

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного
обслуговування та ремонту автомобілів Renault Megane II з дослідженням
підвищення швидкості спрацьовування форсунок

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАМ-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Назар ІВАЧЕВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Марія П'ЄНТАК

(ім'я та прізвище)

Завідувач кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(підпис)

Дмитро РАДИК

(ім'я та прізвище)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)
« » 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(НАЗВА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Царику Віталію Васильовичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів Renault Megane II з дослідженням підвищення швидкості спрацьовування форсунок

Керівник роботи Левкович Михайло Геннадійович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року №4/7-970

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес обслуговування автомобілів: Renault Megane II

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Аналіз ремонтів та схема АТП – 1 аркуш формату А1. Розрахунок програми та завантаження постів – 1 аркуш формату А1. Канавний підйомник – 1 аркуш формату А1. Схема підключення мотортестера АМ-1 – 1 аркуш формату А1. Позначення роз'ємів на консолі мотортестера АМ-1 – 1 аркуш формату А1. Зона ТО-2 і ПР – 1 аркуш формату А1. Наукові дослідження – 2 аркуші формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 14.11.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Назар ІВАЧЕВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(ім'я та прізвище)

Реферат
до кваліфікаційної роботи на тему:

«Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів Renault Megane II з дослідженням підвищення швидкості спрацьовування форсунок», виконана студентом групи МАМ-61 ТНТУ імені Івана Пулюя Івачевським Назаром Івановичом. Керівник роботи – к.т.н., доц. Левкович М.Г.

Пояснювальна записка містить 64 аркушів формату А4, додатки та графічну частину на 8 аркушах формату А1.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, виробнича програма, паливна апаратура, форсунка Common Rail, швидкодія, АТП, технологічний процес.

У роботі проведено аналіз діяльності автотранспортного підприємства та особливостей обслуговування автомобілів Renault Megane II. Розроблено виробничу програму підприємства, виконано розрахунки кількості постів, площ виробничих зон, чисельності персоналу та автомобілемісць для зберігання і очікування.

У технологічній частині подано процеси технічного обслуговування та ремонту Renault Megane II, зокрема елементів паливної системи Common Rail. Здійснено підбір сучасного технологічного обладнання для проведення якісної діагностики та ремонту паливної апаратури.

Конструкторський розділ містить розробку стенда для дослідження швидкодії форсунок, подано його конструкцію, принцип роботи та проведено необхідні розрахунки.

У науково-дослідному розділі проаналізовано фактори, що впливають на швидкість спрацьовування форсунок, та обґрунтовано шляхи її підвищення з метою покращення динамічних показників і економічності автомобіля.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Аналіз підприємства	9
1.2 Огляд Renault Megane II	11
1.3 Огляд типових несправностей Renault Megane II	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Розрахунок трудомісткості ТО та ремонту	14
2.2 Річний об'єм виробництва	14
2.3 Кількість працівників	16
2.4 Кількості автотранспорту очікування та зберігання	18
2.5 Підбір технологічного обладнання	19
2.6 Склад та площі приміщень	21
2.7 Аналіз і основні характеристики генерального плану	23
2.8 ТО Renault Megane II	26
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Обґрунтування вибору об'єкта конструювання	38
3.2 Стенд для дослідження швидкодії форсунок Common Rail	39
3.3 Розрахунок основних параметрів стенда	40
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
4.1 Підвищення швидкості спрацювання форсунок	42
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Нормативно-правова база з охорони праці в галузі	56
5.2 Заходи з поліпшення умов праці, передбачені у кваліфікаційній роботі	56
5.3 Організаційні основи аварійно-рятувальних та невідкладних робіт	58
5.4 Проведення аварійно-рятувальних робіт у разі аварії паливної системи	59
5.4 Проведення аварійно-рятувальних робіт у разі аварії паливної системи	59
5.5 Медичне забезпечення та індивідуальний захист персоналу	60
5.5 Розрахунок рівня шуму	60
ВИСНОВКИ	61

БІБЛІОГРАФІЯ

63

ДОДАТКИ

65

ВСТУП

Автомобільний транспорт у місті Тернополі відіграє провідну роль у забезпеченні мобільності населення та оперативності вантажних перевезень. Завдяки високій маневровості, доступності та можливості роботи в умовах різної інтенсивності руху він залишається найбільш затребуваним видом транспорту для поїздок на невеликі та середні відстані. Розвиток міської інфраструктури, зростання приватного автопарку й збільшення обсягів перевезень потребують покращення системи ТО та ремонту ТЗ у межах Тернопільської громади.

Збільшення кількості автомобілів у експлуатації супроводжується потребою у більшій кількості кваліфікованих працівників, модернізації обладнання майстерень та впровадженні сучасних методів діагностики. Своєчасне та якісне технічне обслуговування визначає рівень тех. готовності, зменшує потребу в дорогих ремонтах і забезпечує безвідмовну роботу транспортних засобів протягом нормативного строку служби. Для досягнення цього важливо впроваджувати нові технології обслуговування, застосовувати сучасні стенди та діагностичні системи.

Утримання автомобілів у справному технічному стані потребує значних ресурсних витрат, особливо на фоні ускладнення конструкцій сучасних транспортних засобів. Зростання технологічної складності автомобілів Renault Megane II, як і інших представників європейського сегмента, підвищує вимоги до організації ремонту, діагностики та матеріально-технічної бази автотранспортних підприємств Тернополя.

Окреме значення має вплив автомобільного транспорту на довкілля міста. Викиди від працюючих двигунів напряму залежать від справності систем упорскування та точності їх роботи. Своєчасна діагностика форсунок, коректний режим упорскування та технічна справність паливної системи є ключовими факторами зниження викиду. Особливо це актуально для густонаселених районів та центральної частини Тернополя.

Підвищення інтенсивності дорожнього руху формує високі вимоги до надійності та безпеки експлуатації. Несправності в системі живлення дизельних двигунів, зокрема затримки у спрацьовуванні форсунок, можуть призводити до погіршення динаміки, збільшення витрат палива та підвищення ризику аварійних ситуацій.

Окремо варто підкреслити економічний аспект: раціональне використання автомопального палива, технічних рідин, зап. частин вагомою мірою залежить від стану транспортних засобів та професійного рівня обслуговуючого персоналу. Для автотранспортних підприємств Тернополя це особливо актуально, оскільки ефективність роботи напряду впливає на конкурентоздатність підприємств та транспортну доступність регіону.

Сучасні дизельні двигуни, включно з силовими агрегатами Renault Megane II, оснащуються електронними системами керування упорскуванням палива. Використання високоточного електронного керування у поєднанні з високим тиском упорскування забезпечує покращення екологічних, економічних та динамічних характеристик двигуна. Проте хороша роботи таких систем сильно залежить від швидкості спрацьовування форсунок, що потребує точних методів діагностики і регулювання.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз підприємства

У Тернополі спостерігається стабільне зростання автомобільного парку, особливо серед легкових автомобілів європейського виробництва, серед яких Renault Megane II посідає помітну частку. Значна кількість таких автомобілів на вторинному ринку області й міста формує постійний попит на кваліфіковане ТО та ремонт. Окрему актуальність має обслуговування дизельних двигунів, які відомі високою економічністю, але водночас підвищеною чутливістю до якості пального. Тернопільський регіон має різномірний ринок пального, що безпосередньо впливає на швидкість зношування паливної апаратури. Це призводить до частих звернень власників щодо нестабільної роботи двигуна, підвищеної димності та зростання витрати.

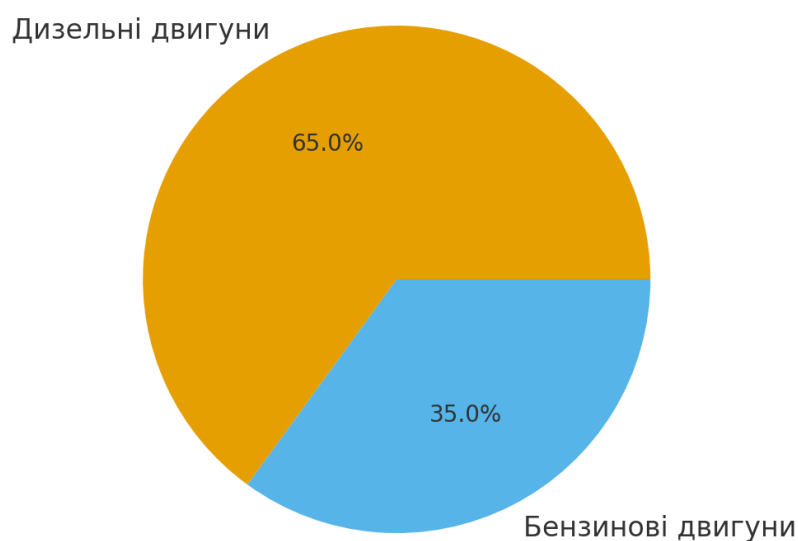


Рисунок 1.1 – Частка обслуговування дизельних і бензинових двигунів

Більшість місцевих СТО не оснащені обладнанням для високоточної діагностики швидкодії форсунок, що є важливою характеристикою коректної роботи системи уприскування. Відсутність спеціалізованого обладнання змушує власників автомобілів звертатись до сервісів в інших містах або купувати дорогі відновлені комплектуючі без можливості точного контролю їхніх параметрів.

Тому створення спеціалізованого поста на базі автотранспортного підприємства в Тернополі дозволить забезпечити локальний, якісний і швидкий ремонт паливних систем, зменшити фінансові витрати автовласників та підвищити надійність автомобілів у регіоні. Наявність великої кількості дизельних автомобілів, що активно використовуються в міських і міжміських умовах, гарантує стабільний попит на такі послуги.

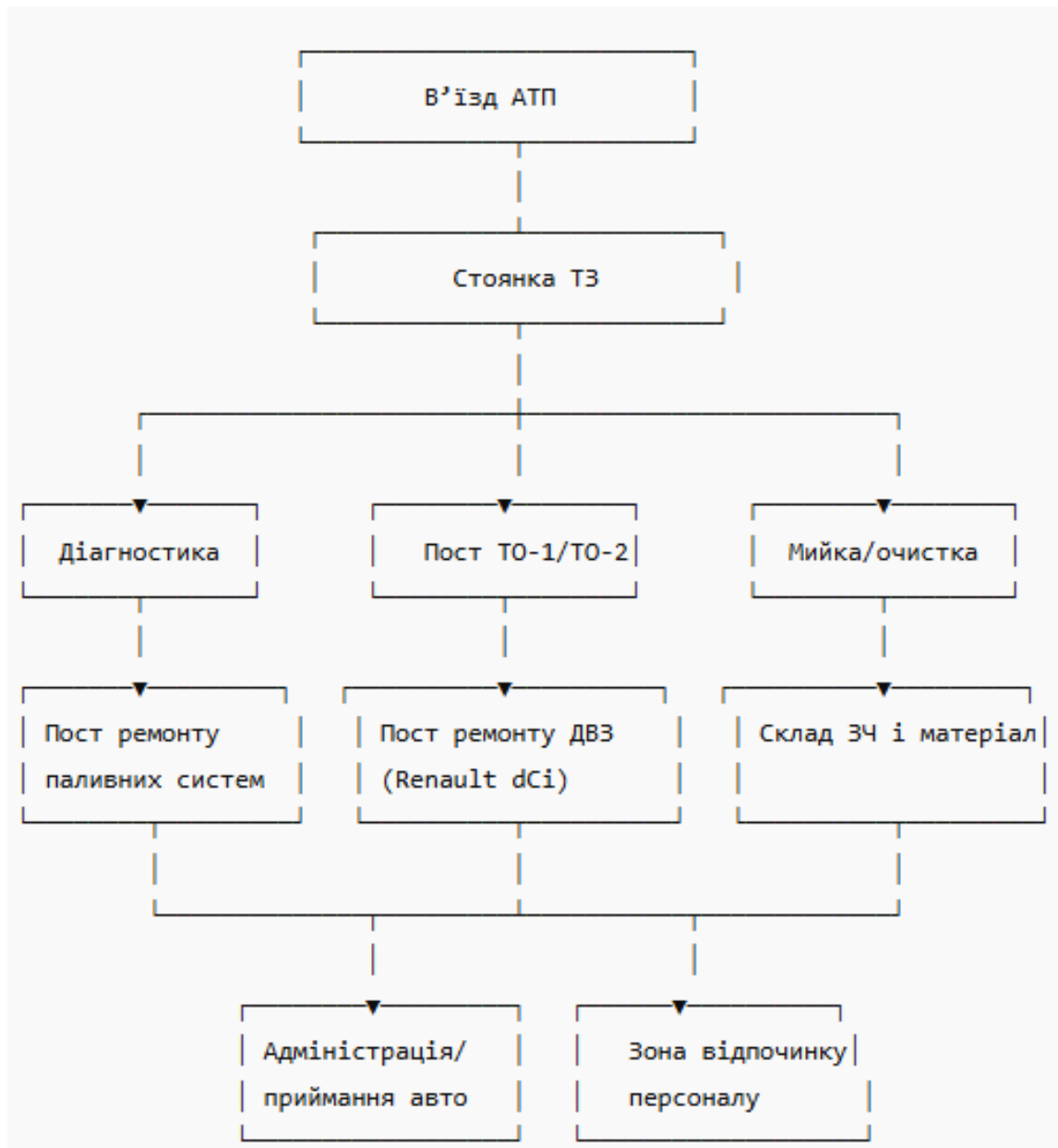


Рисунок 1.2 – Схема АТП

Автотранспортне підприємство, орієнтоване на обслуговування Renault Megane II, повинно мати сучасну виробничу структуру, включно з діагностичною зоною для перевірки дизельних систем, постом технічного обслуговування,

дільницею ремонту паливної апаратури, приміщеннями для промивання та тестування форсунок, а також складом запасних частин і витратних матеріалів. Робочі місця мають бути обладнані спеціальними стендами для вимірювання швидкодії та продуктивності форсунок, пристроями для стендових випробувань паливних насосів, комп'ютерною діагностикою та інструментами для демонтажу і монтажу елементів паливної системи. Організація поста в умовах АТП дозволяє централізувати процеси, забезпечити якісний контроль виконаних робіт і оптимізувати використання обладнання та персоналу.

Таким чином, створення спеціалізованого автотранспортного підприємства у Тернополі є актуальним кроком, що відповідає потребам місцевого ринку, забезпечує якісний сервіс для популярної моделі Renault Megane II та підвищує технічну надійність дизельних автомобілів у регіоні.

1.2 Огляд Renault Megane II

Renault Megane II – це легковий автомобіль С-класу, який випускався французькою компанією Renault з 2002 до 2008 року. Модель створювалася як оновлення попереднього покоління Megane I і мала сучасний на той час дизайн із плавними лініями кузова та характерною задньою частиною. Автомобіль виготовлявся у кількох кузовних варіантах: п'ятидверний хетчбек, тридверне купе, седан, універсал та кабріолет. Конструкція Megane II була розроблена з урахуванням високих стандартів безпеки – автомобіль отримав п'ять зірок за результатами краш-тестів Euro NCAP.

У салоні автомобіля передбачено комфортне розташування водія та пасажирів. Приладова панель має плавну форму, зручне розташування органів керування та цифрове табло. У багатьох комплектаціях передбачено кондиціонер, електросклопідйомники, обігрів дзеркал і центральний замок із картою-ключем – системою, яка на той час вважалася новітньою технологією. Об'єм багажника становить близько 330 літрів, а при складанні задніх сидінь – до 1190 літрів, що дозволяє перевозити великі речі.

Автомобіль комплектувався різними бензиновими та дизельними двигунами робочим об'ємом від 1,4 до 2,0 літра. Потужність двигунів коливалася від 85 до 224 кінських сил у версії Renault Megane RS. Машина мала передній привід та механічну або автоматичну коробку передач. Витрата палива залежала від типу двигуна і становила в середньому від 4,5 до 8 літрів на 100 кілометрів. Ходові якості автомобіля забезпечували стабільність на дорозі, комфортне керування та добру маневровість у міських умовах.

Renault Megane II проявляє себе як надійний, економічний та зручний автомобіль, хоча має деякі характерні недоліки. Найчастіше власники стикаються з проблемами електроніки – збої у роботі картки-ключа, підйомників і освітлення. Також з часом зношуються елементи підвіски – амортизатори, сайлентблоки й опори стійок. Дизельні двигуни можуть вимагати очищення клапана EGR та інжекторів. Незважаючи на це, Megane II залишається популярним серед водіїв завдяки приємному дизайну, комфорту, високому рівню безпеки та доступності запасних частин. Автомобіль добре підходить для щоденної експлуатації в місті й для подорожей на середні відстані.

1.3 Огляд типових несправностей Renault Megane II

У цієї моделі часто виникають несправності в електриці. Склопідйомники можуть працювати ривками або зовсім переставати реагувати. Центральний замок іноді не замикає всі двері, а лампочки фар та підсвітки регулювання швидко перегорають.

Часто виходить з ладу карта запалювання через поганий контакт, потрапляння вологи або зношені елементи вона перестає розпізнаватися автомобілем.

Дизельні ДВЗ можуть працювати нерівномірно через забруднені або несправні інжектори. Клапан EGR часто забивається нагаром, через що падає потужність і зростає витрата пального.

Підвіска у Megane II не відзначається довговічністю. Амортизатори, сайлентблоки та шарніри кермових тяг починають зношуватися вже після 60-80 т. км, а верхні опори стійок можуть перестати робити навіть через 20-30 т.км.

У системі випуску часто з'являється корозія, труби або глушник можуть прогоріти. Каталізатор іноді забивається, особливо у дизельних версіях, що знижує потужність і збільшує шкідливі викиди.

Коробка передач може працювати не плавно – відчуються ривки або шум при перемиканні. Також можливе зношення підшипників чи валів. Ліве моторне кріплення має схильність до просідання, через що при руху виникають вібрації або глухий стукіт.

Заміна лампочок у фарах ускладнена через тісну конструкцію – щоб дістатися до них, доводиться знімати частину обшивки або підкрилка.

Система кондиціонування іноді втрачає герметичність – можливі витіки фреону, несправності компресора або сенсорів, що призводить до відсутності охолодження в спеку.

Хоча Megane II має зручний салон і непогану керованість, власникам варто бути готовими до регулярного обслуговування електрики, підвіски та дрібних ремонтів.

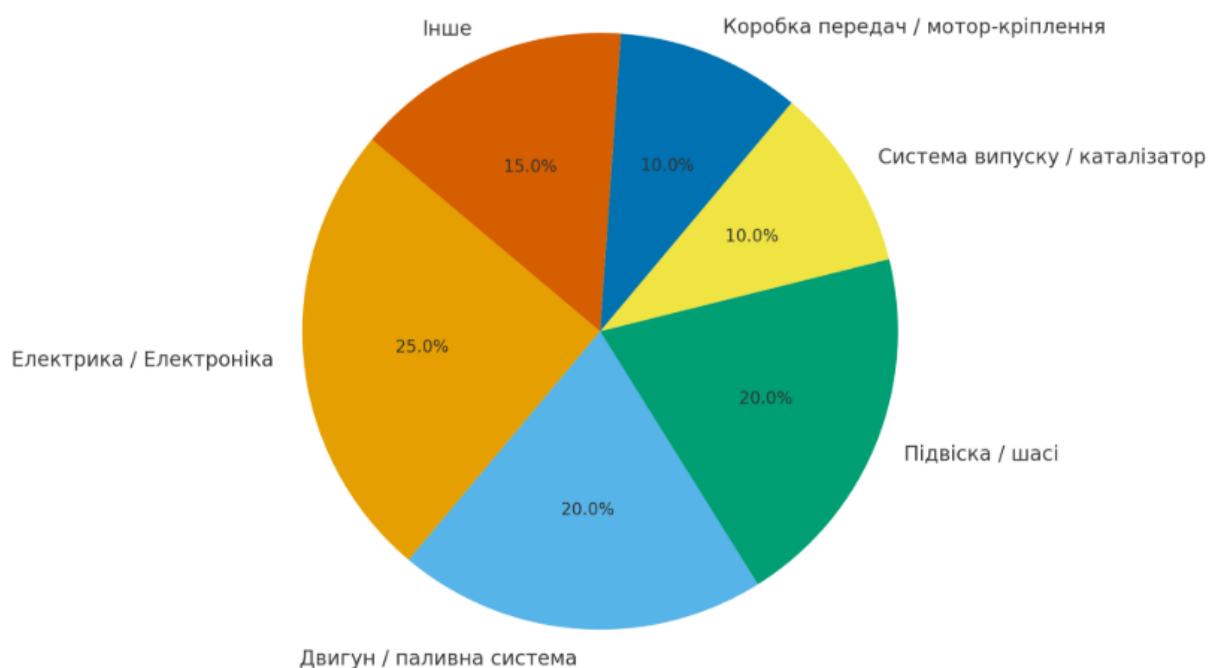


Рисунок 1.3 – Розподіл ремонтів за складовими

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок трудомісткості ТО та ремонту

Автотранспортні підприємства, що спеціалізуються на ТО та ремонті автомобілів Renault Megane II, формують виробничу програму на основі кількості авто, які є клієнтами сервісу, та обсягу фактичних робіт, виконаних за кожен рік експлуатації. Для визначення навантаження постів ТО і ремонту використовується залежність:

$$P = \sum_{i=1}^N (A_i \cdot \alpha_i \cdot Z_i \cdot t_i) + A_{\text{н}} \cdot t_{\text{пнн}} + A_{\text{б/в}} \cdot t_{\text{пнб}} \quad (2.1)$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту АТП

Розрахунковий показник	Продано авто, шт.	Частка авто, що обслуговуються	Кількість заїздів	Трудо-місткість, люд.-год.	Обсяг, люд.-год.
1-й рік	380,0	0,97	1,6	2,4	1413,0
2-й рік	420,0	0,95	1,6	2,4	1526,0
3-й рік	400,0	0,92	1,6	2,4	1411,0
Передпродажна (нові)	380,0	1,0	—	3,5	1330,0
4-й рік	370,0	0,88	1,6	2,4	1247,0
5-й рік	350,0	0,85	1,6	2,4	1142,0
6-й рік	360,0	0,72	1,6	2,4	995,0
Передпродажна (з пробігом)	150,0	1,0	—	4,5	675,0

2.2 Річний об'єм виробництва

Для визначення кількості постів ТО та ПО на проектованому АТП, що спеціалізується на Renault Megane II, використовується така залежність:

$$S = \frac{T}{\varphi \cdot n_p \cdot \Phi_{PB}}, \text{ постів} \quad (2.2)$$

Фонд річного часу визначають за формулою:

$$\Phi_{PB} = D \cdot t \cdot c \cdot k, \text{ год} \quad (2.3)$$

АТП працює 360 днів на рік, у 1 зміну, з тривалістю зміни 8 годин. Для постів, що працюють з більшим навантаженням, використано 11-годинний режим.

Отже:

- Для стандартних постів ТО і ремонту:

$$\Phi_{PB1} = 360 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 = 2880 \text{ год.}$$

- Для постів із розширеним навантаженням:

$$\Phi_{PB2} = 360 \cdot 11 \cdot 1 \cdot 1 = 3960 \text{ год}$$

Обсяг річної виробничої програми для Renault Megane II (з урахуванням робіт із паливною апаратурою, діагностикою та форсунками) становить:

$$T = 9800 \text{ люд.}$$

Тоді:

$$S = \frac{9800}{1,0 \cdot 0,9 \cdot 2880} \approx 3,77 \text{ поста}$$

Приймаємо 4 пости ТО та ремонту, що відповідає технологічній потребі та забезпечує можливість працювати з інтенсивними ремонтами форсунок системи Common Rail.

Таблиця 2.2 – Виробничі потужності АТП

Вид поста / дільниці	Кількість	Робітників	Фонд часу поста, год	Річний фонд, год
Постові роботи ТО і ТР	4	1	2880	11520
Агрегатна дільниця	1	1	2880	2880

Пост мийки	1	1	2880	2880
Регулювання розвал/сходження	1	1	2880	2880
Пост ремонту паливної апаратури	1	1	2880	2880
Передпродажна підготовка	1	1	2880	2880

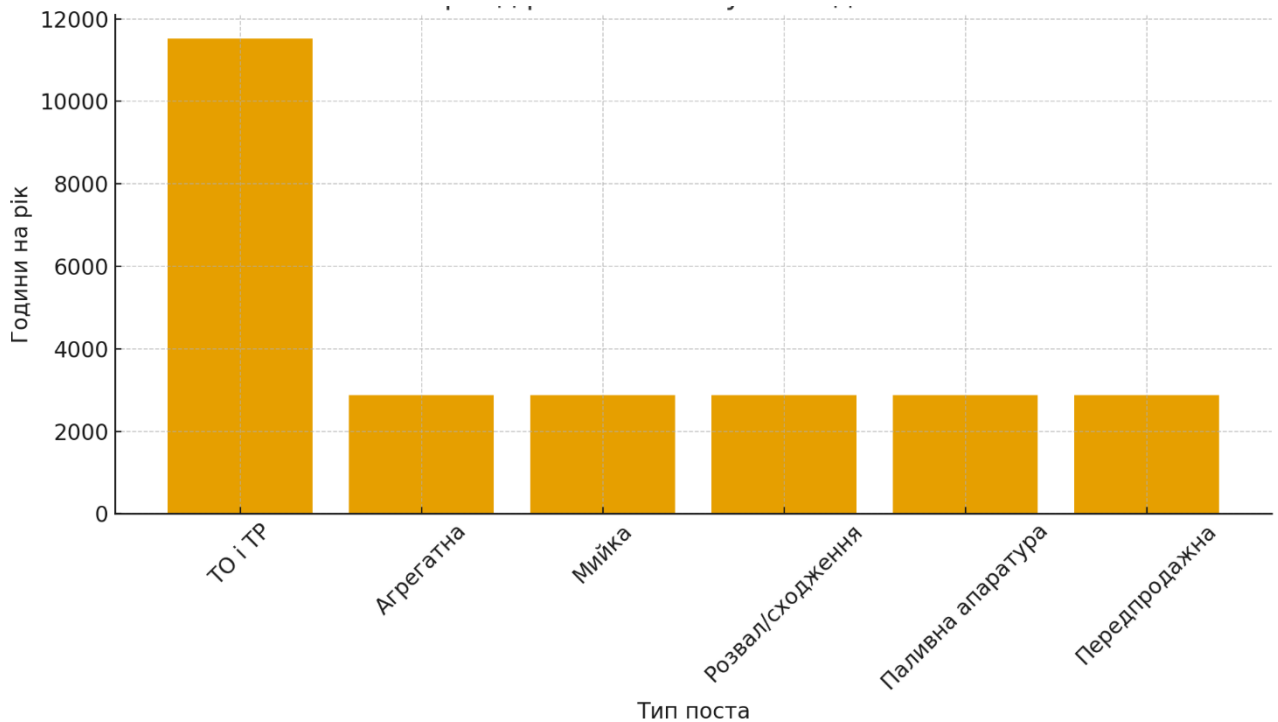


Рисунок 2.1 – Завантаження постів

Крім основних робіт, виконуються допоміжні операції, зв'язані з підтриманням працездатності обладнання, прибиранням, внутрішньою логістикою тощо. Їх обсяг приймається на рівні 10 % від загального фонду:

$$ТВСП = 0,10 \cdot ТГ = 0,10 \cdot 25920 = 2592 \text{ люд\год.}$$

2.3 Кількість працівників

Виробничі робітники проектного АТП – це працівники постів і дільниць, які безпосередньо виконують роботи з ТО та ремонту Renault Megane

II, у тому числі операції з діагностики та ремонту паливної апаратури. Розрізняють технологічно необхідну та штатну чисельн. робітників.

Технологічно необхідна кількість робітників:

$$R_T = \frac{T_T}{F_T}, \quad \text{чол.} \quad (2.4)$$

$$F_T = 2070 \text{ год.}$$

Обсяги робіт приймаємо такими:

- постові роботи ТО і ТР:

$$T_{T^{TO,TP}} = 10350 \text{ люд\год.}$$

- агрегатна дільниця:

$$T_{T^{agr}} = 2070 \text{ люд\год.}$$

- пост регулювання:

$$T_{T^{розвал}} = 2070 \text{ люд\год.}$$

- пост ремонту (форсунки, рейка, ТНВД):

$$T_{T^{пал}} = 2070 \text{ люд\год.}$$

- мийка:

$$T_{T^{мийка}} = 2070 \text{ люд\год.}$$

- передпродажної підготовка:

$$T_{T^{ПП}} = 2070 \text{ люд\год.}$$

Тоді чисельність:

- для постів ТО і ТР:

$$R_T^{TO,TP} = \frac{10350}{2070} \approx 5 \text{ чол.}$$

Для кожної з дільниць (агрегатна, розвал-сходження, паливна апаратура, мийка, передпродажна підготовка):

$$R_T = \frac{2070}{2070} = 1 \text{ чол.}$$

Загальна:

$$\Sigma RT = 5 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 10 \text{ чол.}$$

Штатна чисельність враховує невиходи на роботу з поважних причин (відпустки, хвороби тощо) і визначається за формулою:

$$R_{\text{Ш}} = \frac{T_{\Gamma}}{F_{\text{Ш}}}, \quad \text{чол.} \quad (2.5)$$

$$F_{\text{Ш}} = 1830 \text{ год.}$$

Відповідно:

– ТО і ТП:

$$R_{\text{Ш}}^{\text{ТО, ТП}} = \frac{10350}{1830} \approx 5,66$$

- з обсягом 2070 люд\год:

$$R_{\text{Ш}} = \frac{2070}{1830} \approx 1,13$$

Чисельність працюючих:

$$R_{\text{Ш}}^{\Sigma} = 6 (\text{ТО і ТП}) + 5 \cdot 1 = 11 \text{ чол.}$$

Таким чином, для забезпечення виконання програми на АТП необхідно 10 технологічно необхідних та 11 штатних виробничих робітників.

2.4 Кількості автомісць очікування та зберігання

Загальну кількість місць очікування АТП приймаємо на рівні 50% від кількості робочих постів:

$$X_{\text{ож}} = 0,5 \cdot S = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \approx 5 \text{ автомобілемісць.}$$

Місця зберігання (стоянка на території АТП) призначені для машин, прийнятих у ремонт та ТО, а також для авто, повністю підготовлених до видачі власникам.

Для міських СТО кількість місць зберігання (без урахування спеціальних постів УМР) приймають із розрахунку 3 автомісця на 1 робочий пост:

$$X_{\text{зб}} = 3 \cdot S = 3 \cdot 9 = 27 \text{ автомобілемісць.}$$

Пости автомобілемісць.

Для АТП, яке спеціалізується на ТО та ПР Renault Megane II з дослідженням швидкодії форсунок, прийнято:

- робочі пости – 9;
- автомобілемісця очікування – 5;
- автомобілемісця зберігання (стоянка на території) – 27;
- парковочні місця для клієнтів і персоналу – 18.

Усього на території АТП передбачається:

$$X_{\text{заг}} = 5 + 27 + 18 = 50 \text{ автомобілемісць.}$$

Такий резерв площі забезпечує безперервну роботу постів, можливість формування черги на ремонт та зручні умови для клієнтів у пікові періоди завантаження сервісу.

2.5 Підбір технологічного обладнання

Для забезпечення якісного ТО та ПР автомобілів Renault Megane II, а також виконання досліджень швидкості спрацьовування форсунок Common Rail, СТО повинна бути укомплектована спеціалізованим та універсальним технологічним обладнанням. Перелік включає оснащення для постів ТО і ТР, діагностики електронних систем, ремонту агрегатів, стендові установки для перевірки паливної апаратури, оснащення для мийки та шиномонтажу. Обладнання підібране відповідно до виробничої програми, кількості постів та специфіки роботи з дизельними системами К9К.

Таблиця 2.3 – обладнання для АТП

№	Найменування обладнання	Кількість, шт.	Призначення
1	Електрогідравлічний підй 3,2–3,5 т	4	Постові роботи ТО та рем.
2	Сканер діагностичний (Renault Clip + універсальний)	2	Комп’ютерна діагностика систем

3	Стенд для перевірки форсунок Common Rail	1	Дослідження швидкодії та тестування форсунок
4	Установка для перевірки ТНВД (CR)	1	Діагностика та ремонт насоса високого тиску
5	Ультразвукова ванна для промивки елементів	1	Очищення форсунок і дрібних деталей
6	Компресор повітря 10 бар	1	Пневмоінструмент, продувка
7	Пневматичний інструмент (набір)	4	Постові роботи
8	Стенд регулювання розвал-сходження	1	Регулювання кутів установки коліс
9	Тормозний стенд роликового типу	1	Перевірка гальмівної системи
10	Станція заміни мастила	1	ТО двигуна
11	Димогенератор для пошуку підсосів повітря	1	Діагностика впускної системи
12	Газоаналізатор (бензин/дизель)	1	Контроль токсичності
13	Прилад для перевірки тиску в системі CR	1	Пошук несправностей паливної системи
14	Мийка високого тиску	1	Мийка авто
15	Шиномонтажний стенд	1	Обслуговування коліс
16	Балансувальний стенд	1	Балансування шин
17	Верстак слюсарний з інструментами	4	Слюсарні роботи
18	Домкрати гідравлічні	2	Допоміжні підйомні операції
19	Стелажі/шафи для інструментів	4	Зберігання інструментів
20	Витяжна вентиляційна установка	1	Безпека робочого місця
21	Промисловий пилосос	1	Прибирання та очищення
22	Спецінструмент Renault K9K	1	Складні ремонтні операції

23	Акумуляторний тестер	1	Перевірка АКБ
24	Зарядно-пусковий пристрій	1	Обслуговування електросистеми
25	Пост ППП (передпродажної підготовки) комплект	1	Огляд та базові регулювання

2.6 Склад та площі приміщень

Для АТП, яке спеціалізується на ТО та ПР Renault Megane II, формуються як виробничі, так і допоміжні приміщення.

Передбачено такі площі:

- сервісна зона – 240 м²;
- зона продажу та приймання авто – 288 м²;
- роздягальні – 21 м²;
- санвузли – 10 м²;
- електрощитова – 10 м²;
- приміщення для касира – 10 м²;
- сходові клітки – 40 м²;
- склад запасних частин – 60 м²;
- кабінет майстра – 12 м²;
- кабінет керівника – 16 м²;
- бухгалтерія – 24 м²;
- клієнтська зона очікування – 80 м².

Площа адміністративних і побутових і технічних приміщень становить:

$$F_{a.б} = 1000 \text{ м}^2.$$

Розрахунок площ виробничих зон.

Площі виробничих приміщень:

$$F = \sum_{i=1}^M f_i \cdot X_i \cdot K_p, \quad (2.6)$$

Для Renault Megane II середню площу в плані прийнято 9,0 м².

Площа робочої зони.

Враховуючи наявність постів ТО, ремонту, приймання та додаткового обладнання:

$$F_{\text{ТО-ТР}} = 9,0 \cdot 6 \cdot 6 = 324 \text{ м}^2. \quad (2.7)$$

Пост мийки.

$$F_{\text{мийка}} = 9,0 \cdot 1 \cdot 6 = 54 \text{ м}^2. \quad (2.8)$$

Площа очікування перед постановкою на пост:

$$F_{\text{оч}} = 9,0 \cdot 4 \cdot 2,5 = 90 \text{ м}^2. \quad (2.9)$$

Площа для зберігання відремонтованих та прийнятих авто:

$$F_{\text{хр}} = 9,0 \cdot 12 \cdot 2,5 = 270 \text{ м}^2. \quad (2.10)$$

Стоянка автомобілів персоналу та клієнтів:

$$F_{\text{ст}} = 9,0 \cdot 21 \cdot 2,5 = 472,5 \text{ м}^2 \approx 475 \text{ м}^2. \quad (2.11)$$

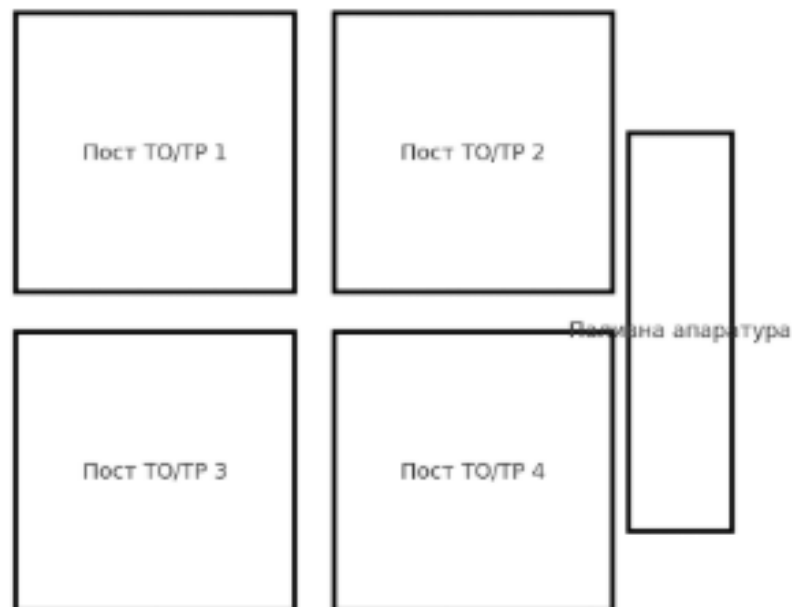


Рисунок 2.2 – Схема виробничої зони

Таблиця 2.4 – Площі СТО

Зона	Площа, м ²
Адміністративно-побутові та технічні приміщення	1000
Робоча зона ТО і ТР	324
Пост мийки	54
Зона очікування	90

Зона зберігання	270
Стоянка персоналу і клієнтів	475

2.7 Аналіз і основні характеристики генерального плану

Генеральний план АТП для ТО та рем. авто Renault Megane II сформований з урахуванням функціонального зонування, безпечного руху автотранспорту та оптимального використання площ. Основні виробничі потоки організовані так, щоб автомобілі потрапляли із зони приймання на необхідні пости без перехрещення маршрутів та затримок. Зони ремонту, діагностики, паливної апаратури та мийки розташовані компактно, що зменшує внутрішньотериторіальні переміщення.

В адміністративно-побутовій частині розміщено приміщення персоналу, бухгалтерію, кімнату майстра, клієнтську зону та склад. На території передбачено майданчики очікування, стоянки клієнтів, місця для зберігання автомобілів після ремонту та зручні маневрові проїзди.

Таблиця 2.5 – Основні площі виробничих та допоміжних зон

Назва приміщення / зони	Площа, м ²
Робоча зона ТО і ТР (4 пости)	324
Пост мийки	54
Зона діагностики / регулювання розвал-сходження	54
Дільниця ремонту паливної апаратури	48
Зона очікування автомобілів	135
Зона зберігання автомобілів (холодна стоянка)	67
Стоянка для клієнтів / персоналу	475
Сервісна зона	240
Адміністративні приміщення (офіси, каса, кімната майстра)	62

Клієнтська зона	80
Склад запасних частин	60
Санвузли, тех. приміщення	20

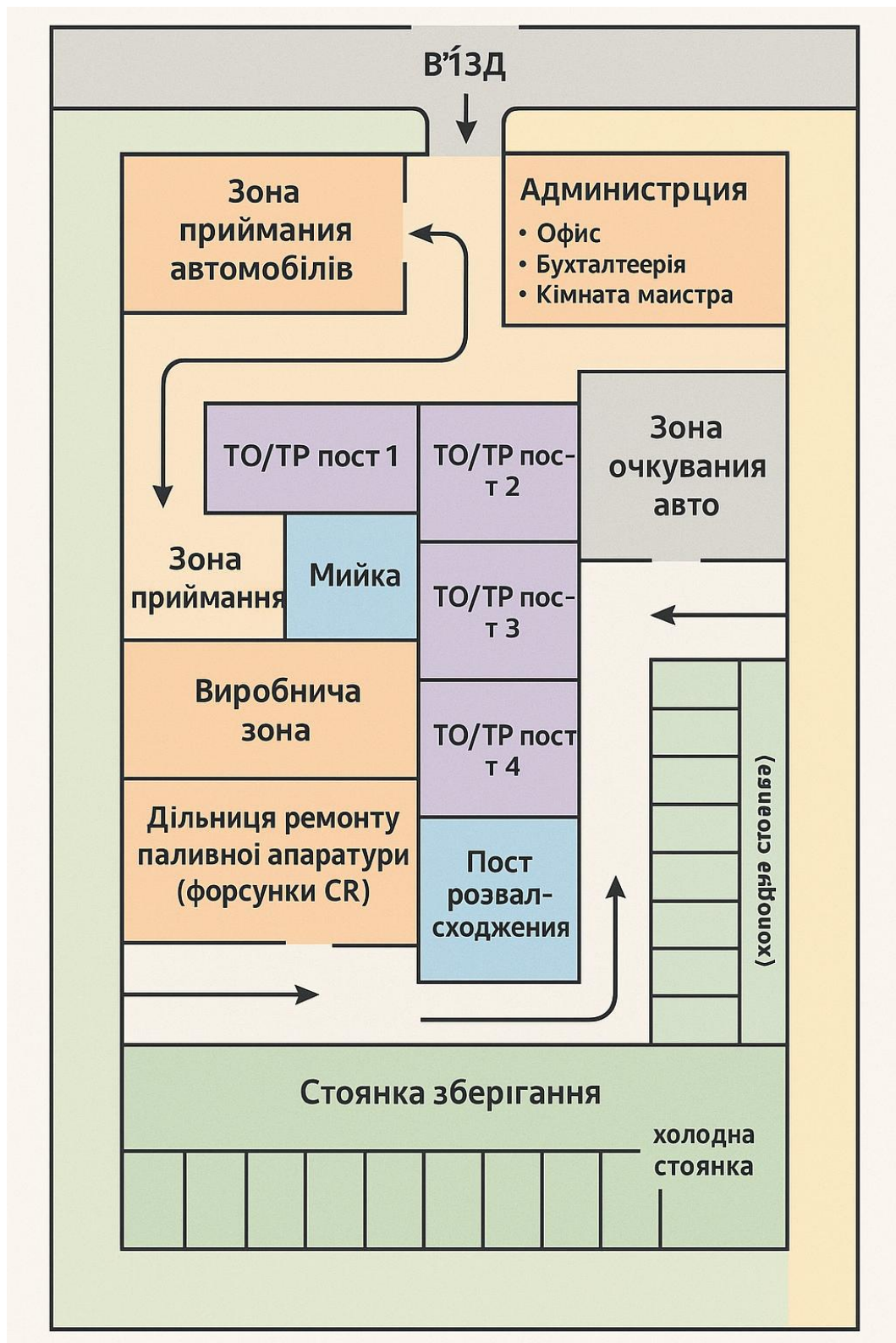


Рисунок 2.3 – Генплан

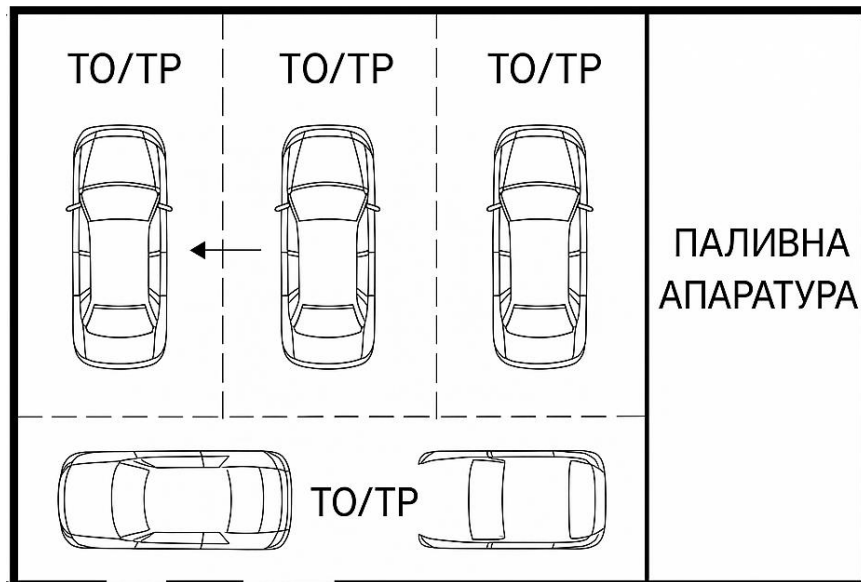


Рисунок 2.4 – Виробнича Зона

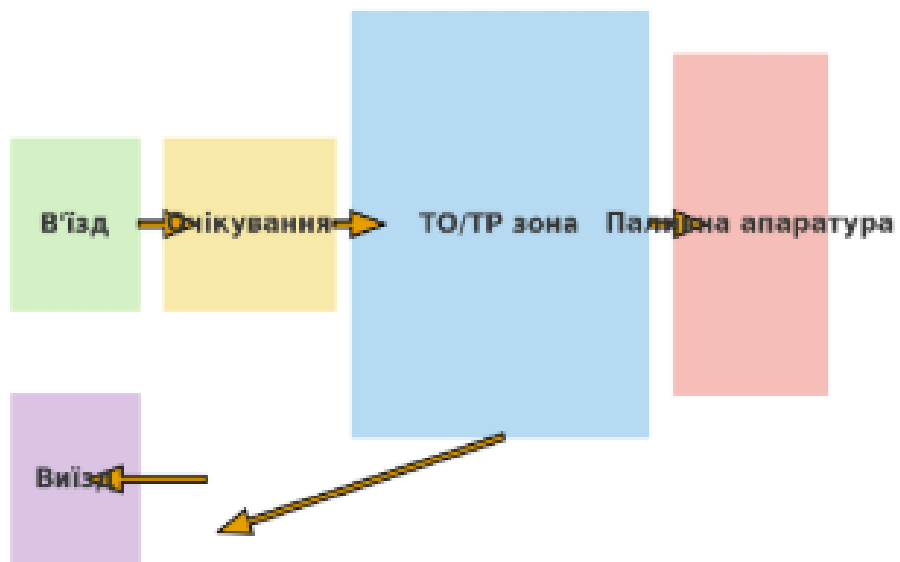


Рисунок 2.5 – Рух територією

2.8 TO Renault Megane II

Паливний фільтр

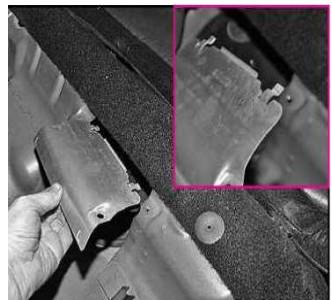
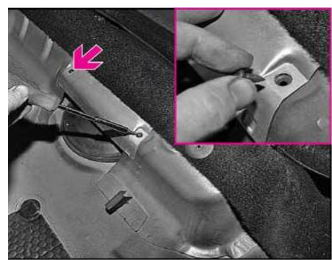
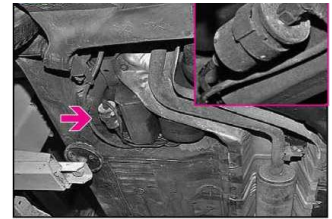
Знаходиться під днищем автомобіля ззаду, з лівого боку по ходу руху. Перед початком робіт слід зняти тиск у паливній системі. Для цього вимикають запалювання, піднімають подушку заднього сидіння та від'єднують роз'єм живлення паливного насоса. Це дозволяє безпечно продовжити роботи з обслуговування чи заміни фільтра.

Відкручуємо два гвинти, які кріплять захисну планку, та виймаємо їх. Потім зсуваємо планку вперед, щоб звільнити два фіксатори ззаду, і знімаємо її. Фільтр розташований під днищем і потребує заміни кожні 15 т. км. У пізніших моделях (після 2007) фільтр інтегрований у паливний модуль, що встановлений у баку, і замінюється разом із модулем через 120 т. км. Бажано виконувати цю роботу на оглядовій ямі або естакаді, щоб забезпечити легкий доступ до вузла.

Знімаємо пластикову кришку. Натискаємо на фіксатор роз'єму проводів, щоб від'єднати його.

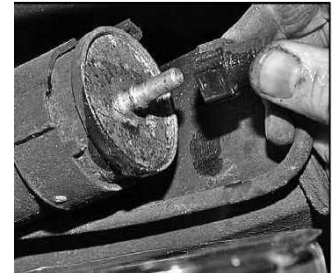
Від'єднуємо роз'єм проводів. Запускаємо двигун і даємо йому попрацювати, поки не буде витрачено все пальне, що залишилося в системі живлення. Після того як двигун зупиниться, вимикаємо запалювання.

Очищаємо поверхню навколо паливного фільтра та з'єднань. Підставляємо під фільтр ємність, щоб зібрати залишки палива, які можуть витекти. Натискаємо на



фіксатори наконечника паливної трубки, під'єднаної до вихідного патрубку фільтра.

Від'єднуємо наконечник паливної трубки від штуцера фільтра.



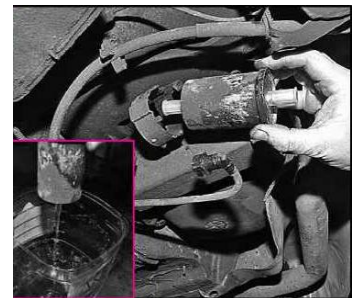
Щоб під час зняття паливного фільтра не розлити бензин, який залишився всередині, на штуцер надягаємо захисний ковпачок, знятий із нового фільтра.



Натискаємо на фіксатори наконечника паливної трубки, під'єднаної до вхідного штуцера фільтра. Потім від'єднуємо наконечник трубки від штуцера.



Надягаємо ковпачок на штуцер паливного фільтра та зливаємо залишки палива з підвідної трубки в підставлену ємність. Виймаємо паливний фільтр із кріпильного хомута – якщо він сидить щільно, це може потребувати зусиль. Знімаємо фільтр і зливаємо з нього залишки палива в ту ж ємність.



Встановлюємо новий паливний фільтр так, щоб стрілка на його корпусі була спрямована у напрямку руху палива від бака, тобто проти ходу автомобіля. Під'єднуємо наконечники паливних трубок до штуцерів фільтра. Щоб трубки не провисали, фіксуємо їх ізоляційною стрічкою. Наконечники насаджуємо до клацання фіксаторів. Потім під'єднуємо колодку проводів до роз'єму паливного насоса, вмикаємо запалення й перевіряємо, чи немає підтікання палива. Якщо помітно навіть незначний витік, потрібно



негайно вимкнути двигун і не запускати його, доки несправність не буде усунена.

Свічки запалювання

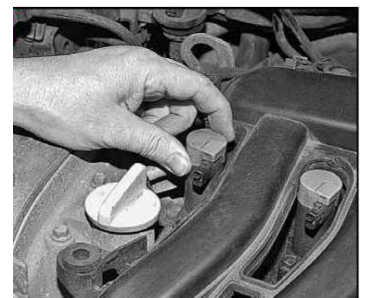
ДВЗ (модель К4М) свічки запалювання вкручені у верхню частину головки блока циліндрів. Вони закриті пластиковою кришкою. Обережно піднімаємо цю кришку, подолавши опір пластикових фіксаторів у її кутах, після чого знімаємо її.



Натискаємо на фіксатор колодки джгута проводів, під'єднаної до роз'єму індивідуальної котушки запалювання. Свічки запалювання потрібно міняти кожні 30 тисяч кілометрів пробігу. Якщо одна або кілька свічок виходять з ладу раніше, їх варто замінити одразу. Ознаками несправної свічки є нерівномірна робота ДВЗ, зниження потужності та підвищена витрата пального. Такі ж симптоми можуть свідчити і про несправність котушки запалювання.



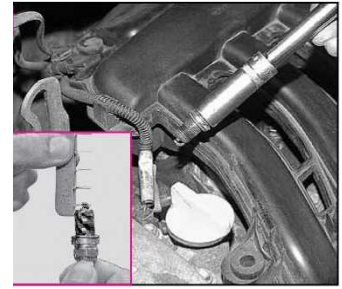
Від'єднуємо колодки від роз'ємів інших катушок і відводимо жгут проводів убік. Відкручуємо болт, що кріпить катушку до головки блоку циліндрів. Потягом вгору знімаємо катушку. Вона виходить з невеликим зусиллям, оскільки має ущільнювальне кільце, яке щільно вставляється в свічний колодязь головки блоку циліндрів.



Виймаємо катушку разом із наконечником свічки. Аналогічно виймаємо катушки інших свічок. Катушки запалювання для всіх свічок однакові. За допомогою свічкового ключа з гумовою втулкою всередині або високої головки з подовжувачем викручуємо свічку запалювання.



Гумова втулка в свічковому ключі утримує свічку за ізолятор, що дозволяє легко вийняти її з колодязя. Аналогічно викручуємо інші свічки. Круглим щупом перевіряємо зазор між бічним і центральним електродами.



Вкручуємо свічку спочатку вручну. Коли вона увійде до упору, щільно затягуємо її воротком або тріскачкою. Встановлюємо котушки запалювання і під'єднуємо до їх роз'ємів колодки проводів до кляцання фіксаторів. Електроди викрученої свічки повинні бути вкриті тонким шаром світло-коричневих або сіро-білих відкладень. Щільні сухі чорні відкладення (сажа) або блискучі чорні маслянисті нашарування свідчать про несправності двигуна, які треба усунути. Зазор між бічним і центр. електродами для свічок двигуна K4M має становити 0,95 мм. За потреби регулюємо зазор, обережно підгинаючи бічний електрод.



Обслуговування запобіжників

Салонні

Монтажний блок запобіжників у салоні розташований під кришкою в лівій частині панелі приладів. Підчіплюємо кришку за верхній лівий кут і тягнемо на себе, долаючи опір фіксаторів.



Опускаємо кришку. На внутрішньому боці кришки розташовані запасні запобіжники та пінцет-знімник, а також нанесена схема розташування запобіжників із зазначенням їх призначення. Перед початком роботи знімаємо клему з «мінусового» полюса акумулятора. Яку електричну ланцюг захищає той чи інший



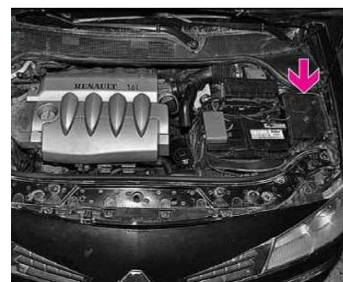
запобіжник, можна визначити за схемою та таблицею з описом призначення запобіжників. Перегорання запобіжника, як правило, пов'язане з несправністю електропристрою або пошкодженням проводки. Тому перед заміною запобіжника бажано усунути причину його перегорання – замінити несправний пристрій або відремонтувати електропроводку.

Хапаємо пінцетом запобіжник. Перегорілий запобіжник можна визначити за розривом струмопровідної смужки. Новий запобіжник вставляємо в гніздо блока до упору.



Моторного відсіку

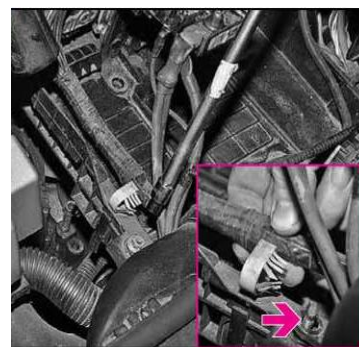
Блок захисту та комутації і блок запобіжників ланцюгів живлення розташовані в моторному відсіку з лівого боку (якщо дивитися по ходу руху автомобіля). Знімаємо акумулятор. Ключем Torx T-20 відкручуємо два гвинти, що кріплять кришку блоку захисту та комутації і блоку запобіжників ланцюгів живлення.



Шліцьовою викруткою віджимаємо фіксатор на бічній стінці кришки. Перегорання запобіжника зазвичай пов'язане з несправністю електропристрою або пошкодженням електропроводки.

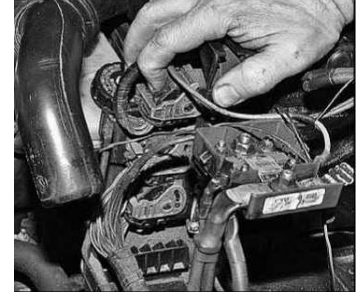


Відкручуємо три гвинти кріплення підставки акумулятора, на задній стінці якої закріплений ЕБУ системами впорскування та запалювання двигуна (блок – SAGEM S3000). Виводимо з пластикового тримача жгут проводів, що йде від ЕБУ по правій стороні підставки акумулятора (по ходу руху). Головною «на

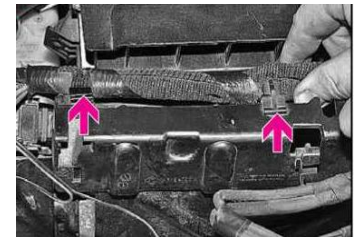


10» відкручуємо гайку кріплення хомута-тримача жгута проводів і знімаємо хомут.

Натискаємо на затиск фіксатора колодки проводів, підключеної до верхнього роз'єму ЕБУ. Піднімаємо фіксатор і від'єднуємо колодку з синім ущільнювальним кільцем від верхнього роз'єму ЕБУ. Аналогічно від'єднуємо колодку з оранжевим кільцем від середнього роз'єму та колодку з червоним кільцем від нижнього роз'єму. Перед заміною запобіжника бажано усунути причину його перегорання – замінити несправний пристрій або відремонтувати електропроводку.



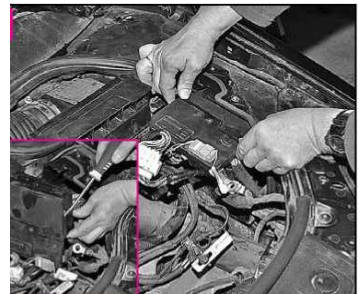
Виводимо з пластикових тримачів жгут проводів, підключених до «мінусового» виводу акумулятора. Також виводимо з пластикових тримачів жгут проводів, підключених до верхнього роз'єму ЕБУ.



Виймаємо підставку акумулятора разом з ЕБУ, закріпленим на її задній стінці. Піднявши фіксатор, звільняємо жгут проводів, прокладений над блоком захисту та комутації. Яку електричну ланцюг захищає той чи інший запобіжник, можна визначити за схемою та таблицею з описом їх призначення.



Відкручуємо болт кріплення блоку захисту та комутації. Висуваємо блок разом із кожухом вправо (по ходу руху), долаючи опір фіксаторів на бічних поверхнях кожуха. Якщо блок вийшов без кожуха, виймаємо кожух окремо.



Знімаємо кожух з блоку. Запобіжники розташовані на нижньому боці блоку. Натискаємо на фіксатор верхньої колодки проводів і від'єднуємо шість колодок від роз'ємів. Кожен роз'єм має свою форму, тому при наступній збірці неможливо буде підключити колодки до невідповідних роз'ємів.



Після від'єднання всіх колодок перевертаємо блок, щоб отримати доступ до запобіжників. Тут встановлені лише запобіжники малого розміру.



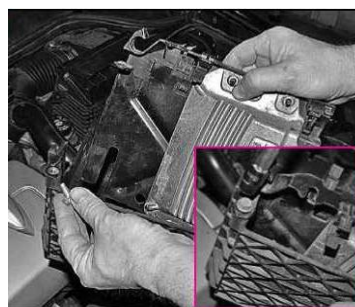
Виймаємо запобіжник. Перегорілий запобіжник можна визначити за розривом струмопровідної смужки. Новий запобіжник вставляємо в гніздо блоку до упору. Призначення запобіжників наведене в таблиці далі.



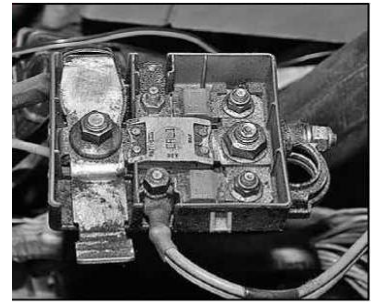
Запобіжники ланцюгів живлення розташовані під блоком захисту та комутації. Зручний доступ до них відкривається лише після зняття блоку захисту та комутації, хоча частину запобіжників можна вийняти, не знімаючи блок. Підчіплюємо запобіжник шліцьовою викруткою (тут встановлені лише запобіжники великого розміру). Перегорілий запобіжник можна визначити за розривом струмопровідної смужки. Новий запобіжник вставляємо в гніздо блоку до упору.



Для зняття ЕБУ систем впорскування та запалювання відкручуємо кріплення пластини-тримача ЕБУ до задньої стінки підставки акумулятора. Потім відкручуємо чотири гайки кріплення ЕБУ до пластини-тримача. Встановлюємо ЕБУ та блок захисту та комутації в зворотній послідовності.



На «плюсовому» виводі акумулятора під захисною кришкою розташований блок запобіжників захисту «плюсового» ланцюга акумулятора. Призначення запобіжників (плавких вставок) наведене в таблиці нижче. Якщо в блоці перегоріла плавка вставка, це свідчить про серйозну несправність у проводці, яку потрібно терміново виявити та усунути.



Стоянкове гальмо

Встановлюємо під передні колеса протиоткатні упори і піднімаємо задні колеса (див. «Колеса та шини»). Натискаємо кнопку важеля стоянкового гальма і опускаємо важіль до упору. Піднімаємо кришку підлокітника. Долаючи опір фіксаторів, від'єднуємо передню стінку боксу-підлокітника.

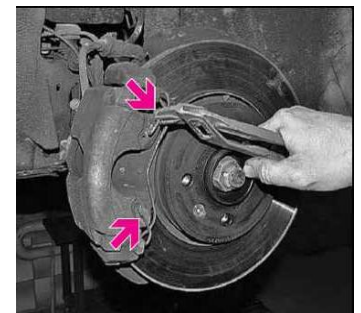


Зсуваємо передню стінку боксу-підлокітника вперед. У утвореному просвіті видно регулювальну гайку тросів стоянкового гальма. Обертаємо регулювальну гайку за годинниковою стрілкою, натягуючи троси до того моменту, поки задні колеса почнуть обертатися з труднощами. Потім відкручуємо гайку до того моменту, коли колеса почнуть вільно обертатися.



Передні гальма

Плоскогубцями виводимо кінці пружинного фіксатора з отворів у супорті та знімаємо фіксатор.



Знімаємо кришку захисної втулки нижнього напрямного пальця та відкручуємо сам нижній напрямний палець. Заміна колодок проводиться при їх зносі до товщини 6,0 мм (разом із металевою основою), а також у разі забруднення мастилом накладок, наявності на них глибоких борозд і сколів або відшарування накладок від основ колодок. Робота показана на лівому передньому колесі, на правому вона проводиться аналогічно.

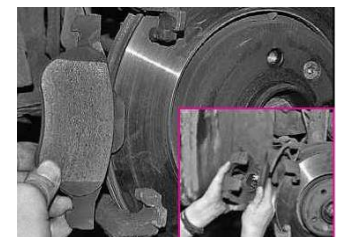


Знімаємо переднє колесо та встановлюємо підставку.

Тим же інструментом відкручуємо верхній напрямний палець. Висуваємо обидва пальці з супорта до упору — вони повністю не виймаються. Знімаємо супорт разом з внутрішньою гальмівною колодкою. Відводимо супорт убік і підвішуємо його на проводі або шнурі за одну з деталей підвіски.



Знімаємо зовнішню гальмівну колодку. Виймаємо внутрішню колодку зі супорта, виводячи її фіксуючі лапки з поглиблення в поршні. Нові гальмівні колодки встановлюємо у зворотній послідовності.

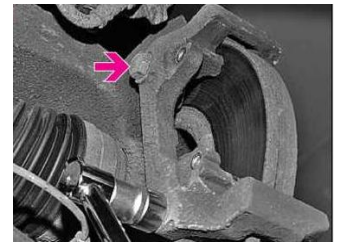


Для втоплювання поршня в циліндр при встановленні нових колодок встановлюємо супорт із задньою колодкою і, спираючись монтажною лопаткою на колодку та на головку відповідного розміру (щоб не зачепити гальмівний диск), втоплюємо поршень у циліндр. Зношені колодки передніх гальм слід замінювати на обох передніх колесах одночасно. Заміна колодок лише з одного боку може призвести до відхилення автомобіля вбік під час гальмування. Стан колодок рекомендується перевіряти не рідше ніж через 15 тис. км пробігу або раз на рік.



Номінальна товщина нової гальмівної колодки (разом із металевою основою) становить 18 мм.

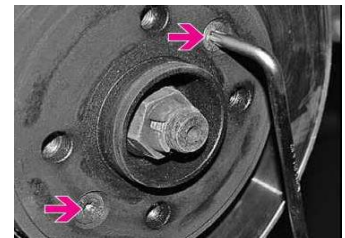
Якщо товщина диска менша за мінімально допустиму або диск має пошкодження, його замінюємо. Відкручуємо два болти кріплення напрямної колодок до ступиці (супорт і колодки зняті для наочності).



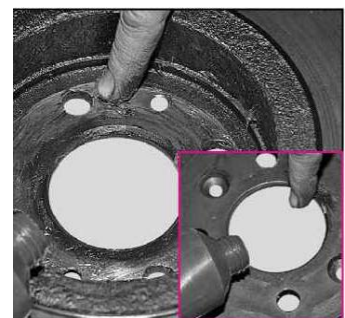
Знімаємо напрямну колодок. Якщо напрямна знята разом із супортом і колодками, підвішуємо її на проводі або шнурі за одну з деталей передньої підвіски. Відкручуємо два гвинти кріплення гальмівного диска до ступиці колеса. Мінімальна допустима товщина переднього гальмівного диска – 21,8 мм. Номінальна товщина нового диска становить 24 мм. При заміні гальмівного диска обов'язково слід замінювати й гальмівні колодки.



Знімаємо гальмівний диск. Якщо диск не знімається, наносимо на прилеглі поверхні проникаючу рідину. По внутрішній стороні диска можна нанести кілька ударів молотком через дерев'яну прокладку (бути обережним, щоб не пошкодити диск).



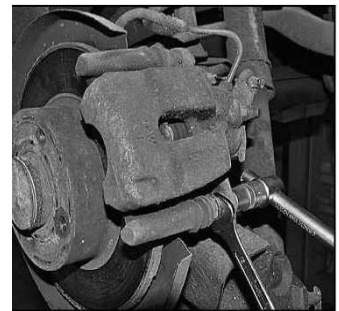
Встановлюємо диск у зворотній послідовності. Перед установкою наносимо на його посадкові поверхні тонкий шар «Пітала» або аналогічної консистентної змазки. Очищаємо посадкову поверхню диска на ступиці колеса. Після розбирання гальмівного механізму не слід натискати на педаль гальма, оскільки поршень може вийти з гальмівного циліндра, гальмівна рідина витече, і доведеться знову заливати рідину та прокачувати систему. Після складання гальмівного механізму перед поїздкою обов'язково кілька разів



натискаємо на педаль гальма, щоб відновити її стандартний робочий хід.

Задні гальма

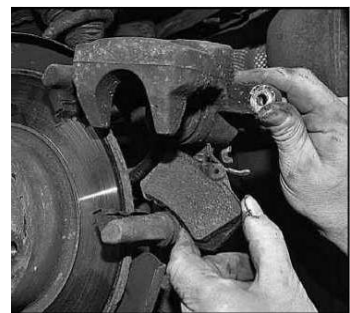
Утримуючи нижній напрямний палець супорта від провертання, відкручуємо нижній болт кріплення супорта до напрямного пальця. Виймаємо болт. Плоскогубцями від'єднуємо наконечник троса стоянкового гальма від важеля приводу. Для заміни задніх гальмівних колодок встановлюємо під передні колеса протиоткатні упори, піднімаємо і знімаємо заднє колесо та встановлюємо заводську підставку. Опускаємо важіль стоянкового гальма. Робота показана на лівому задньому колесі, на правому проводиться аналогічно. Колодки змінюємо, якщо їх товщина (разом із основою) менша за 6,0 мм, а також при забрудненні мастилом накладок, наявності глибоких борозд і сколів або відшаруванні накладок від основ колодок.



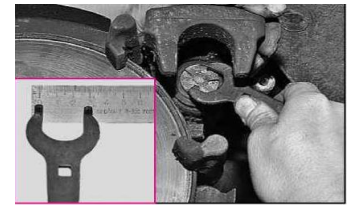
Виводимо оболонку троса стоянкового гальма з кронштейна на важелі задньої підвіски. Піднімаємо супорт, обертаючи його навколо осі верхнього напрямного пальця.



Виймаємо зовнішню гальмівну колодку з напрямної. Потім виймаємо внутрішню колодку. Зношені колодки слід замінювати одночасно на обох задніх колесах. Заміна колодок лише з одного боку може призвести до відхилення автомобіля вбік під час гальмування. Стан колодок рекомендується перевіряти не рідше ніж через **15** тис. км пробігу.



За потреби знімаємо та замінюємо верхню і нижню пружинні скоби. Перед встановленням нових гальмівних колодок переміщаємо поршень всередину циліндра до упору. Для цього упираємо кінці плоскогубців з вузькими губками у виїмки поршня і, обертаючи його за годинниковою стрілкою, поступово втоплюємо. Також для обертання поршня можна використати велосипедний ключ «на 25» із загнутими кінцями.



Вимірюємо товщину гальмівного диска. Вона повинна бути не менше 7 мм. При заміні гальмівних дисків обов'язково слід замінювати і гальмівні колодки. Після розбирання гальмівного механізму не слід натискати на педаль гальма, бо поршень може вийти з гальмівного циліндра, гальмівна рідина витече, і доведеться повторно прокачувати систему. Після заміни колодок перед поїздкою обов'язково кілька разів натискаємо на педаль гальма, щоб відновити її робочий хід.



3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору об'єкта конструювання

Дизельні двигуни автомобілів Renault Megane II (зокрема 1.5 dCi) обладнані системою впорскування палива типу Common Rail, де робота двигуна в значній мірі залежить від швидкодії електромагнітних форсунок. Час відкриття і закриття форсунки, затримка впорскування відносно керуючого сигналу, повторюваність циклової подачі палива безпосередньо впливають на:

- пускові властивості двигуна;
- рівень димності і токсичності відпрацьованих газів;
- паливну економічність;
- шумність і плавність роботи.

В умовах автотранспортного підприємства м. Тернополя більшість постів ТО і ТР дизельних автомобілів обмежуються перевіркою форсунок тільки за витратою палива на класичних паливних стендах. Такі стенди не дають можливості оцінити динамічні параметри (швидкість спрацьовування, затримку відкриття, повторюваність циклу на коротких імпульсах), що особливо важливо для сучасних систем Common Rail.

Тому як об'єкт конструювання в даній роботі обрано випробувальний стенд для дослідження швидкодії форсунок Common Rail двигунів Renault Megane II, який дозволяє вимірювати:

- час відкриття форсунки;
- час закриття форсунки;
- затримку впорскування відносно керуючого імпульсу;
- стабільність циклової подачі при зміні тривалості імпульсу.

Стенд розміщується у зоні ремонту паливної апаратури АТП і дозволяє не тільки проводити дослідження в рамках ВКР, а й використовувати його надалі як діагностичне обладнання.

3.2 Стенд для дослідження швидкодії форсунок Common Rail

Стенд для дослідження швидкості спрацьовування форсунок Renault Megane II є лабораторно-виробничим пристроєм, що складається з жорсткої рами, вузлів системи високого тиску, блока електронного керування та вимірювально-реєструючої системи. Конструкція стенда розроблена таким чином, щоб забезпечити:

- можливість роботи з форсунками системи Common Rail під тиском до 100 МПа;
- реєстрацію часу відкриття та закриття форсунки;
- вимірювання циклової подачі палива;
- аналіз струму керування електромагнітною котушкою форсунки;
- безпечну роботу оператора та зручність технічного обслуговування.

Стенд розміщується на металевій рамі, що виконана з профільної труби і забезпечує достатню жорсткість і стійкість. На поверхні рами розташовані вузли високого тиску: високонапірний паливний насос, паливна рейка, датчики тиску і температури, адаптер форсунки, зливна і вимірювальна система. Електронний блок управління розміщується у захисній шафі з вентиляцією та ступенем захисту не нижче IP54.

Принцип дії стенда. Після вмикання стенда електродвигун приводить у дію високонапірний насос, який нагнітає паливо із бака в рейку Common Rail. Датчик тиску формує сигнал зворотного зв'язку для оператора (через панель індикації або ПК). Після досягнення заданого тиску (наприклад, 60, 80 або 100 МПа) подається керуючий імпульс на форсунку.

Послідовність процесів:

1. Електронний блок формує імпульс напруги потрібної тривалості.
2. Струм у котушці форсунки наростає, якір починає рухатися.
3. Після досягнення певного зусилля голка (клапан) піднімається, отвори розпилювача відкриваються – починається впорскування.
4. Датчик струму та/або оптичний/індуктивний датчик фіксує момент початку руху голки та момент подачі палива.

5. По часовій різниці між фронтом керуючого імпульсу та реакцією форсунки визначається затримка спрацьовування.
6. За об'ємом палива, що надійшов у мірну колбу за певну кількість циклів, оцінюється циклова подача та її стабільність.



Рисунок 3.1 – Стенд для дослідження швидкодії форсунок Common Rail

3.3 Розрахунок основних параметрів стенда

Розрахунок продуктивності насоса. Для дослідження форсунок Renault Megane II приймемо такі дані:

- максимальний тиск у рейці: $p_{\max} = 100 \text{ МПа}$;
- сумарна витрата палива через одну форсунку при випробуванні: $qf = 80 \text{ см}^3/\text{хв}$;
- додаткові втрати на витік, злив та продування: 20 %.

Тоді потрібна подача насоса:

$$Q \approx 1,2 \cdot qf = 1,2 \cdot 80 = 96 \text{ см}^3/\text{хв}.$$

Оціночна потужність, що витрачається на створення тиску:

$$P = \frac{Q \cdot p}{\eta}, \quad (3.1)$$

Приймаємо електродвигун потужністю 0,75 кВт, що дає достатній запас.

Оцінка міцності елементів високого тиску. Для трубопроводу високого тиску прийmemo:

- зовнішній діаметр: $D = 8 \text{ мм}$;
- внутрішній діаметр: $d = 3 \text{ мм}$;
- матеріал – легована сталь ($\sigma_{\text{доп}} \approx 250 \text{ МПа}$).

Окружне напруження в тонкостінній трубці:

$$\sigma_{\theta} \approx \frac{p \cdot d}{2 \cdot \delta}, \quad (3.2)$$

$$\sigma_{\theta} \approx \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{300 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3}} = 60 \cdot 10^6 \text{ Па} = 60 \text{ МПа}.$$

Отримане напруження суттєво менше допустимого для матеріалу (250 МПа), що підтверджує достатній запас міцності при $P = 100 \text{ МПа}$.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Підвищення швидкості спрацювання форсунок

У сучасних дизельних двигунах якість упорскування палива значною мірою залежить від конструкцій та роботи форсунки. Особливо важливим є швидке й точне спрацювання голки розпилювача, оскільки від цього залежать процеси сумішоутворення, згоряння та, як наслідок, економічність і екологічність роботи двигуна.

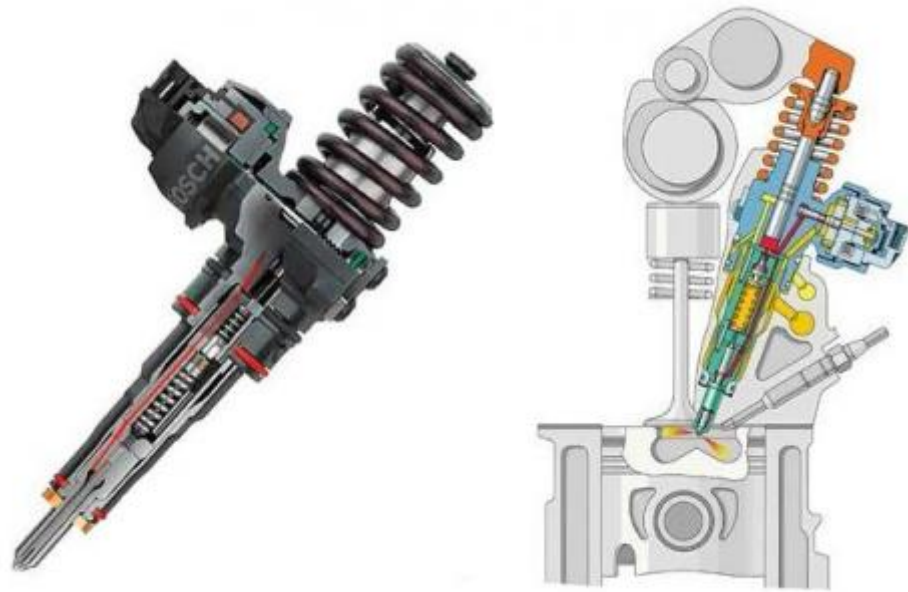


Рисунок 4.1 – Форсунка сучасного ДВЗ

Одним із хороших напрямів удосконалення паливної апаратури є застосування електрогідравлічних форсунок з комбінованим запиранням голки. Такі форсунки мають низку переваг, але водночас у їх конструкції присутні особливості, які можуть знижувати швидкодію.

Форсунка має верхній упор, до якого під час основного упорскування притискається голка. Від моменту закінчення подачі палива до початку руху голки вниз відбувається невелика затримка, яка знижує ефективність роботи. Тому виникає необхідність пошуку способів збільшення швидкості опускання голки, що дозволить зробити процес упорскування більш керованим.

При аналізі роботи електрогідравлічної форсунки виявлено, що на швидкість закриття голки впливають кілька факторів:

- сила пружини, яка притискає голку до упора;
- площа опорної поверхні торця голки;
- розміри та тиск у гідрозапірній камері;
- конструктивні особливості розпилювача (наявність або відсутність робочого поршня).

У форсунках з верхнім упором існує низка конструктивних проблем, які знижують їхню ефективність.

Зменшення сили, що сприяє опусканню голки. Коли голка знаходиться у верхньому положенні, на неї діє тиск з боку гідрозапірної камери. Через конструктивні особливості ця сила розподіляється на відносно невелику площу, що знижує її величину. У результаті голка починає рухатися вниз не при піковому тиску палива, а вже тоді, коли тиск суттєво зменшився.

Це призводить до передчасного початку опускання голки, що не добре впливає на формування паливо-повітряної суміші. Замість того, щоб завершувати упорскування при максимально сприятливому тиску, процес відбувається раніше і менш стабільно.

Передчасне завершення упорскування. Через затримку руху голки вниз упорскування палива може завершуватися в момент, коли тиск у підголковій камері є значно нижчим від максимального. Це створює умови для поганого

розпилу палива та неповного згоряння, що погіршує економ. та еколог. показники роботи.

Ризик зминання контактних поверхонь. Ще одна проблема яка стосується, що при збільшенні діаметра каналу для прискорення спрацювання форсунки зменшується площа контакту голки з корпусом форсунки. Це збільшує ймовірність деформації (зминання) контактуючих поверхонь. У результаті знижується довговічність вузла та зростає потреба у ремонті або заміні.

Вплив маси деталей. Маса рухомих елементів (голка, пружина, штанга) також суттєво впливає на швидкодію форсунки. Чим вони важчі, тим більше кінетичної енергії накопичується під час руху та тим сильніший удар голки об упор. Це може призвести до стрімкого зношування деталей та нестабільності процесу упорскування.

Необхідно застосовувати різні технічні рішення для підвищення швидкодії та надійності роботи так як традиційна конструкція електрогідравлічних форсунок з верхнім упором має суттєві обмеження, які пов'язані з передчасним опусканням голки, підвищеним зносом контактних поверхонь і нерівномірним формуванням паливної суміші.

Одним із основних недоліків форсунок з гідравлічним, гідромеханічним або комбінованим запиранням голки, що мають верхній упор, є зменшення площі поверхні, на яку діє тиск палива зі сторони гідрозапірної камери, коли голка перебуває у верхньому положенні.

На рисунку 4.2 зображено зміну площі, на яку діє тиск зі сторони гідрозапірної камери під час руху голки до верхнього нерухомого упора та при її розташуванні на цьому упорі.

Через зменшення цієї площі сила, яка сприяє початку опускання голки, також зменшується. Це призводить до того, що голка починає рухатися вниз передчасно – не на піку тиску палива ($P_{ф\max}$), коли було б найкраще для якісного розпилу та сумішоутворення, а вже при значно нижчому тиску ($P_{фн.о}$).

Таким чином, упорскування завершується раніше, ніж потрібно, що погано впливає на рівномірність процесу згоряння.

На перший погляд, логічним рішенням є збільшення діаметра d_k . Це дозволяє прискорити спрацювання форсунки та зробити закривання голки більш швидким.

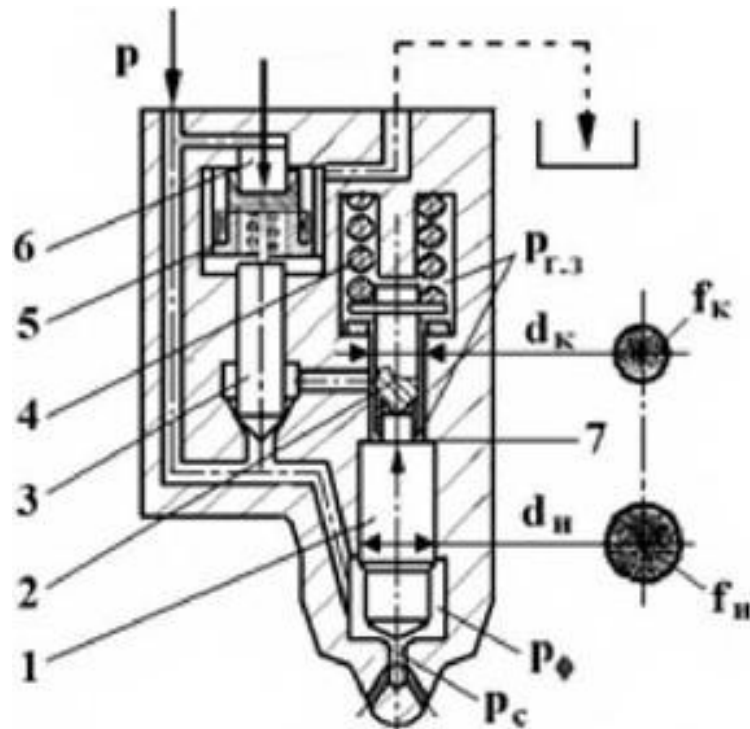


Рисунок 4.2 – Зміна площі, на яку діє тиск зі сторони гідрозапірної камери під час руху голки до верхнього нерухомого упора та при її розташуванні на цьому упорі:

1 – голка розпилювача; 2 – штанга; 3 – перепускний клапан; 4 – пружина форсунки; 5 – електромагніт; 6 – компенсуючий поршень; 7 – верхній нерухомий упор; $P_Ф$ – тиск у підгольковій камері; $P_{ГЗ}$ – тиск в управляючій (гідрозапірній) камері; $P_С$ – тиск у сопловому каналі розпилювача; $f_и$ і $f_к$ – площі, на які діє тиск під час руху голки та після її підйому; $d_и$ – діаметр прецизійної направляючої голки; d_k – діаметр каналу штанги, що з'єднує управляючу камеру з верхнім торцем голки.

Проте у такого підходу є істотний недолік: при збільшенні діаметра каналу зменшується площа контакту між голкою та корпусом форсунки. У результаті підвищується ризик зминання (деформації) контактних поверхонь (рис. 4.3). Це погіршує довговічність вузла та може призвести до передчасного зносу.

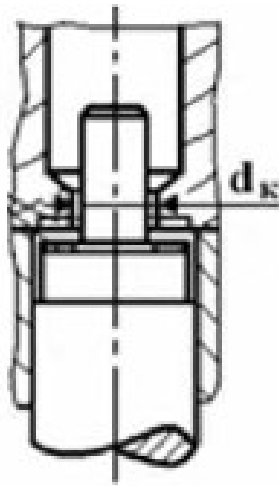


Рисунок 4.3 – Схема деформації (змінання) торцевих поверхонь голки та корпусу форсунки

Існує ще один спосіб удосконалення конструкції (рис. 4.4) – обмеження максимального перем. голки ($Y_{\max}$) не її торцевою поверхнею, а упором штанги об корпус витискувача, який зменшує об'єм гідрозапірної камери.

У такому випадку при максимальному ході голки між її верхнім торцем і корпусом форсунки утворюється зазор Δ . Це дає змогу частково знизити навантаження на торцеві поверхні та стабілізувати роботу вузла.

З точки зору механічної надійності, бажано, щоб площа контакту між тарілкою пружини та нерухомим упором була якомога більшою. Це дозволяє зменшити небезпеку деформації (змінання) їхніх поверхонь.

Однак надмірно велика площа контакту призводить до іншої проблеми: стає складніше забезпечити максимально високий тиск у момент початку посадки голки. А саме цей тиск є критично важливим для якісного завершення уприскування та формування суміші.

Тому необхідно визначити критичні значення площі контакту ($f_{\max}$ і $f_{\min}$), які з одного боку зменшують ризик деформації, а з іншого – не знижують робочий тиск.

Наприкінці упорскування перепускний клапан (поз. 3 на рис. 4.2) відкритий. Через це тиск під голкою (P_f) дорівнює тиску в гідрозапірній камері ($P_{гз}$).

Умова, за якої голка, притиснута до верхнього нерухомого упора, починає рухатися вниз, описують згідно залежності:

$$\begin{aligned} (f_{\text{и}} - f_{\text{у}})p_{\text{ф.н.о}} + P_{\text{пр.и}} + C_{\text{пр.и}}(Y_{\text{max}} - Y_{\text{и.г.}}) &\geq \\ &\geq (f_{\text{и}} - f'_{\text{и}})p_{\text{ф.н.о}} + f'_{\text{и}}p_{\text{с}} \end{aligned} \quad (4.1)$$

З урахуванням того, що при ході голки $Y_{и} = Y_{max}$ тиск у сопловому каналі (P_c) майже дорівнює тиску в підголковій камері ($P_{ф}$), відповідно записуємо залежність:

$$P_{пр.и} + C_{пр.и}(Y_{max} - Y_{и.г}) > f_y p_{ф.н.о} \quad (4.2)$$

Очевидно також, що за умов, які виражаються залежністю, рух голки вниз неможливий.

$$P_{пр.и} + C_{пр.и}(Y_{max} - Y_{и.г}) \leq f_y p_{ф.н.о} \quad (4.3)$$

Залежність:

$$\begin{aligned} (f_y p_{ф.н.о})_{max} &= P_{пр.и} + C_{пр.и}(Y_{max} - Y_{и.г}) = \\ &= (f_y p_{ф.н.о}) = P_{пр.и max} \end{aligned} \quad (4.4)$$

дозволяє у подальшому розрахувати критичні значення площі контакту f_u . Це співвідношення є важливим інструментом для вибору оптимальної конструкції форсунки.

Далі визначається гранично можливе зусилля пружини ($P_{пр.и}$). Це робиться на основі умови:

$$f_{и} p_{г.з.з} + P_{пр.и} \geq (f_{и} - f'_{и}) p_{ф} + f'_{и} p_c \quad (4.5)$$

Голка піднімається до рухомого упора, навантаженого пружиною, але не може його підняти вище.

Для цього приймаються такі граничні значення тисків:

- тиск у гідрозапірній камері в момент закриття перепускного клапана ($P_{гз.з}$) дорівнює мінімальному значенню і позначається як P_0 ;
- тиск у підголковій камері ($P_{ф}$) дорівнює максимальному ($P_{ф max}$);
- тиск у сопловому каналі (P_c) майже дорівнює тиску у підголковій камері ($P_{ф} = P_{ф max}$).

В цьому випадку P_0 являє собою залишковий тиск у паливній лінії ПНВД – паливопровід – форсунка.

У результаті виводиться залежність:

$$P_{пр.игр} \geq f_{и}(p_{ф max} - p_{г.з.з max}) \quad (4.6)$$

Яка дозволяє визначити граничне зусилля пружини форсунки.

Це значення дуже важливе, оскільки:

- якщо максимальне зусилля пружини ($P_{\text{пр.и}} \text{ и } \text{max}$) дорівнює граничному ($P_{\text{пр.игр}}$), форсунка стає неробочою, тобто втрачає здатність нормально функціонувати.

Далі, виходячи з умов і враховуючи максимальне допустиме зусилля пружини, за допомогою залежності:

$$f_{y_{\text{max}}} = \frac{P_{\text{пр.и}_{\text{max}}}}{P_{\text{ф.н.о}_{\text{min}}}}; f_{y_{\text{min}}} = \frac{P_{\text{пр.и}_{\text{max}}}}{P_{\text{ф.н.о}_{\text{min}}}} \quad (4.7)$$

Скориставшись (4.7) можна визначити критичні значення площі контакту (f_{umax} і f_{min}) між нерухомим упором і тарілкою пружини.

Ці значення дозволяють знайти оптимальне співвідношення між довговічністю конструкції (мінімізація змінання контактних поверхонь) і надійністю роботи (забезпечення достатнього тиску для правильного закриття голки).

Із залежності (4.4) отримали зручну для аналізу залежність (4.8), з якої вбачається: для збільшення максимального тиску $P_{\text{фномax}}$ на початку посадки голки, наблизити його до пікового значення тиску $P_{\text{ф}}$, то, в загальному потрібно або збільшувати максимальну силу пружини ($P_{\text{пруmax}}$), або намагатися як найменше зробити площу плями контакту ($f_{y_{\text{min}}}$)

$$P_{\text{ф.н.о}_{\text{max}}} = \frac{P_{\text{пр.и}_{\text{max}}}}{f_{y_{\text{min}}}} \quad (4.8)$$

Проте на практиці виникають певні обмеження. Зокрема, можливість збільшення сили пружини обмежується розмірами внутрішньої порожнини форсунки, що не дозволяє довільно підвищувати її жорсткість. Крім того, максимальна сила пружини повинна узгоджуватися з іншими параметрами роботи форсунки, зокрема з величиною ходу голки до упору та з тиском гідрозамикання. Недотримання цих умов може призвести до некоректного відкривання або закривання голки, передчасного зносу деталей та порушення

оптимальної форми розпилу палива, що погано впливає на ефективність і надійність роботи дизельного двигуна.

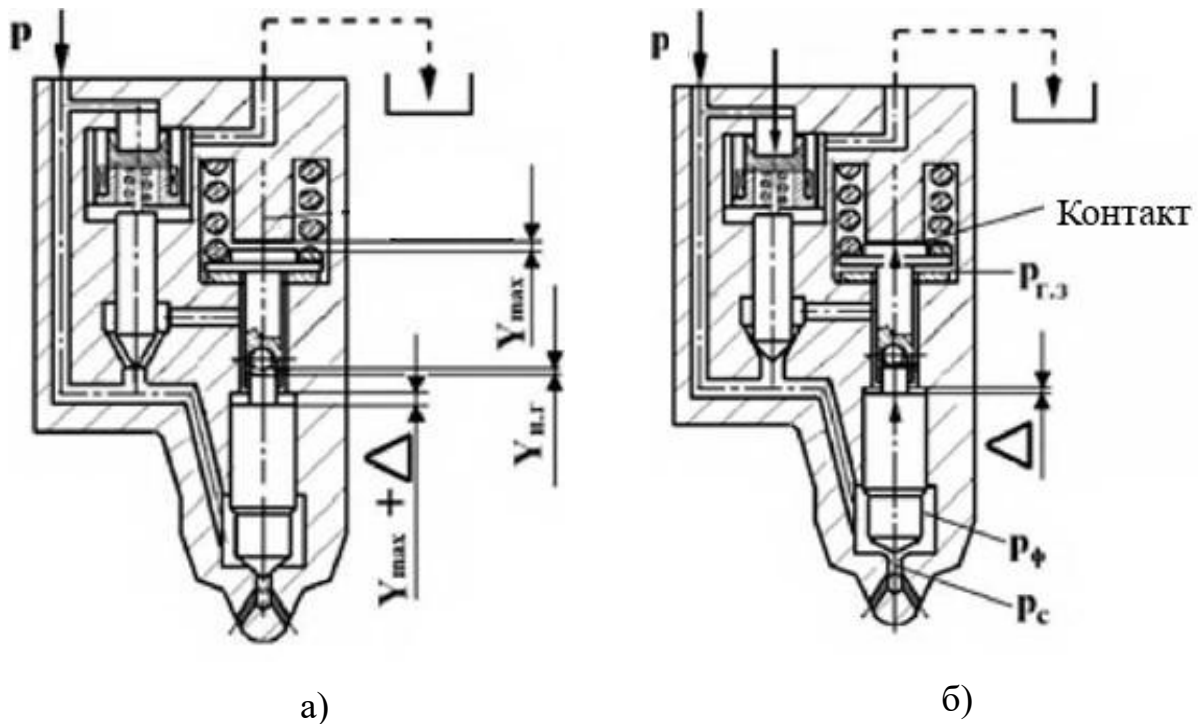


Рисунок 4.4 – Схема роботи форсунки з обмеженням підйому її голки за допомогою упору, поєднаного з витіснювачем палива з гідрозамикальної камери перед початком впорскування палива (а), та при максимальному підйомі голки (б).

Що стосується мінімізації плями контакту, тут, як уже зазначалося, існує ризик підвищеного сплюснення торцевої поверхні голки. Однак цій проблемі можна ефективно запобігти шляхом зменшення енергії удару голки об нерухомий основний упор. Насамперед, це досягається зниженням маси рухомих деталей форсунки, що є стандартною практикою у більшості сучасних конструкцій.

Ще більший ефект дає зменшення швидкості голки безпосередньо перед ударом, оскільки кінетична енергія рухомих мас пропорційна квадрату їх швидкості. Контроль швидкості можна реалізувати шляхом регулювання тиску гідрозамикання на завершальному етапі підйому голки, наприклад,

короткочасним відкриттям перепускного клапана. Такий підхід дозволяє значно знизити ударне навантаження на торцеву поверхню голки, зменшити знос деталей і підвищити надійність роботи форсунки.

У цьому випадку поточний тиск $P_{гз}$ у гідрозамикальній камері перевищує тиск $P_{гзз}$ гідрозамикання в момент закриття перепускного клапана і виконує роль буфера, пом'якшуючи силу удару голки об основний упор.

Щоб голка не відскакувала від упору відразу після підйому, має виконуватися умова:

$$f_{и} p_{г.з} + P_{пр.и_{max}} \leq (f_{и} - f'_{и}) p_{ф} + f'_{и} p_{с} \quad (4.9)$$

З неї визначають гранично допустиме значення тиску $P_{гзгр}$ у гідрозамикальній камері під час посадки голки на основний упор (4.10).

Цікавим є також підхід, який дозволяє зменшити швидкість посадки голки в кінці її підйому за рахунок збільшення прецизійного зазору в парі «голка – корпус розпилювача». Витік палива з-під голки у гідрозамикальну камеру через цей зазор під час її підйому та насосний ефект голки сприяють підвищенню тиску в керуючій камері перед посадкою на нерухомий упор. Одночасно збільшений зазор робить процес виробництва форсунок більш технологічним. Ефект від цього зростає зі зменшенням об'єму гідрозамикальної камери. При цьому в кінці підйому голки повинна дотримуватися умова:

$$p_{г.згр} \leq p_{ф} - \frac{P_{пр.и_{max}}}{f_{и}} \quad (4.10)$$

Останнім часом отримали широке поширення малогабаритні розпилювачі з діаметром направляючої голки 4 мм. Для прискорення спрацьовування в кінці подачі палива у форсунках із такими розпилювачами застосовується робочий поршень (рис. 4.5): збільшення його площі підвищує силу, що діє з боку гідрозамикальної камери, що призводить до зменшення швидкості підйому голки та одночасного збільшення швидкості її опускання.

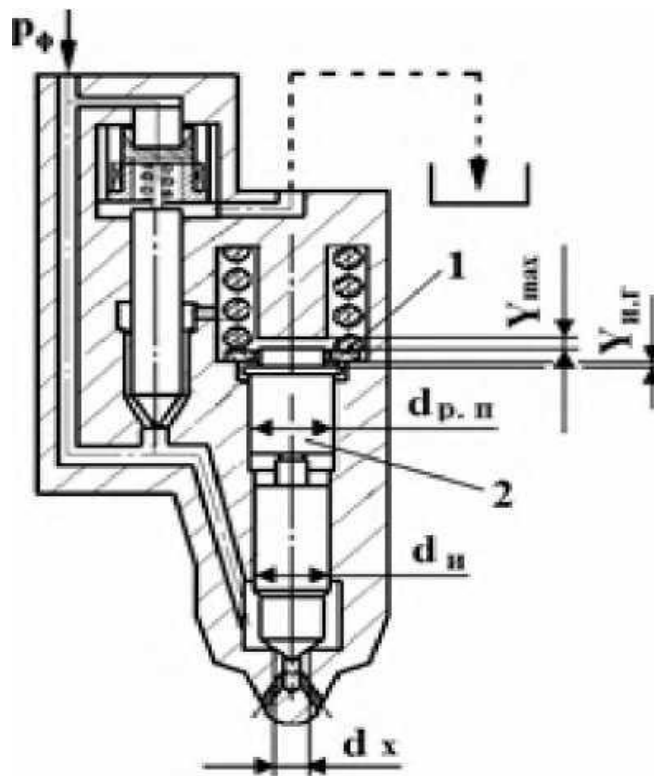


Рисунок 4.5. Схема електрогідравлічної форсунки з малогабаритним розпилювачем і робочим поршнем: 1 – рухомий упор; 2 – робочий поршень.

Особливо важливо правильно визначити граничні значення діаметра робочого поршня, оскільки від цього залежить точність відкриття та закриття голки форсунки, а також надійність її роботи під високим тиском.

Мінімальний діаметр $d_{рп\ min}$ встановлюється за простою залежністю $d_{рп\ min} = d_u$.

Це забезпечує мінімальний об'єм робочої порожнини поршня, який достатній для забезпечення підйому голки при нормальних умовах, і водночас запобігає передчасному спрацюванню або «пульсаціям» тиску в гідрозамикальній камері.

Максимальний діаметр $d_{рп\ max}$ визначається розрахунково, виходячи з умови початку підйому голки при граничних значеннях тиску P_{ϕ} (4.11):

$$(f_{и} - f'_{и})P_{\phi.o} + f'_{и}P_{ц} = f_{р.п}P_{г.з.з} \quad (4.11)$$

При перевищенні цього діаметра зростає сила, що діє на голку з боку гідрозамикальної камери, що може призвести до надмірного зусилля підйому,

прискореного зносу торцевих поверхонь голки та упору, а також до порушення оптимальної форми розпилу палива.

Таким чином, точне визначення $d_{rp\ min}$ і $d_{rp\ max}$ дозволяє забезпечити баланс між швидкістю підйому і опускання голки, енергією удару при посадці на упор, гідравлічною стабільністю системи та технологічністю виготовлення форсунки. Це є критичним для досягнення високої надійності та ефективності роботи дизельних форсунок у сучасних двигунах.

Розглянемо схему впливу $d_{rp\ min}$ і $d_{rp\ max}$ на роботу голки форсунки.

1. Мінімальний діаметр $d_{rp\ min}$

- Встановлює мінімальний об'єм робочої порожнини поршня.
- Забезпечує достатню силу для підйому голки.
- Зменшує ризик передчасного спрацьовування та гідравлічних «пульсацій».

2. Максимальний діаметр $d_{rp\ max}$.

- Визначається розрахунково при граничному тиску $P_{ф0}$.
- Збільшує силу підйому голки, зменшуючи швидкість її підйому та пом'якшуючи удар об упор.
- Надмірне перевищення може призвести до швидкого зносу торцевих поверхонь та порушення форми розпилу.

3. Взаємозв'язок з гідрозамикальною камерою

- Зменшення швидкості підйому голки знижує кінетичну енергію удару.
- Підтримка оптимального тиску в гідрозамикальній камері запобігає відскоку голки після її посадки.

Максимальне значення площі робочого поршня (f_{pah}) можна визначити з умови, коли досягається мінімальний тиск у розпилювачі $P_{гззmin} = p_0$ та максимальний тиск у підголковій камері форсунки $P_{ф0max} = p_{lmax}$.

Підставивши ці величини у залежність для визначення шуканої площі робочого поршня:

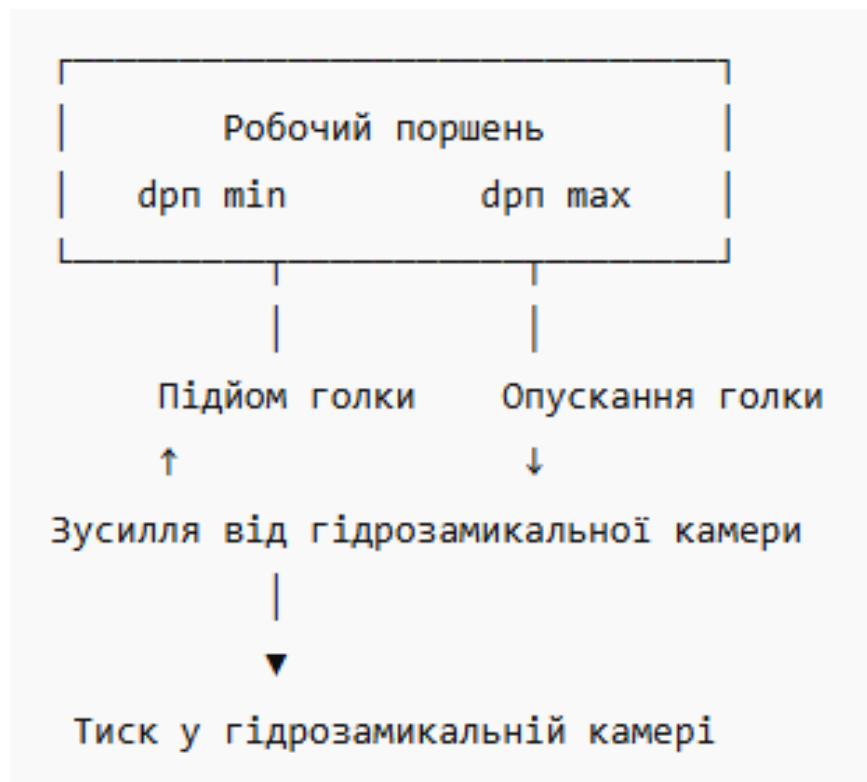
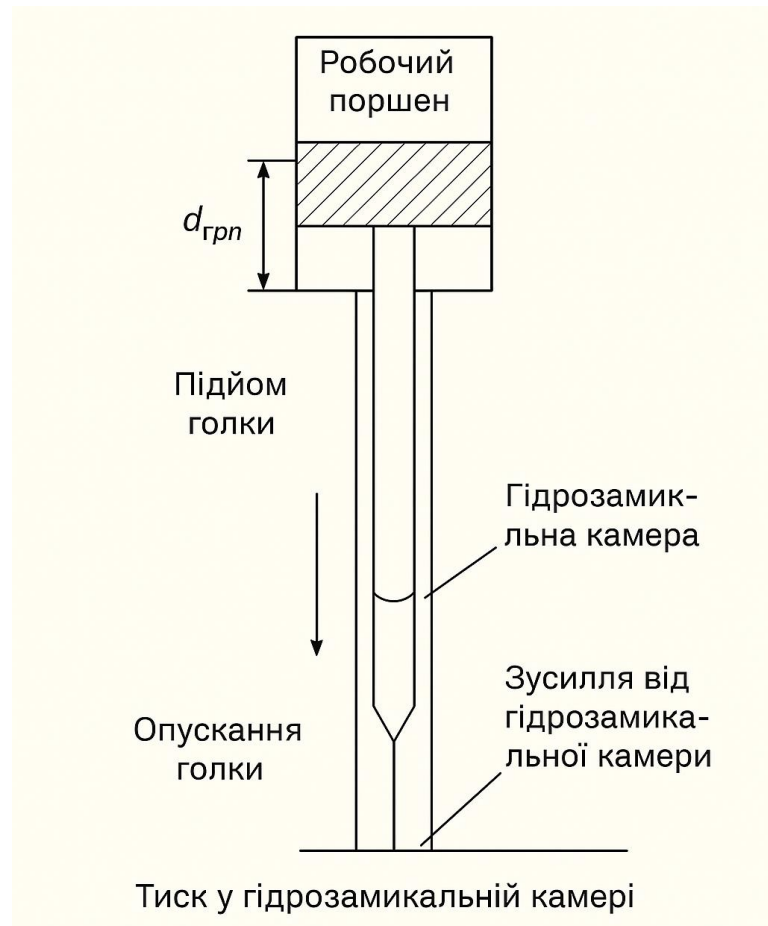


Рисунок 4.6 – Схема впливу мінімального та максимального діаметра робочого поршня на рух голки та тиск у гідрозамикальній камері форсунки

$$(f_{\text{и}} - f'_{\text{и}})p_{\text{ф.о}} + f'_{\text{и}} p_{\text{ц}} = f_{\text{р.п}} p_{\text{г.з.з}} \quad (4.11)$$

$$f_{\text{р.п.мак}} = \frac{(f_{\text{и}} - f'_{\text{и}})p_{\text{ф.мак}} + f'_{\text{и}} p_{\text{ц}}}{p_{\text{о}}} \quad (4.12)$$

Розрахунок проведено для форсунки, призначеної для дизеля, за таких початкових умов:

- $d_o = 0,4$ см – діаметр розпилювача;
- $d_x = 0,2286$ см – діаметр отвору під голку;
- $f_i = 0,126$ см – площа підголкової камери;
- $f_{\gamma} = 0,041$ см – площа перетину голки;
- $f = f_i - f_{\gamma} = 0,126 - 0,041 = 0,085$ см²;
- $p_0 = 25$ МПа – залишковий тиск у магістралі;
- $p_{\text{лmax}} \approx 30$ МПа – максимальний тиск у лінії;
- $p_r = 13$ МПа – розрахунковий тиск відкриття;
- $l = 0,25$ мм – хід голки;
- $K = 0,05$ мм – коефіцієнт пружної деформації;
- $T_1 = 834$ Н – зусилля попереднього стиску пружини;
- $C_{pi} = 30$ кг/мм – жорсткість пружини.

Максимальна площа робочого поршня – $S_{\text{р.рmax}} = 0,259$ см²;

Максимальний діаметр робочого поршня – $d_{\text{р.рmax}} = 5,74$ мм.

Таким чином, теоретично обчислений оптимальний діаметр робочого поршня становить $\approx 5,7$ мм, що узгоджується з типовими значеннями для автотракторних форсунок (6 мм). Це підтверджує правильність обраного діапазону та дає можливість для подальшої оптимізації параметрів паливної апаратури.

З точки зору технологічності виготовлення форсунок і розпилювачів, запропоноване початкове значення максимального діаметра робочого поршня не можна вважати оптимальним. Реалізація такого розміру потребувала б істотної модернізації виробничої оснастки та внесення змін у технологічний процес, що є економічно невиправданим.

Для порівняння, у серійних розпилювачах автотракторних дизелів діаметр прецизійної направляючої зазвичай становить 6 мм, тоді як у тепловозних – 7 – 8 мм. Це свідчить про доцільність прийняття діаметра робочого поршня (d_{pah}) у межах 6 – 7 мм, навіть якщо він буде дещо більшим за розраховане початкове значення. Такий вибір є технічно можливим і відповідає сучасним виробничим стандартам.

Перший варіант є небажаним, оскільки призводить до прояву відомих недоліків паливних систем прямої дії розділеного типу - погіршення стабільності упорскування та зниження надійності. Другий шлях вважається більш ефективним і широко реалізується на практиці у сучасних дизельних двигунах.

Важливим завданням є визначення допустимого максимального тиску в підголковій камері при діаметрі робочого поршня 6 або 7 мм. Використавши залежність встановлюємо такі значення:

$$p_{\Phi_{\max}} = \frac{f_{\text{р.п. max}} p_o - f'_и p_{\text{ц}}}{f_{\text{и}} - f'_и} \quad (4.13)$$

Діаметр робочого поршня, d_{pah} (мм)	Необхідний тиск у підголковій камері, МПа	Еквівалент у кгс/ см ²
6 мм	125,0–130,0	1250,0–1300,0
7 мм	138,0–140,0	1380,0–1400,0

Таким чином, для забезпечення стабільної роботи форсунки доцільно прийняти розрахункове значення максимального тиску не менше 140–145 МПа, що дозволить гарантовано забезпечити початок підйому голки як при діаметрі 6 мм, так і при 7 мм.

Отже, вибір діаметра робочого поршня у межах 6 – 7 мм у поєднанні з підвищенням тиску до 145 МПа забезпечує оптимальний баланс між технологічною простотою виготовлення та експлуатаційною надійністю паливної апаратури без потреби радикально змінювати конструкцію чи виробничий процес.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Нормативно-правова база з охорони праці в галузі

Охорона праці визначається законом «Про охорону праці» по основним положеннях конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності. Закон «Про охорону праці» в Україні був прийнятий 21 листопада 2002 року Верховною Радою України. Даний Закон реалізує при участі відповідних державних органів відносини між власниками підприємств, установи і організації і працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища і установлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Чинність цього Закону поширюється на всі підприємства, установи і організації незалежно від форм власності і видів їхньої діяльності. Гарантією права громадян на охорону праці є умови трудового договору, які не можуть містити положень не відповідних законодавчих і інших актів про охорону праці, що діють в Україні.

Державна політика в області охорони праці базується на принципах соціального захисту працівників. Вона гарантує повне відшкодування збитків особам, що постраждали від нещасних випадків на виробництві; використання економічних методів керування охороною праці; проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці, участь держави у фінансуванні мер по охороні праці.

5.2 Заходи з поліпшення умов праці, передбачені у кваліфікаційній роботі

Для забезпечення безпечних і комфортних умов праці працівників, особливо у зоні ТО-2, у кваліфікаційній роботі запропоновано такі заходи:

1. Організаційні заходи.

- Своєчасний інструктаж з охорони праці, дотримання правил безпеки та техніки руху.
- Контроль за виконанням правил механічної експлуатації транспорту, щоб уникнути аварійних ситуацій.

2. Технічні заходи.

Дотримання норм безпечної експлуатації конструкцій, обладнання та підйомно-транспортних засобів.

Проведення планово-запобіжного ремонту устаткування, підйомних механізмів і транспортних машин згідно з нормативними документами.

Вибір якісного та надійного обладнання для робіт.

3. Санітарно-гігієнічні заходи.

- Забезпечення достатнього освітлення на робочих ділянках згідно з «Природне і штучне освітлення».

4. Психологічні чинники.

Забезпечення відповідності виконуваної роботи психофізичним можливостям працівників.

5. Захист від ураження електричним струмом

Використання захисного заземлення для запобігання ураженню струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання.

6. Захист від вібрації.

Використання спеціальних засобів:

Віброізоляторів (пружинних, пневматичних, гумових).

7. Захист від пилу та шкідливих виділень.

Забезпечення спеціального захисту в конкретних зонах:

Мийне відділення: захист від надмірної вологи та розчинників.

Малярне відділення: видалення фарбувального пилу і парів розчинників.

Акумуляторна зона: контроль рівня аерозолів кислот.

Зварювальні пости: видалення зварювальних аерозолів і пилу.

В'їзди та коміри: повітряні завіси для захисту від запиленого повітря зовні.

8. Раціональна колірна обробка.

Використання кольорів відповідно до «Вказівок по проектуванню колірної обробки інтер'єрів»:

Устаткування: ясно-зелений.

Трубопроводи для води: зелений.

Колони та перекриття: білий.

Пожежні засоби: червоний.

9. Пожежна безпека

Установлення пожежогасильних систем і розміщення пожежних щитів із первинними засобами гасіння.

Реалізація цих заходів забезпечить:

Захист здоров'я працівників і створення комфортних умов праці.

Підвищення безпеки робочих процесів та зниження ризиків аварій.

Виконання нормативних вимог щодо охорони праці.

Оптимізацію робочого середовища, сприятливого для ефективної праці.

5.3 Організаційні основи аварійно-рятувальних та невідкладних робіт

Формування оперативної аварійної групи (ОАГ).

До складу входять:

- начальник АТП або його заступник;
- інженер з охорони праці;
- майстер зміни;
- електрик;
- фахівець паливної дільниці.

Обов'язки ОАГ:

- оцінити масштаб НС;
- прийняти рішення щодо локалізації;
- координувати евакуацію та виклик спеціальних служб.

План локалізації і ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС).

ПЛАС визначає:

- обстановку, що може скластися під час аварії;

- порядок знеструмлення;
- маршрути евакуації;
- місця встановлення вогнегасників і засобів хімзахисту;
- порядок взаємодії з ДСНС.

5.4 Проведення аварійно-рятувальних робіт у разі аварії паливної системи

Дії персоналу при раптовому витокі палива.

1. Негайно припинити роботу обладнання.
2. Відключити електроживлення робочої зони.
3. Локалізувати пролив сорбентом або піском.
4. Евакуювати людей відповідно до плану етажності.

Ліквідація загоряння бензину.

Вогнегасники, що застосовуються:

- вуглекислотні (ВВК-3, ВВК-5);
- порошкові (П-3, П-5).

Не допускається:

- гасіння водою;
- використання мокрих ганчірок;
- робота без ЗІЗ органів дихання.

Аварія на стенді перевірки форсунок.

Можливі ситуації:

- пробиття корпусу форсунки;
- вибух розпилювальної камери;
- розрив шланга високого тиску.

Дії:

- негайне знеструмлення;
- герметизація;
- евакуація;
- виклик спеціалістів ОАГ та ДСНС.

5.5 Медичне забезпечення та індивідуальний захист персоналу

Посібник з цивільної безпеки передбачає обов'язкову наявність медичних пунктів, аптечок та навченого персоналу, здатного надати першу допомогу при опіках, отруєннях, ураженні електричним струмом та травмах

На ділянці ремонту форсунок обов'язкові:

- фільтрувальні респіратори, діелектричні рукавиці, окуляри, захисний одяг.

У випадку потрапляння розчинників:

- промивання водою; забезпечення доступу до свіжого повітря; звернення до медпрацівника.

Організація та проведення аварійно-рятувальних і невідкладних робіт на АТП, що обслуговує Renault Megane II, є критично важливою складовою техногенної безпеки. Особливості паливної системи та високочастотної роботи форсунок формують підвищені ризики аварій, які можуть спричинити пожежі, вибухи, токсичні ураження або руйнування обладнання. Реалізація запропонованих заходів повністю відповідає вимогам нормативних документів та методичних рекомендацій з цивільної безпеки

5.5 Розрахунок рівня шуму

У виробничому приміщенні встановлено п'ять агрегатів з рівнем шуму (рівнем звукової потужності) кожного $L_n = 85$ дБ. Визначити сумарний рівень шуму L_Σ у виробничому приміщенні на рівновіддаленому від всіх агрегатів робочому місці.

Сумарний шум однакових джерел шуму з рівнем шуму L_n , що створюється кожним джерелом, можна визначити за допомогою рівняння

$$L_\Sigma = L_n + 10 \lg N, \text{ дБ} \quad (5.1)$$

де N - кількість джерел шуму.

Підставивши в рівняння (5.1) числові значення, одержимо:

$$L_\Sigma = 85 + 10 \lg 5 = 85 + 7 = 92 \text{ дБ.}$$

ВИСНОВКИ

У кваліф. роботі було розроблено автотранспортне підприємство, орієнтоване на ТО та ремонт авто Renault Megane II, а також проведено дослідження, присвячене підвищенню швидкості спрацьовування форсунок системи Common Rail. На основі проведеного аналізу, розрахунків, вибору обладнання та розроблення спеціалізованого стенда сформовано комплекс технічних рішень, що забезпечують ефективну роботу проєктованого АТП.

У загально-технічному розділі виконано оцінку сучасного стану ринку автосервісних послуг, характеристик автомобіля Renault Megane II та типових несправностей, що визначають структуру і склад майбутнього підприємства. Встановлено, що широка поширеність моделі, а також значна частка дизельних модифікацій обумовлюють потребу у створенні спеціалізованого сервісного поста з діагностики та ремонту паливної апаратури.

У технологічному розділі визначено трудомісткість ТО і ремонту, річний виробничий обсяг, кількість працівників та необхідну пропускну здатність підприємства. Розраховано оптимальну кількість постів ТО, ТР та допоміжних ділянок. Виконано підбір обладнання, сформовано вимоги до площ виробничих і адміністративних приміщень. Розроблено та проаналізовано генеральний план АТП, що забезпечує безпечний рух автомобілів, логічну структуру потоків та відповідність нормативним вимогам.

У розділі технічного обслуговування наведено особливості проведення регламентних робіт для Renault Megane II, що дозволило адаптувати проєкт до реальних умов експлуатації автомобілів у регіоні.

У конструкторському розділі обґрунтовано вибір об'єкта проєктування – стенда для дослідження швидкодії дизельних форсунок. Розроблено конструкцію стенда, схему роботи, 3D-модель та специфікацію деталей. Проведено необхідні інженерні розрахунки, що вказують на працездатність конструкції і відповідність тех. вимогам.

У науково-дослідному розділі проаналізовано фактори, що впливають на швидкість відкривання та закривання форсунок Common Rail, визначено способи

її підвищення. Застосування розробленого стенда дозволяє оцінювати динаміку роботи форсунок, що може бути використано для оптимізації процесів діагностики та ремонту сучасних дизельних систем уприскування.

В результаті виконання проєкту створено технічно обґрунтовану модель автотранспортного підприємства, здатного забезпечити якісне ТО та ремонт Renault Megane II, включаючи високоточну діагностику форсунок. Запропоновані рішення мають практичну цінність, можуть бути реалізовані у реальних умовах та сприятимуть підвищенню ефективності роботи СТО, зниженню експлуатаційних витрат і покращенню екологічних характеристик автомобілів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Bosch Automotive Handbook. – Robert Bosch GmbH, 2021.
2. Bosch. Diesel Engine Management: Systems and Components. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2019.
3. Renault Megane II. Service Manual. – Renault S.A., 2003–2009.
4. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: підручник. – К.: Арістей, 2005. – 476 с.
5. Автомобілі. Теорія: навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
6. 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.
7. Канарчук В.Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах - К.: Логос, 1996. - 348 с.
8. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.
9. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів: Підручник. – К.: Либідь. 2006. – 400 с.
10. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. – м. Харків, 1991р.-274с.
11. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів» для здобувачів освітнього ступеня магістр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Ткаченко І.Г., Левкович М.Г. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 118 с .
12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
13. Мигаль, В. Д. Методи технічної діагностики автомобілів: навч. посібник / В.Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014

14. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
15. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.
16. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108
17. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
18. Сахно В. П., Григоращенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
19. Стручок В.С. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.
20. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі: Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
21. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
22. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017 – 324 с.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Розрахунок трудомісткості ТО та ремонту автомобілів Skoda Favorit
 i – рік експлуатації автомобіля від моменту його реалізації (від $i = 1$ до $i = N$);

A_i – кількість автомобілів Skoda Favorit, що були продані або прийняті на обслуговування у i -му році;

K_i – частка автомобілів i -го року продажу / експлуатації, які є клієнтами підприємства;

Z_i – середня кількість заїздів на ТО і ТР за рік;

T_i – трудомісткість одного заїзду, люд. год;

$A_{нов}$ – кількість прийнятих нових авто (враховуючи імпортовані або після капітального ремонту);

$T_{ппн}=3,5$ люд. год – трудомісткість передпродажної підготовки нових автомобілів;

$A_{б/в}=150$ авто – річний обсяг прийому автомобілів з пробігом;

$T_{ппб/в}=4,5$ люд. год – трудомісткість їх передпродажної підготовки.

2.2 Розподіл обсягів робіт та визначення кількості постів ТО і ТР
 $\varphi=1$ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів;

$n_{п}=0,9$ – коефіцієнт використання робочого часу поста;

$\Phi_{РВ}$ – фонд робочого часу поста за рік;

$T_{річн}$ – річний обсяг робіт (для нашого АТП — 7951 люд. год;

D_p – робочі дні в рік;

$T_{см}$ – продовжність зміни, год;

c – кількість змін;

$P_{п}$ – кількість працівників на пості, од.

2.3 Розрахунок чисельності виробничих робітників

$T_{Г}$ – річний обсяг робіт, чел. год;

$F_{Г}$ – річний фонд часу одного технологічно необхідного робітника, для нормальних умов приймаємо $F_{Г}=2070$ год/рік.

$F_{\text{ш}}=1830$ год/рік – річний фонд часу штатного робітника,

T_{Γ} – річна трудомісткість відповідних постів.

2.4 Автомобіле-місця очікування та зберігання

$m=9$ – загальна кількість виробничих постів (ТО і ТР, діагностика, мийка, розвал-сходження, агрегати, ППП, додаткове обладнання);

$m_{\text{повн}}=7$ – кількість робочих постів, включаючи діагностику та мийку.

2.5 Визначення складу та площ приміщень

f_i – площа автомобіля i -ої моделі у плані, м^2 ;

x_i – кількість автомобілів i -ої моделі в зоні;

$K_{\text{п}}=5-7$ – коефіцієнт щільності (беремо 6 для розрахунків);

M – кількість моделей у зоні.

3.4 Розрахунок елементів стенда

$b=0,04$ м;

$h=0,06$ м;

$t=0,003$ м;

$b_{\text{вн}}=b-2t=0,034$ м;

$h_{\text{вн}}=h-2t=0,054$ м;

a – катет шва, $a=4$ мм= $0,004$ м.