стикі поршневого кільця	Збільшений
Y_2	Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки	Збільшений
Y_3	Зазор між поршнем і кільцем по висоті канавки	Зменшений
Y_4	Зазор між клапаном і сідлом	Збільшений

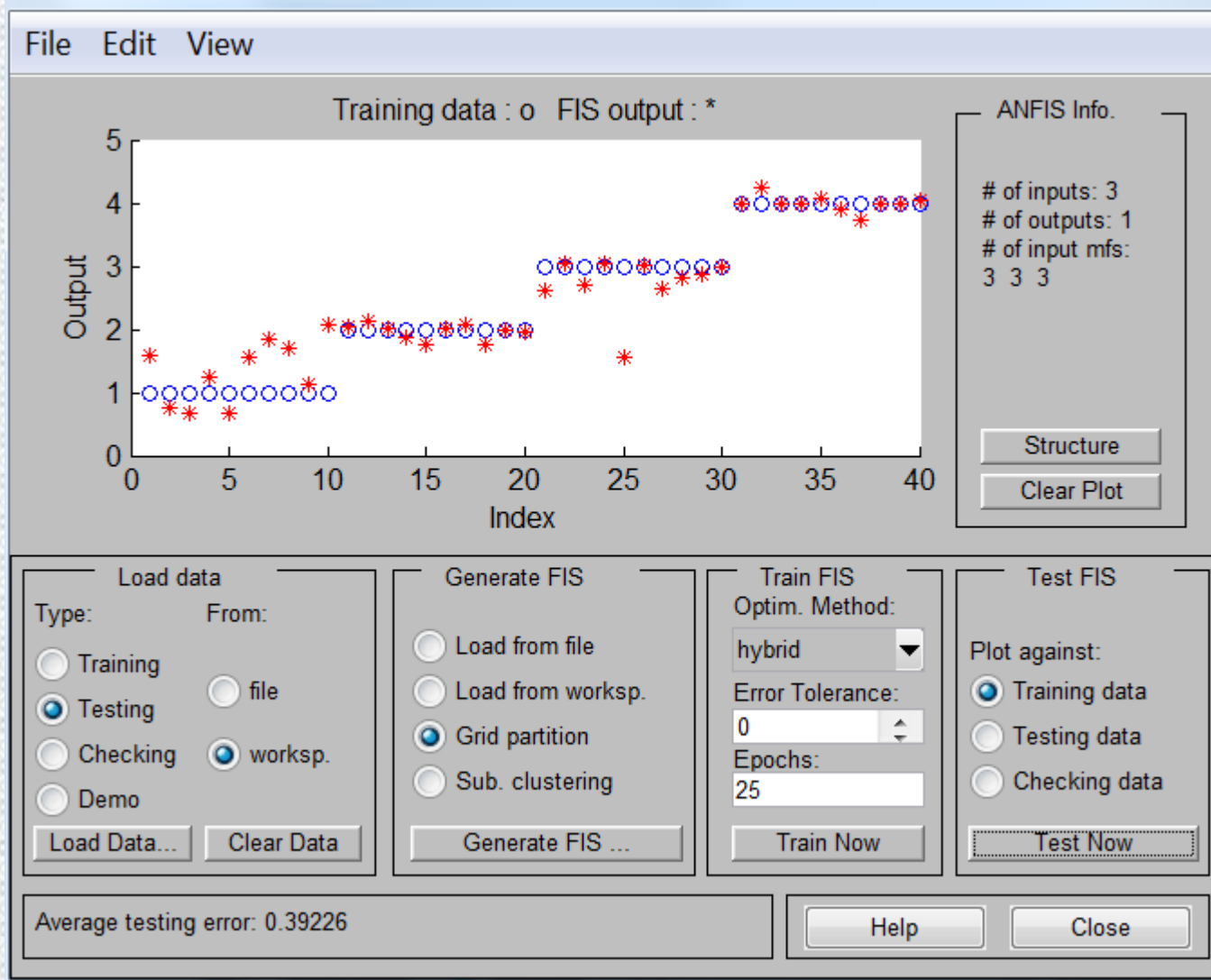
ВІДПОВІДНОСТІ ВХІДНИХ І ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ МЕРЕЖІ



СТРУКТУРА НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ МЕРЕЖІ



ПЕРЕВІРКА НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ МЕРЕЖІ ТЕСТОВОЮ ВИБІРКОЮ



БЛОК-СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА



ВИСНОВКИ

1. За результатами діяльності станції технічного обслуговування автомобілів Фаворит авто Вінниця визначено, що існуюча система діагностування та підходи щодо процедури проведення діагностичних робіт мають певні недоліки і потребують удосконалення.
2. Визначено річну трудомісткість виконання робіт на станції технічного обслуговування, що дало можливість провести організаційні заходи, виконати розподіл робіт між робочими місцями і виконавцями, а також покращити організаційну структуру зони діагностики автомобілів. Що дало можливість підвищити ефективність діагностичних робіт.
3. Запропоновано науковий підхід який дає можливість створити передумови автоматизації процесу діагностування автомобільного двигуна на основі діагностичної моделі яка ґрунтується на нечіткій мережі.
4. Розроблено практичні алгоритми діагностування циліндропоршневої групи автомобільного двигуна з можливістю застосування визначеної множини діагностичних параметрів.

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності виробничого процесу діагностування автомобільного двигуна в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «Фаворит Авто Вінниця»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 95 % Схожість 5 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Дронь Р.Р.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кравченко О.П.
(прізвище, ініціали)