

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 двигунів Y30XE автомобілів Opel Omega (B) з
дослідженням процесу згоряння палива в циліндрах бензинових двигунів
внутрішнього згоряння.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Михайло ОЛІЙНИК

(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 Олійнику Михайлу Андрійовичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту двигунів Y30XE автомобілів Opel Omega (B) з дослідженням процесу згоряння палива в циліндрах бензинових двигунів внутрішнього згоряння.

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 №4/7-972

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес обслуговування автомобілів: Opel Omega (B)

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)

Типові несправності ДВЗ X20XEV і Y30XE та діаграма впровадження спеціалізованого обладнання – 1 аркуш формату A1. ТО ДВЗ X20XEV і Y30XE – 2 аркуші формату A1.

Пристрій для виприсовування втулок та розсухарювач клапанів – 1 аркуш формату A1. План ділянки розбирання ДВЗ – 1 аркуш формату A1. Наукові дослідження – 3 аркуші формату A1.

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему: «Проект автотранспортного підприємства для виконання технічного обслуговування та ремонту двигунів Y30XE автомобілів Opel Omega (B) з дослідженням процесу згоряння палива в циліндрах бензинових двигунів внутрішнього згоряння.», виконана студентом групи МАМ-62 ТНТУ імені Івана Пулюя Олійником Михайлом Андрійовичом. Керівник роботи – к.т.н., доц. Левкович М.Г.

Пояснювальна записка містить 66 аркушів формату А4, додатки та 8 аркушів формату А1.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, Opel Omega (B), двигун Y30XE, діагностика, процес згоряння, технологічний процес.

У кваліфікаційній роботі розглянуто особливості діяльності автотранспортного підприємства, що виконує технічне обслуговування і ремонт двигунів Y30XE. Наведено характеристику автомобіля Opel Omega (B), проаналізовано умови експлуатації та їх вплив на ресурс силового агрегату.

Технологічна частина містить опис основних операцій обслуговування двигуна Y30XE, методи діагностики систем запалювання, живлення й охолодження, а також вимоги до технічного стану з урахуванням сервісних регламентів. Надано рекомендації щодо підвищення ефективності робіт та забезпечення надійності ДВЗ.

У конструкторському розділі представлено два спеціальних пристрої: стенд для розбирання двигуна та пристрій для розтискання клапанів. Подано їх конструкцію, принцип роботи та результати міцнісних перевірок, що підтверджують можливість застосування у моторній дільниці АТП.

Науково-дослідна частина присвячена аналізу процесу згоряння палива в бензиновому двигуні. Розглянуто фактори, що впливають на повноту згоряння, економічність і токсичність відпрацьованих газів, а також визначено шляхи покращення роботи двигуна Y30XE.

У розділі з охорони праці наведено вимоги безпеки до виконання робіт на СТО.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Загальні відомості про Opel Omega (B)	9
1.2 Особливості ТО ДВЗ Х20ХЕV і Y30ХЕ	9
1.3 Особливості експлуатації та вплив умов Тернопільського регіону на ресурс двигунів	12
1.4 Системи контролю, діагностики та оцінки процесу згоряння в двигунах Y30ХЕ	12
1.5 Вимоги до персоналу та організації робочих місць для обслуговування і ремонту двигунів Y30ХЕ	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Розрахунок сумарного річного пробігу	16
2.2 Попередня оцінка виробничої потужності	17
2.3 Розрахунок виробничої програми з ТО і ПР	17
2.4 Розрахунок чисельності виробничих робітників	18
2.4.1 Необхідна кількість виробничих робітників	18
2.4.2 Штатна чисельність	19
2.5 Розрахунок чисельності допоміжних робітників	20
2.6 Кількість постів в і автомобіле-місць	21
2.6.1 Пости ТО і ПР	21
2.6.2 Додаткові пости	22
2.6.3 Місця очікування ТО і ПР	24
2.7 Річний обсяг робіт	25
2.8 Робітники моторної дільниці	26
2.9 Пости моторної дільниці	26
2.10 Розрахунок площі моторної дільниці	26
2.11 Графічне визначення площі моторної дільниці	28
2.12 Перелік обладнання моторної дільниці	29
2.13 Вплив конструктивних особливостей двигуна Y30ХЕ на технологію	

його технічного обслуговування та ремонту	31
2.14 Обслуговування ДВЗ Y30XE	33
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Пристрій для розбирання двигуна внутрішнього згоряння	43
3.1.1 Призначення пристрою	43
3.1.2 Опис конструкції	44
3.1.3 Розрахунок міцності основних елементів	44
3.2 Пристрій для розтискання клапанів (розсухарювач)	45
3.2.1 Призначення пристрою	45
3.2.2 Опис конструкції	45
3.2.3 Принцип роботи	46
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
4.1. Дослідження процесу згоряння палива в циліндрах бензинових двигунів	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Оцінка небезпеки радіоактивного забруднення місцевості	59
5.2 Розрахунок по шуму	62
ВИСНОВКИ	64
БІБЛІОГРАФІЯ	65
ДОДАТКИ	67

ВСТУП

Автомобільний транспорт відіграє ключову роль у транспортній інфраструктурі України та, зокрема, Тернопільської області. Зростання кількості транспортних засобів індивідуального користування створює підвищене навантаження на станції ТО та ремонтні підприємства. Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації автомобілів необхідно мати сучасну виробничо-технічну базу, здатну виконувати діагностику, ТО і ремонт складних вузлів, насамперед двигунів внутрішнього згоряння.

Сучасні автомобільні двигуни, серед яких бензиновий Y30XE, що встановлювався на Opel Omega (B), відзначаються високою конструктивною складністю, вимогливістю до умов експлуатації та необхідністю використання спеціалізованого технологічного обладнання при ремонті. Для більшості власників таких автомобілів, а також для невеликих підприємств, утримання власної ремонтної бази є економічно недоцільним, тому потреба у кваліфікованих послугах СТО постійно зростає.

У процесі експлуатації технічний стан автомобіля поступово погіршується через зношування, корозію, нагрівні навантаження та втомні процеси в матеріалі деталей. Найбільшу частку відмов становлять саме несправності двигуна — близько половини всіх випадків виходу автомобіля з ладу. Своєчасне технічне обслуговування та діагностування дозволяють запобігти більшості відмов, однак складні двигуни вимагають високого рівня компетентності фахівців та наявності сучасної діагностичної апаратури.

На ринку послуг у місті Тернополі спостерігається тенденція до збільшення кількості СТО, проте лише незначна їх частина спеціалізується на капітальному ремонті сучасних бензинових V-подібних двигунів, таких як Y30XE. У багатьох випадках станції обмежуються заміною вузлів на нові деталі, що істотно збільшує вартість ремонту. При цьому якість запчастин вторинного ринку не завжди відповідає вимогам, а грамотно відновлена деталь може мати ресурс, не менший за ресурс нової.

Відсутність потужних спеціалізованих підрозділів з ремонту складних силових агрегатів у регіоні призводить до збільшення часу простою автомобілів, підвищених витрат власників та зниження технічної готовності транспортних засобів. Тому створення автотранспортного підприємства, здатного забезпечити повний спектр послуг з ТО двигунів Opel Omega (B) Y30XE, є актуальним і соціально значущим завданням.

Важливою складовою в ремонті сучасних двигунів є дослідження процесу згоряння палива в циліндрах, оскільки саме робочий процес визначає паливну економічність, потужність, токсичність відпрацьованих газів та загальний ресурс силового агрегата. Аналіз параметрів згоряння дозволяє встановлювати причини детонації, пропусків запалювання, нестабільності холостого ходу, перегрівання та інших характерних для бензинових двигунів несправностей. Використання сучасних методів діагностики та контролю робочого процесу є частиною якісного ремонту.

Удосконалення технологічного процесу ремонту, підвищення рівня організації виробництва, використання сучасного обладнання та грамотне управління ремонтною ділянкою дозволяють підвищити ефективність роботи автотранспортного підприємства. Результатом є зменшення простою транспортних засобів, зниження витрат на експлуатацію та підвищення технічної готовності автопарку.

Таким чином, проектування автотранспортного підприємства, яке спеціалізується на ТО та ремонті двигунів Y30XE автомобілів Opel Omega (B) у місті Тернополі, є своєчасним та обґрунтованим завданням. Такий проєкт дозволить створити сучасну ремонтну базу, забезпечити високу якість діагностики та обслуговування, впровадити сучасні методи дослідження процесів згоряння, а також задовольнити потреби регіону в кваліфікованих послугах з ремонту складних силових агрегатів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про Opel Omega (B)

Автомобіль Opel Omega (B) належить до класу середньорозмірних седанів бізнес-класу. Його конструкція поєднує комфорт, надійність і високі динамічні характеристики. Модель оснащувалася декількома типами ДВЗ, серед яких найпоширенішими були бензинові силові агрегати X20XEV об'ємом 2,0 л та Y30XE об'ємом 3,0 л. Обидва ДВЗ мають розподільчий впорск палива, електронне керування та систему охолодження рідинного типу.

X20XEV – це рядний чотирициліндровий мотор, що характеризується економічною витратою палива та стабільною роботою при середніх навантаженнях. Натомість Y30XE є шестициліндровим V-подібним двигуном, який забезпечує кращу динаміку, плавність ходу та потужність, необхідну для комфортного пересування на високих швидкостях.

Передбачене поздовжнє розташування ДВЗ, задній привід і незалежну підвіску. Слід враховувати, що більшість вузлів мають обмежений простір для обслуговування, тому проект підприємства повинен передбачати використання спеціалізованого інструменту й підйомного обладнання.

Таблиця 1.1 – Характеристики ДВЗ X20XEV і Y30XE

Параметр	X20XEV	Y30XE
Робочий об'єм, л	2,0	3,0
Кількість циліндрів	4	6
Потужність, к.с.	~136	~211
Крутний момент, Н·м	~185	~270
Середня витрата палива, л/100 км	8,5	10,5

1.2 Особливості ТО ДВЗ X20XEV і Y30XE

Системи ДВЗ потребують регулярного ТО з урахуванням їхніх конструктивних відмінностей. Для X20XEV особливу увагу приділяють стану системи упорскування палива, датчиків електронного керування та

ущільнювальних елементів ГБЦ. Типовими несправностями є підтікання масла, нестабільна робота на холостому ходу та зниження компресії в окремих циліндрах.

Для Y30XE основними проблемними зонами є система змащування, гідрокомпенсатори клапанного механізму та охолодження. Через складність конструкції та щільне компонування вузлів, ремонт цього двигуна потребує застосування діагностичних стендів, обладнання для зняття навісних агрегатів і пристроїв для перевірки тиску в системі змащування.

Таблиця 1.2 – Порівняння типових несправностей

Компонент	X20XEV	Y30XE
Система упорскування	часті забруднення форсунок	потребує точного налаштування
ГБЦ / клапани	зниження компресії	складна заміна гідрокомпенсаторів
Система змащування	—	контроль тиску мастила
Система охолодження	підтікання рідини	критична при перегріві

Під час проектування автотранспортного підприємства враховано потребу у створенні спеціалізованого діагностичного поста, обладнаного комп'ютерною системою сканування, вимірювальними приладами для контролю електричних параметрів і пристроями для очищення паливної системи. Передбачено також ремонтну дільницю двигунів, оснащену стендом для перевірки компресії, пристроями для демонтажу ГБЦ, очищення клапанів і випробування систем охолодження.

Забезпечення якісного обслуговування двигунів X20XEV і Y30XE можливе лише за умови використання сучасного обладнання, дотримання

технологічної послідовності операцій і кваліфікованої роботи персоналу. Це підвищує надійність силових агрегатів, подовжує строк їх експлуатації та зменшує витрати власників автомобілів на ремонт.

На рис 1.1 наведено результати оцінки ефективності впровадження сучасного обладнання на АТП.

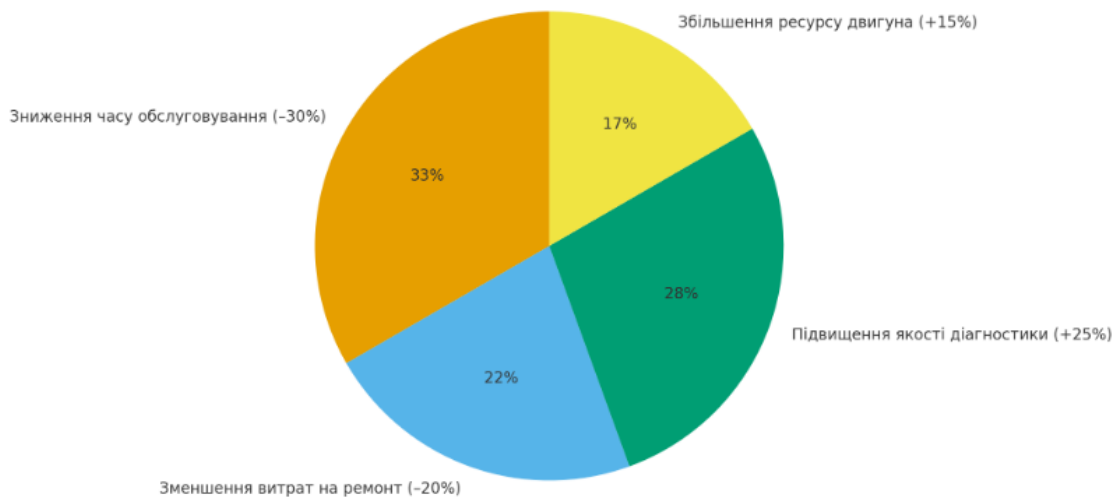


Рисунок 1.1 – Впровадження спеціалізованого обладнання ТО X20XEV і Y30XE

Згідно з даними, найбільший позитивний вплив спостерігається у зменшенні часу проведення ТО – приблизно на 30%, що зумовлено використанням комп'ютеризованих систем діагностики, стендів для перевірки компресії та пристроїв для очищення паливної системи.

Застосування спеціалізованого обладнання також сприяє зниженню витрат на ремонт на 20 %, оскільки зменшується потреба у повторних роботах та неправильно встановлених деталях.

Підвищення якості діагностики на 25% забезпечується точністю електронних вимірювальних систем і можливістю комплексної перевірки параметрів ДВЗ без його демонтажу.

Крім того, за рахунок своєчасного виявлення несправностей і покращення умов ТО, ресурс ДВЗ зростає орієнтовно на 15 %.

1.3 Особливості експлуатації та вплив умов Тернопільського регіону на ресурс двигунів

Умови експлуатації автомобілів на території м. Тернополя і області суттєво впливають на ресурс силових агрегатів Opel Omega (B). Основним фактором є різкі сезонні коливання температури, часті короткі міські поїздки, підвищена вологість та нерівномірний дорожній рельєф.

Короткі поїздки в зимовий період призводять до неповного прогрівання двигунів X20XEV і Y30XE, що сприяє:

- накопиченню конденсату в мастилі;
- підвищеному вмісту сажі;
- прискореному зношуванню підшипників колінчастого вала;
- утворенню нагару на поршневих кільцях та клапанах.

В умовах міського режиму руху з постійними зупинками навантаження на систему охолодження зростає, що особливо критично для двигуна Y30XE із його високою тепловою напруженістю. Водночас часто змінювані швидкісні режими та робота на низьких обертах сприяють забрудненню паливної системи.

Для продовження ресурсу двигунів у регіональних умовах необхідно дотримуватися посиленого регламенту ТО, зокрема:

- скорочувати інтервал заміни моторної оливи;
- виконувати сезонну діагностику системи охолодження;
- контролювати роботу системи вентиляції картерних газів;
- регулярно перевіряти стан свічок запалювання та катушок.

1.4 Системи контролю, діагностики та оцінки процесу згоряння в двигунах Y30XE

Процес згоряння у бензинових ДВЗ є основним показником їх технічного стану та ефективності роботи. Двигун Y30XE, будучи 6-циліндровим V-подібним агрегатом, характеризується складною взаємодією газодинамічних, теплових і механічних процесів, що потребує точного діагностичного підходу.

Для оцінки процесу згоряння найчастіше застосовують:

- аналіз кривої тиску в циліндрі;
- визначення швидкості підйому тиску;
- контроль параметрів сумішоутворення;
- аналіз рівномірності роботи циліндрів;
- діагностику пропусків запалювання у динамічному режимі.

Важливим індикатором є якість запалювання, оскільки неправильний момент займання або нестабільна іскра призводять до неповного згоряння палива, детонації та збільшення токсичності ОГ. Двигун Y30XE оснащений системою електронного керування, здатною фіксувати відхилення у роботі окремих циліндрів, однак повноцінний аналіз можливий лише за допомогою мотор-тестера або осцилографа.

Також велику роль відіграє стан паливної системи: забруднені форсунки або знижений тиск палива спричиняють збіднення суміші, що негативно позначається на рівномірності згоряння.

Відновлення оптимального процесу згоряння є ключовою умовою якісного ремонту двигуна Y30XE, оскільки саме робочий процес визначає потужність, економічність та довговічність силового агрегата.

1.5 Вимоги до персоналу та організації робочих місць для обслуговування і ремонту двигунів Y30XE

ДВЗ Y30XE, якими комплектувалися автомобілі Opel Omega (B), потребують високої кваліфікації персоналу та належної організації робочих місць. Складність конструкції цього силового агрегату, багатокomпонентність його систем, наявність електронних засобів керування та підвищені вимоги до точності вимірювань обумовлюють необхідність спеціальної підготовки механіків і використання відповідного технологічного обладнання.

Фахівці, що беруть участь у обслуговуванні та ремонті двигуна Y30XE, повинні володіти такими компетентностями:

- знання конструктивних особливостей V-подібних бензинових двигунів та принципів їх роботи;
- уміння проводити комплексну діагностику систем керування двигуном (ECU, датчики, виконавчі механізми);
- навички роботи з мотор-тестерами, осцилографами, діагностичними сканерами;
- здатність визначати несправності за параметрами процесу згоряння, формою імпульсів запалювання та сигналами датчиків;
- досвід проведення робіт з демонтажу, ремонту та установлення елементів ГРМ, впускної та паливної систем;
- знання вимог техніки безпеки при роботі з бензиновими двигунами та легкозаймистими рідинами.

У сучасних умовах персонал повинен періодично проходити підвищення кваліфікації, оскільки технології діагностики та особливості вторинного ринку запчастин постійно змінюються. Особливої уваги потребують питання роботи з електронними системами керування, оскільки саме вони визначають процеси сумішоутворення та згоряння.

Робоче місце для обслуговування двигуна Y30XE необхідно облаштовувати з урахуванням доступності до вузлів, безпеки працівника та зручності виконання технологічних операцій. Основні вимоги включають:

- достатній простір для демонтажу крупних елементів, зокрема впускного колектора, модулів запалювання, навісного обладнання;
- наявність силових підйомників, опорних стендів та регульованих столів для роботи з важкими агрегатами;
- організована система зберігання інструменту, що дозволяє швидко отримати доступ до спеціалізованих ключів, знімачів та фіксаторів ГРМ;
- відокремлена зона для діагностики, обладнана мотор-тестером, газоаналізатором, стендом перевірки форсунок та приладами контролю тиску в системах двигуна;

- достатнє освітлення, яке забезпечує точне виконання робіт із дрібними деталями і електронними компонентами;
- припливно-втяжна вентиляція, обов'язкова для роботи з відпрацьованими газами та випарами палив.

Окремо слід передбачити місце для очищення деталей від нагару та відкладень, оскільки двигун Y30XE чутливий до стану впускного тракту і паливних форсунок. Використання ультразвукових мийок, хімічних розчинів та спеціальних щіток забезпечує якісну підготовку деталей до складання.

Для забезпечення точності діагностики та якості ремонту робоче місце має бути оснащено сучасним обладнанням, зокрема:

- діагностичним сканером з підтримкою Opel та OBD-II розширених протоколів;
- мотор-тестером для аналізу процесу згоряння;
- осцилографом для побудови діаграм вторинної напруги;
- стендом для промивки та тестування паливних форсунок;
- приладами для вимірювання компресії, тиску у впускному тракті та тиску палива;
- спеціалізованим інструментом для фіксації розподільних валів та колінчастого вала.

Також необхідно забезпечити використання високоякісних мастильних матеріалів, технічних рідин та витратних матеріалів, рекомендованих для двигуна Y30XE, оскільки від них залежить стабільність роботи системи ГРМ, гідрокомпенсаторів та системи змащення.

Компетентність персоналу та правильно організоване робоче місце є ключовими умовами успішного обслуговування та ремонту двигунів Y30XE. Складна конструкція цього силового агрегату потребує спеціального інструменту, сучасної діагностичної апаратури та високої культури виконання робіт. Відповідний рівень підготовки персоналу дозволяє скоротити тривалість ремонту, підвищити якість виконаних операцій та забезпечити надійність роботи автомобілів Opel Omega (B) в умовах експлуатації на території Тернопільського регіону.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок сумарного річного пробігу

Для проекрованої станції в м. Тернополі приймаються такі розрахункові величини:

Кількість авто, що проходять обслуговування: $N = 1320$ автомобілів/рік.

Тип СТО: універсальна станція, що виконує роботи з ТО, поточного ремонту, діагностики та мийки.

Структура мийних робіт:

- механізована мийка – 45 %;
- ручна шлангова мийка (поглиблена) – 55 %.

Кількість заїздів одного автомобіля для протикорозійної обробки:

$n_{\text{ПК}} = 1$ раз на рік (поширено в регіоні через зимові реагенти).

Середньорічний пробіг автомобіля:

$$L_{\text{сер}} = 16\,500 \text{ км}$$

Середня кількість заїздів одного авто на СТО за рік:

$$n = 2 \text{ заїзди.}$$

Режим роботи:

- кількість робочих днів на рік – $D=310$;
- кількість змін – $C=1$;
- тривалість зміни – 8 годин.

Сумарний річний пробіг авто, що обслуговуються на СТО в м. Тернополі, визначається:

$$L\Sigma = N \cdot L_{\text{сер}}. \quad (2.1)$$

Підстановка значень:

$$L\Sigma = 1320 \cdot 16500 \text{ км/рік.}$$

$$L\Sigma = 21\,780\,000 \text{ км/рік.}$$

Отже, загальний річний пробіг ТО, що проходять обслуговування на СТО у м. Тернополі, становить: $\approx 21,8$ млн км/рік.

2.2 Попередня оцінка виробничої потужності

З урахуванням обсягів обслуговування (1320 автомобілів), сумарного пробігу (21,8 млн км/рік) та збільшеної кількості робіт мийки і діагностики, для проектованої станції доцільно прийняти:

7 робочих постів, з яких:

4 – універсальні пости ТО і ремонту; 1 – пост діагностики;

1 – пост мийки; 1 – пост антикорозійної обробки.

Таке планування дозволяє:

- зменшити час простою автомобілів;
- забезпечити рівномірне завантаження персоналу;
- виконувати роботи в одинарну зміну без накопичення черги;
- оптимально використати площу станції в межах міста Тернополя.

2.3 Розрахунок виробничої програми з ТО і ПР

Трудомісткість робіт із протикорозійної обробки:

$$T_{\text{ПК}} = N \cdot n_{\text{ПК}} \cdot t_{\text{ПК}} \quad (2.2)$$

Для умов експлуатації автомобілів у м. Тернополі приймаємо:

$N = 1320$ автомобілів/рік;

$n_{\text{ПК}} = 1$ раз/рік;

$t_{\text{ПК}} = 1,6$ люд · год.

Підставляємо:

$$T_{\text{ПК}} = 1320 \cdot 1 \cdot 1,6 = 2112 \text{ люд год.}$$

Розподіл загальної трудомісткості дає змогу визначити навантаження на пости та дільниці, а також розрахувати необхідну чисельність виробничих робітників.

На основі попередніх розрахунків та прийнятої структури робіт загальна річна трудомісткість ТО, ПР, мийних та супутніх операцій по СТО в м. Тернополі становить орієнтовно 186000 люд · год. Розподіл її за видами робіт наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розподіл обсягу робіт за видами та місцем їх виконання

Вид робіт	Частка від загальної трудомісткості, %	Трудомісткість, люд · год/рік	Розподіл за місцем виконання, %	Трудомісткість на постах, люд · год/рік	Трудомісткість на дільницях, люд · год/рік
Діагностичні	4	7440	100	7440	–
ТО в повному обсязі	12	22320	100	22320	–
Змащувальні роботи	3	5580	100	5580	–
Регулювання кутів установлення коліс	4	7440	100	7440	–
Ремонт і регулювання гальм	5	9300	90	8370	930
Електротехнічні роботи	6	11160	70	7812	3348
Роботи по приладах системи живлення	5	9300	60	5580	3720
Акумуляторні	3	5580	20	1116	4464
Шиномонтажні	4	7440	40	2976	4464
Ремонт агрегатів і вузлів	14	26040	50	13020	13020
Кузовні, арматурні, зварювальні	11	20460	20	4092	16368
Офарбувальні	10	18600	10	1860	16740
Обойні, салонні	3	5580	40	2232	3348
Уборочно-мийні	8	14880	100	14 880	–
Протикорозійні роботи	4	7440	100	7440	–

2.4 Розрахунок чисельності виробничих робітників

2.4.1 Необхідна кількість виробничих робітників

Чисельність робітників на постах і у виробничих дільницях визначається:

$$R_{\text{тех}} = \frac{T}{F_{\text{РВ}}} \quad (2.3)$$

Для умов роботи СТО в м. Тернополі теоретичний фонд часу становить 3108 = 2480 год/рік. Приймаємо:

$$F_{\text{РВ}} = 2000 \text{ год/рік.}$$

2.4.2 Штатна чисельність

Штатне (прийняте) число:

$$R_{\text{шт}} = \frac{T}{F_{\text{Р}}} \quad (2.4)$$

Для подальших розрахунків приймаємо:

$$F_{\text{Р}} = 1760 \text{ год/рік.}$$

Таблиця 2.2 – Технологічно необхідна та штатна чисельність робітників

Вид робіт	Днів роботи на рік	Змінність	Номінальний фонд часу $F_{\text{РВ}}$, год/рік	Річна трудомісткість, люд · год	Розрах. число технологічних робітників	Прийнято, осіб	Ефективний фонд, год/рік	Розрах. штатна чисельність	Прийнято, осіб
Діагностичні	310	1	2000	7440	3,72	4	1760	4,23	4
ТО в повному обсязі	310	1	2000	22320	11,16	11	1760	12,68	13
Змашувальні роботи	310	1	2000	5580	2,79	3	1760	3,17	3
Регулювання кутів установлення коліс	310	1	2000	7440	3,72	4	1760	4,23	4
Ремонт і регулювання гальм	310	1	2000	9300	4,65	5	1760	5,28	5

Електротехнічні (разом – постові + дільничні)	310	1	2000	11160	5,58	6	1760	6,34	6
Прилади системи живлення	310	1	2000	9300	4,65	5	1760	5,28	5
Акумуляторні	310	1	2000	5580	2,79	3	1760	3,17	3
Шиномонтажні	310	1	2000	7440	3,72	4	1760	4,23	4
Ремонт агрегатів і вузлів	310	1	2000	26040	13,02	13	1760	14,79	15
Кузовні, арматурні, зварювальні	310	1	2000	20460	10,23	10	1760	11,62	12
Фарбувальні	310	1	2000	18600	9,30	9	1760	10,57	11
Обойні, салонні	310	1	2000	5580	2,79	3	1760	3,17	3
Уборочно-мийні	310	1	2000	14880	7,44	7	1760	8,46	8
Протикорозійні	310	1	2000	7440	3,72	4	1760	4,23	4

2.5 Розрахунок чисельності допоміжних робітників

З урахуванням розрахованої чисельності виробничого персоналу $R_{\text{шт. вир}} \approx 104$ осіб, приймаємо частку допоміжних робітників на рівні 25 %:

$$R_{\text{доп}} = 0,25 \cdot R_{\text{шт. вир}} = 0,25 \cdot 104 = 26 \text{ осіб.} \quad (2.5)$$

Таблиця 2.3 – Розподіл доп робітників за видами робіт

Вид допоміжних робіт	Частка, %	Розрахункова кількість, осіб	Прийнято, осіб
Ремонт і обслуговування технологічного обладнання	25	6,5	7
Ремонт і обслуговування інженерних мереж, оснастки та інструменту	20	5,2	5
Складські операції (прийом, зберігання, видача матеріалів)	20	5,2	5

Перегін транспортних засобів	10	2,6	3
Прибирання виробничих приміщень і території	15	3,9	4
Обслуговування компресорного та допоміжного інженерного обладнання	10	2,6	2

2.6 Кількість постів в і автомобіле-місць

2.6.1 Пости ТО і ПР

Робочі пости визначають:

$$n_{\text{п}} = \frac{\varphi \cdot T_{\text{п}}}{D_{\text{рг}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot R_{\text{ср}} \cdot S \cdot \eta} \quad (2.6)$$

Приймаємо:

$\varphi=1,1$; $D_{\text{рг}}=310$ днів/рік; $T_{\text{зм}}=8$ год; $S=11$; $\eta=0,9$;

$R_{\text{ср}}=2$ чол. на постах ТО і ПР; $R_{\text{ср}}=1 \div 1,5$.

Таблиця 2.4 – Кількості постів ТО, ПР

Вид робіт	$T_{\text{п}}$, люд·год/рік	φ	$D_{\text{рг}}$	$T_{\text{зм}}$, год	$R_{\text{ср}}$, чол.	η	Кількість постів, розрах.	Прийнята кількість постів
Діагностичні	4060	1,1	310	8	2	0,9	1,00	1
ТО в повному обсязі	12180	1,1	310	8	2	0,9	3,00	3
Змащувальні роботи	2030	1,1	310	8	1	0,9	1,00	– (поєднано з ТО)
Регулювання кутів установлення керованих коліс	2030	1,1	310	8	1	0,9	1,00	1
Ремонт і регулювання гальм	2030	1,1	310	8	1	0,9	1,00	– (поєднано з регулюв.)

Як видно з таблиці, розрахункова кількість постів для змащувальних і гальмівних робіт становить близько 1 поста. З метою раціонального використання площі й обладнання, а також із урахуванням можливості суміщення операцій, приймаються такі рішення щодо об'єднання робіт:

- змащувальні роботи виконуються на тих самих постах, що й ТО в повному обсязі;
- роботи з регулювання кутів коліс та ремонту і регулювання гальмівних механізмів виконуються на одному регулювальному посту.

У підсумку для групи робіт ТО і ПР прийнято:

- 1 діагностичний пост;
- 3 пости ТО та дрібного ремонту (включаючи змащувальні роботи);
- 1 пост регулювальних і гальмівних робіт.

2.6.2 Додаткові пости

Пости механізованої (туалетної) мийки розраховуються за формулою:

$$n_m = \frac{\varphi_m \cdot N_c}{T_{\text{доб}} \cdot Q_m \cdot \eta_m} \quad (2.7)$$

Добову кількість заїздів для виконання мийних робіт визначаємо як:

$$N_c = \frac{N_{\text{річ}}}{D_{\text{рг}}} \quad (2.8)$$

Приймаємо, що в середньому протягом доби на мийну ділянку заїжджає 18 авто, мийна ділянка працює 8 год., одна мийна установка забезпечує $Q_m = 10$ авт./год, коефіцієнт використання часу $\eta_m = 0,9$, коефіцієнт нерівномірності надходження на мийну ділянку $\varphi_m = 1,3$.

Тоді:

$$n_m = \frac{1,3 \cdot 18}{8 \cdot 10 \cdot 0,9} \approx 0,33.$$

Приймаємо:

1 пост механізованої мийки.

Приймання авто.

$$n_{\text{пр}} = \frac{\varphi_{\text{пр}} \cdot N_{\text{зс}}}{T_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}} \quad (2.9)$$

Для проекрованої СТО в м. Тернополі:

- річна кількість заїздів на ТО і ПР $N_{\text{річ,з}} \approx 3000$ заїздів/рік;
- добова кількість заїздів $N_{\text{зс}} = 9,7$ авт./добу;
- $\varphi_{\text{пр}} = 1,3$;
- зона приймання працює $T_{\text{пр}} = 6$ год на добу (основне навантаження – перша половина дня);
- $Q_{\text{пр}} = 3$ авт./год.

Для проекрованої СТО в м. Тернополі:

- річна кількість заїздів на ТО і ПР $N_{\text{річ,з}} \approx 3000$ заїздів/рік;
- добова кількість заїздів $N_{\text{зс}} = 9,7$ авт./добу;
- $\varphi_{\text{пр}} = 1,3$;
- зона приймання працює $T_{\text{пр}} = 6$ год на добу (основне навантаження – перша половина дня);
- $Q_{\text{пр}} = 3$ авт./год.

Тоді:

$$n_{\text{пр}} = \frac{1,3 \cdot 9,7}{6 \cdot 3} \approx 0,7.$$

Приймаємо 2 пости приймання автомобілів.

Видача автомобілів, як правило, відбувається у другій половині дня, тому пости приймання використовуються також як пости видачі й окремо не додаються.

Орієнтовно вважаємо, що один пост сушіння здатний обслуговувати весь потік автомобілів, що пройшли мийку протягом зміни:

$$n_{\text{суш, мийка}} \approx 1 \quad (2.10)$$

Кількість постів сушіння після фарбування визначається за пропускною здатністю окрасочно-сушильної камери:

$$n_{\text{суш, фарба}} = \frac{N_{\text{фарба, зм}}}{Q_{\text{камери}}} \quad (2.11)$$

За умови, що камера здатна забезпечити 4–5 авто/зміну, а р. програма кузовно-окрасочних робіт для нашої СТО невелика, достатньо: 1 поста (камери) фарбування з функцією сушіння.

2.6.3 Місця очікування ТО і ПР

Сформуємо укрупнено групи постів:

- Постів контрольно-діагностичних і регулювальних робіт (діагностика, регулювання розвал-сходження, гальмівні випробування) – 2 пости;
- Пости ТО і ремонту (ТО, дрібний ремонт, змащувальні, частина електротехнічних та паливних робіт) – 3 пости;
- Кузовні та обойні роботи – 2 пости;
- Окрасочні роботи – 1 пост (окрасочно-сушильна камера);
- Протикорозійна обробка – 1 пост;
- Мийні роботи (ручна + механізована мийка) – 2 пости.

Разом робочих постів:

$$2 + 3 + 2 + 1 + 1 + 2 = 11 \quad 2 + 3 + 2 + 1 + 1 + 2 = 11 \text{ постів.}$$

Кількість місць очікування орієнтовно:

$$N_{\text{оч}} = 0,5 \cdot 11 \approx 5,5.$$

Приймаємо 6.

Таблиця 2.5 – Розрахунок кількості місць очікування

Група робіт	Кількість робочих постів	Розрахункова кількість місць очікування	Прийнята кількість
Контрольно-діагностичні та регулювальні	2	1	2
ТО і поточний рем.	3	1,5	2

Кузовні та обойні	2	1	1
Окрасочні	1	0,5	1
Протикорозійні	1	0,5	1
Мийні (ручна + механізована)	2	1	1

2.7 Річний обсяг робіт

Річний обсяг робіт з ТО й ПР:

$$T = N_{\text{СТО}} \cdot \frac{L_p}{1000} \cdot t \quad (2.12)$$

Підставляємо прийняті нами дані у формулу (2.12):

$$T = 1320 \cdot \frac{16\,500}{1000} \cdot 3,0 = 1320 \cdot 16,5 \cdot 3,0 = \text{люд}\backslash\text{год}/\text{рік}.$$

Моторна дільниця СТО виконує частку моторних робіт у загальній трудомісткості приймається в межах 5..10 %. З урахуванням спеціалізації на ДВЗ Y30XE приймаємо 7 %.

Річний обсяг робіт моторної дільниці:

$$T_{\text{мот}} = \alpha_{\text{мот}} \cdot T \quad (2.13)$$

Тоді:

$$T_{\text{мот}} = 0,07 \cdot 65\,340 = 4573,8 \text{ люд}\backslash\text{год}/\text{рік}.$$

Річний фонд робочого часу одного поста визначається:

$$F_{\Pi} = D_{\text{РГ}} \cdot T_{\text{см}} \cdot S \cdot n \quad (2.14)$$

Приймаємо:

- $D_{\text{РГ}} = 310$ днів/рік;
- $T_{\text{см}} = 8$ год; $S = 1$ зміна;
- $n = 0,9$.

Тоді:

$$F_{\Pi} = 310 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 2232 \text{ год}/\text{рік}.$$

2.8 Робітники моторної ділянки

Визначають за залежністю:

$$R_{\text{мот}} = \frac{T_{\text{мот}}}{F_p} \quad (2.15)$$

Для однозмінної роботи:

$$F_p \approx 1\,800 \text{ год/рік.}$$

Підставляємо:

$$R_{\text{мот}} = \frac{4\,573,8}{1\,800} \approx 2,54.$$

Приймаємо 3 робітники (мотористи), які виконують роботи з ДВЗ Y30XE.

2.9 Пости моторної ділянки

Визначається:

$$n_{\text{п,мот}} = \frac{\varphi \cdot T_{\text{мот}}}{F_{\text{п}} \cdot R_{\text{ср}}} \quad (2.16)$$

Приймаємо:

– $\varphi=1,15$;

– $T_{\text{мот}}=4\,573,8$ люд\год/рік;

– $F_{\text{п}}=2\,232$ год/рік;

– $R_{\text{ср}}=2$ чол. (дві людини можуть одночасно працювати на одному моторному посту, наприклад при знятті/встановленні двигуна).

Підставляємо:

$$R_{\text{мот}} = \frac{4\,573,8}{1\,800} \approx 2,54$$

Приймаємо 2 моторні пости.

2.10 Розрахунок площі моторної ділянки

Розрахункова площа моторної ділянки визначається:

$$F_{\text{розр}} = f_{\text{об}} \cdot K_{\text{п}} \quad (2.17)$$

Для моторних ділянок коеф щільності розташування обладнання приймають у межах:

$$K_{\text{п}} = 4,0 \div 4,5.$$

Перелік основного обладнання моторної дільниці СТО, що спеціалізується на ремонті двигунів (у тому числі ДВЗ Y30XE автомобілів Opel Omega (B)), наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Обладнання моторної дільниці

Найменування обладнання	Примітка	Кількість, од.	Розмір, у плані, м	Площа 1 од., м ²	Загальна площа, м ²	Споживана потужність, кВт
Вертикально-свердлильний верстат	тип 2Л135 або аналог	1	0,8 × 0,7	0,56	0,56	2,0
Двостійковий гаражний підіймач	для демонтажу ДВЗ	2	1,5 × 3,5	5,25	10,50	4,0 × 2
Стійка (стенд) для збирання двигуна	для ДВЗ Y30XE	2	0,8 × 0,8	0,64	1,28	0,5
Слюсарний верстак	власного виготовлення	2	1,6 × 0,8	1,28	2,56	—
Ванна для миття деталей	власного виготовлення	1	1,5 × 1,0	1,50	1,50	1,0
Тумба для інструменту	власного виготовлення	2	0,7 × 0,6	0,42	0,84	—

Підставка під обладнання (під домкрати, опори ДВЗ)	власного виготовлення	2	$0,9 \times 0,9$	0,81	1,62	—
Ручний гідравлічний прес	тип Р-338 або аналог	1	$0,7 \times 0,6$	0,42	0,42	1,5
Точильно-шліфувальний верстат	настільний	1	$0,7 \times 0,5$	0,35	0,35	0,75
Пересувний кран-балка (гідравлічний кран-«жираф»)	для зняття/установлення ДВЗ	1	$1,8 \times 0,9$	1,62	1,62	1,0

За даними таблиці 2.6:

$$f_{об} \approx 19,6 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт щільності розстановки обладнання:

$$K_{п} = 4,5.$$

Тоді розрахункова площа моторної ділянки становить:

$$F_{розр} = 19,6 \cdot 4,5 \approx 88,2 \text{ м}^2.$$

Округляючи, можна прийняти:

$$F_{розр} \approx 88 \text{ м}^2.$$

2.11 Графічне визначення площі моторної ділянки

Остаточна (уточнена) площа моторної ділянки визначається графічно – на плані виробничого корпусу, з урахуванням розміщення колон, проїздів, зон маневрування автомобілів, місць складування агрегатів і деталей. При такому підході допускається відхилення від розрахункової площі в межах 20–30 %.

Для спрощення приймаємо прямокутну конфігурацію моторної дільниці з такими габаритами:

- довжина дільниці $A = 11$ м;
- ширина дільниці $B = 8$ м.

Площа моторної дільниці:

$$F_{\text{гр}} = A \cdot B \quad (2.18)$$

$$F_{\text{гр}} = 11 \cdot 8 = 88 \text{ м}^2.$$

Різниця між розрахунковим і графічним значеннями менша 1 %, що значно нижче допустимого діапазону 20–30 %. Отже, прийнята графічна площа моторної дільниці повністю відповідає вимогам до проектування та забезпечує розміщення обладнання, проходів і робочих зон, необхідних для виконання робіт з діагностики, ремонту та обсл. двигунів Opel Omega (B).

2.12 Перелік обладнання моторної дільниці

Моторна дільниця СТО призначена для виконання робіт з діагностики, тех. обслуговування, часткового та капітального ремонту двигунів внутрішнього згоряння, у тому числі силових агрегатів Opel Y30XE, які встановлювалися на автомобілях Opel Omega (B). Для забезпечення повноцінного технологічного процесу на дільниці встановлюється комплект обладнання, необхідний для виконання операцій з розбирання, дефектації, механічної обробки, збирання та випробування двигунів.

До переліку входять як стаціонарні верстати, так і пересувні допоміжні пристрої, що забезпечують раціональну організацію робочого простору та відповідність вимогам охорони праці.

Таблиця 2.7 – Основне обладнання моторної дільниці

Найменування обладнання	Кільк., од.	Коротке призначення
Двостійковий електрогідравлічний підіймач	2	Піднімання автомобіля для демонтажу та встановлення силового агрегату

Пересувний гідравлічний кран («жираф»)	1	Зняття двигуна з моторного відсіку та його переміщення
Стійки (стенди) для збирання та проектного позиціонування двигуна	2	Монтаж, регулювання та складання двигунів Y30XE та аналогів
Вертикально-свердильний верстат	1	Виконання отворів, нарізання різьб, обробка невеликих деталей
Точильно-шліфувальний верстат	1	Заточування, шліфування інструменту та дрібних елементів
Гідравлічний ручний прес	1	Пресування підшипників, втулок, елементів ГБЦ
Ванна для промивання деталей	1	Очищення елементів ДВЗ від нагару, мастил та забруднень
Слюсарні верстаки з тумбами для інструменту	2	Виконання дрібних механоскладальних операцій
Пересувні підставки під агрегати	2	Тимчасове розміщення ДВЗ, КПП та знятих вузлів
Комплект інструменту та спецстискачів	1	Проведення регулювальних, демонтажних та слюсарних робіт
Набір діагностичного устаткування (компресометр, ендоскоп, мотор- тестер)	1	Комплексне тестування технічного стану двигуна
Вимірювальні прилади (мікрометр, нутромір, індикаторні головки)	1 комплект	Дефектація деталей двигуна
Пневматичні та електричні ручні інструменти	1 комплект	Прискорення виконання слюсарних операцій

Освітлювальні елементи та пересувні лампи	2	Забезпечення нормованих умов освітлення робочої зони
Металева шафа для зберігання інструментів	1	Організація інструментального господарства

2.13 Вплив конструктивних особливостей двигуна Y30XE на технологію його технічного обслуговування та ремонту

Двигун Y30XE, встановлений на Opel Omega (B), належить до серії високотехнологічних бензинових V-подібних силових агрегатів, у яких застосовано низку конструктивних особливостей, що безпосередньо впливають на вибір методів ТО. Ці особливості визначають складність відновлювальних робіт, потребу в спеціалізованому інструменті, а також формують вимоги до рівня кваліфікації персоналу автотранспортного підприємства.

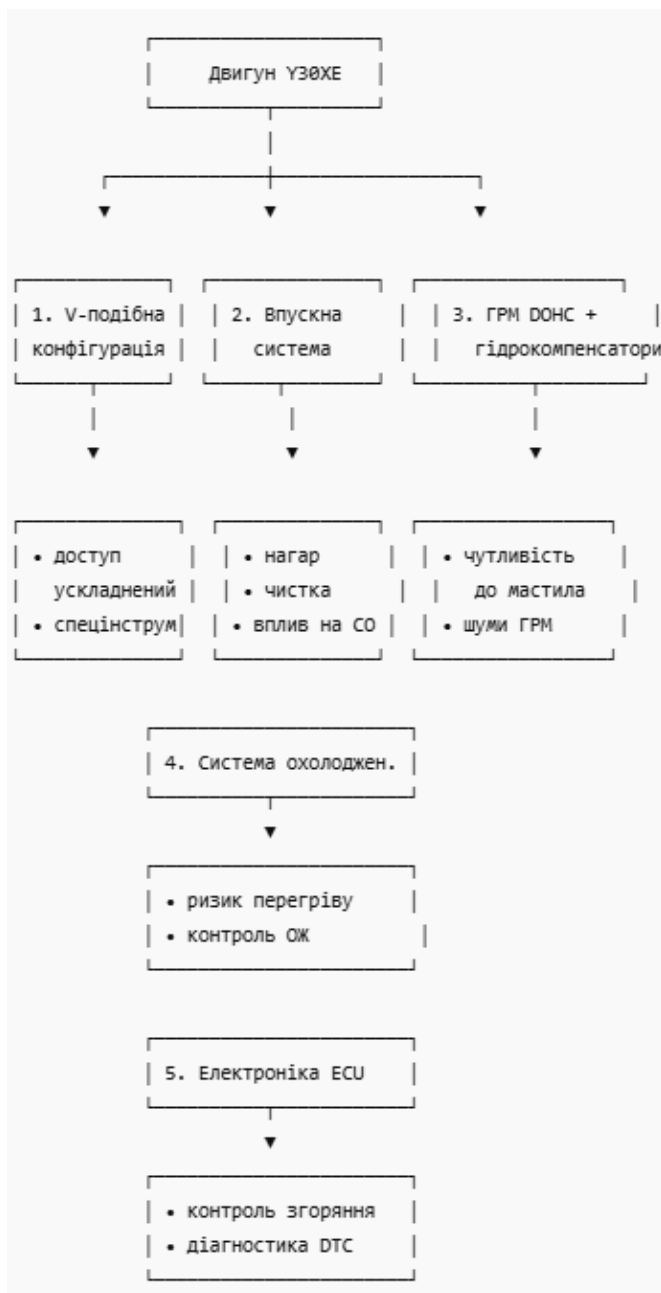
Однією з ключових конструктивних характеристик Y30XE є V-подібне компонування з кутом розвалу 54° , що забезпечує компактність силового агрегату, проте ускладнює доступ до окремих вузлів, таких як паливні форсунки, котушки запалювання та елементи впускного колектора. При виконанні ремонтних робіт це потребує часткового демонтажу навісного обладнання, що збільшує трудомісткість технологічних операцій.

Система газорозподілу двигуна Y30XE включає два розподільні вали на кожній головці блока та гідрокомпенсатори, чутливі до якості й в'язкості моторної оливи. Порушення режиму змащування або використання неякісних мастильних матеріалів призводить до появи сторонніх шумів, зниження продуктивності клапанного механізму та нерівномірності роботи циліндрів. Це вимагає регулярного контролю каналів змащування та своєчасного оновлення оливи в більш короткі терміни, ніж це передбачено стандартним регламентом.

Впускна система двигуна має змінну геометрію, що забезпечує адаптацію потоку повітря залежно від навантаження та обертів. Проте наявність додаткових клапанів та приводів створює умови для накопичення нагару, особливо у випадку частих поїздок у міських умовах Тернополя. Забруднений

впускний тракт зменшує пропускну здатність, збільшує витрату палива та змінює характеристики згоряння. Тому у план технічного обслуговування необхідно включати періодичну очистку впускної системи.

У конструкції двигуна застосована система EGR, призначена для зниження токсичності відпрацьованих газів. У разі її забруднення виникають провали тяги, нестабільний холостий хід та підвищення температури у камерах згоряння через неправильний склад суміші. Це підкреслює важливість діагностики клапана EGR та його каналів у процесі ТО.



Система охолодження Y30XE має складний контур із декількома термостатичними елементами, що забезпечують точне регулювання температурного режиму. У разі порушення циркуляції охолоджувальної рідини зростає ризик перегріву та деформації головок блока циліндрів. Тому перевірка герметичності, стану патрубків та теплообмінника є обов'язковою частиною технологічного процесу обслуговування.

Таким чином, конструктивні особливості двигуна Y30XE визначають підвищену вимогливість до точності виконання ремонтних робіт, ретельності діагностики та періодичної перевірки систем, які

впливають на процес згоряння палива. Усі ці чинники формують потребу у

створенні спеціалізованого автотранспортного підприємства, здатного забезпечити комплексні роботи з обслуговув. та ремонту складних бензинових двигунів з використанням сучасних технологічних засобів.

2.14 Обслуговування ДВЗ Y30XE

Перевірка компресії

Якщо ДВЗ втрачає потужність, працює нестабільно або виникають перебої в запалюванні, і при цьому система запалювання чи подачі палива справна, слід перевірити компресію. Така перевірка допомагає знайти причину несправності. Регулярна діагностика дозволяє виявити проблему заздалегідь і уникнути серйозних пошкоджень.

Слід від'єднати систему запалювання, знявши роз'єм проводки з модуля керування запалюванням, а також витягнути реле паливного насоса, щоб тимчасово вимкнути подачу палива.

Компресометр встановлюють у отвір свічки першого циліндра. Після кількох обертів показник тиску має стабілізуватися. Найвище зафіксоване значення записують. Потім перевірку повторюють для всіх циліндрів, не відпускаючи педаль газу.

У справному двигуні тиск у всіх циліндрах повинен бути приблизно однаковим. Якщо різниця перевищує один бар, це свідчить про несправність. Якщо тиск наростає поступово – імовірно, зношені поршневі кільця. Постійно низька компресія може бути наслідком прогорілих клапанів, пошкодженої прокладки головки блоку або тріщини в самій головці. Також причиною може бути нагар на клапанах.

Після вимірювань результати порівнюють із нормами. Якщо в одному циліндрі тиск нижчий, у нього вливають трохи моторної оливи та повторюють перевірку. Якщо тиск тимчасово підвищується, значить, циліндр або поршень зношені. Якщо змін немає – можливо, витік через клапани або прокладку головки блоку.

Низька компресія одночасно у двох сусідніх циліндрах найчастіше вказує на прогорілу прокладку між ними. Якщо в моторній оливі з'являється охолоджувальна рідина – це додаткове підтвердження.

Якщо тиск у якомусь циліндрі приблизно на п'яту частину нижчий, ніж в інших, і двигун працює нерівно на холостому ході – можливо, зношений кулачок розподільного вала. Занадто висока компресія зазвичай означає наявність нагару в камерах згоряння – у такому разі головку блоку слід зняти й очистити.

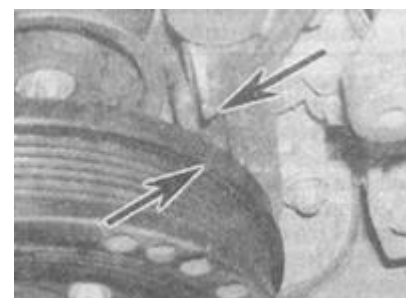
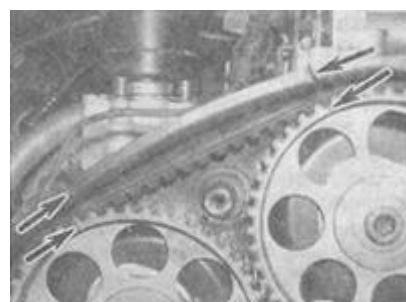
Встановлення згідно мітки

Знімається зовнішня кришка зубчастого ремня, щоб отримати доступ до міток на зірочках розподільних валів.

Плавню перевіряють вал, поки мітки на зірочках розподільних валів не співпадуть із рисками на внутрішній кришці ремня. Кожна зірочка має дві мітки, і вибирають потрібну згідно з положенням валів.

Після цього вирівнюють насічку на шківі колінчастого вала з покажчиком на корпусі масляного насоса. У цей момент поршень першого циліндра знаходиться у верхній мертвій точці під час такту стиснення.

Якщо шків колінчастого вала знято, орієнтуються за міткою на зірочці колінвала – вона повинна збігатися з рискою на корпусі масляного насоса.

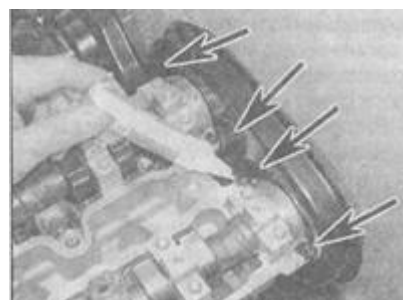


Клапанна кришка

Змається впускний колектор, щоб отримати доступ до головок блока циліндрів. Для зняття кришки правої головки необхідно від'єднати високовольтні дроти від свічок запалювання, вийняти їх із кріплень і відвести

вбік. Потім поступово послаблюють і відкручують кріплення клапанної кришки. Після цього кришку знімають разом із ущільненнями та кільцевими прокладками, які стоять у місцях болтових з'єднань. Усі гумові елементи потрібно перевірити – якщо вони мають тріщини чи ознаки зносу, їх слід замінити.

Для зняття кришки лівої головки блока циліндрів спочатку демонтують важелі склоочисників і водовідвідну панель. Потім від'єднують джгут електропроводки, який йде до двигуна, і відсувають його убік. Якщо автомобіль обладнаний кондиціонером, викручують болти кронштейна, що утримує трубки системи, і обережно відводять їх від головки. Далі потрібно підняти фіксатор маслоналивної горловини, відкрутити її проти годинникової стрілки та зняти. Старе ущільнювальне кільце викидають – воно підлягає заміні. Після цього кришку лівої головки знімають аналогічно до правої. Перед встановленням переконуються, що поверхні прилягання чисті та сухі. Нові ущільнення вставляють у канавки кришки, а кільцеві прокладки садять у виїмки біля кожного болта, використовуючи невелику кількість мастила. У місцях прилягання кришки до головки блока наносять тонкий шар герметика. Кришку встановлюють обережно, стежачи, щоб ущільнення не змістилися. Болти затягують поступово, рухаючись від центру до країв по спіралі, із моментом затягування, передбаченим технічними нормами. Опісля під'єднують свічки з та фіксують



їх у тримачах. Встановлюють назад впускний колектор. Для лівої кришки дії аналогічні – ставлять нове ущільнення на маслоналивну горловину, фіксують її засувкою, а також повертають на місце трубки кондиціонера, кронштейни, кришку склоочисника, важелі та проводку двигуна.

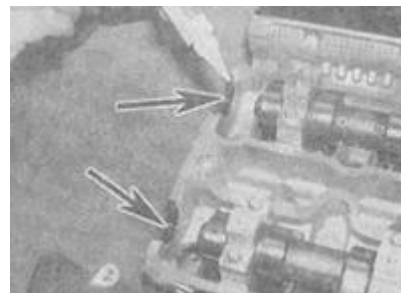
Привідний ремінь

Зняття. Перед початком роботи потрібно від'єднати клему акумулятора. Поршень першого циліндра слід встановити у верхню мертву точку на такті стиснення. Якщо автомобіль оснащений охоронною системою ATWS, клему потрібно зняти протягом п'ятнадцяти секунд після вимкнення запалювання, інакше активується сигналізація.

Далі знімають шків колінчастого вала. Необхідно переконатися, що мітки збігаються з мітками на кришці ремня, а мітка на зірочці колінвала вирівняна з надрізом на кожусі масляного насоса. Потім встановлюють спеціальний фіксатор на зірочку колінвала і блокують вал. Розподільні вали також потрібно зафіксувати відповідними пристроями.

Після цього послаблюють гайку натяжного шківів і повертають його шестигранником за годинниковою стрілкою майже до упору. Потім гайку знову затягують. Болти верхнього і нижнього напрямних шківів також потрібно послабити.

Далі ремінь знімають із зірочок і повністю демонтують. Якщо ремінь не буде встановлений відразу, колінвал повертають проти годинникової



стрілки приблизно на шістдесят градусів, щоб уникнути контакту клапанів із поршнями.

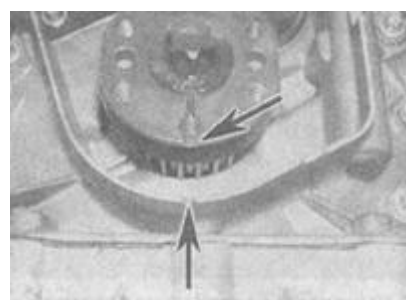
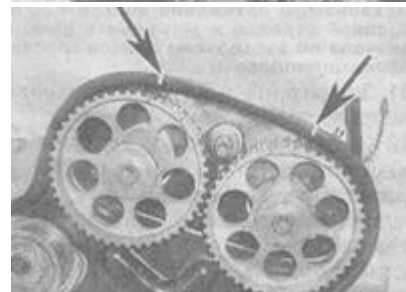
Ремінь потрібно уважно оглянути. Якщо є тріщини, сліди масла, потертості чи будь-які ознаки зносу, його слід замінити. Якщо позначки на ремені стерлися або автомобіль пройшов більше 65 тисяч кілометрів (до 1997 року) чи 130 тисяч (після 1997 року), ремінь потрібно замінити незалежно від стану. При наявності слідів масла потрібно усунути причину витoku і ретельно очистити всі деталі.

Установлення. У двигунах Opel застосовують два типи натяжних механізмів, які не є взаємозамінними. На старих моделях використовується стандартний тип із літерою D, а на пізніших — модернізований із позначенням E (EA або EB). Новий тип вимагає заміни ременя рідше — кожні 130 тисяч кілометрів або раз на вісім років.

Перед установленням потрібно очистити зірочки і шківи. Далі перевіряють, щоб усі мітки на колінчастому і розподільних валах були вирівняні. Потім встановлюють блокувальні інструменти.

Ремінь накладають згідно зі стрілками, що вказують напрямок обертання двигуна. Подвійна лінія має збігатися з міткою колінвала, а чотири окремі лінії — з мітками розподільних валів.

На двигунах зі стандартним натяжним механізмом ремінь спочатку встановлюють на нижній напрямний шків, потім на лівий розподільний вал, далі через верхній напрямний шків і правий



розподільний вал. У двигунах із модернізованим натяжним механізмом ремінь спершу заводять за натяжний шків, потім на правий розподільний вал, верхній напрямний шків і лівий розподільний вал. Після встановлення перевіряють правильність посадки ремня на зубцях і суміщення всіх міток. Якщо є відхилення, ремінь потрібно зняти та відрегулювати положення.

Коли все встановлено правильно, послаблюють болти напрямних шківів, повертають їх проти годинникової стрілки, щоб прибрати провисання ремня, і затягують. Потім регулюють натяг, обертаючи шків натягу проти годинникової стрілки, поки зазор між пластиною та обмежувачем не становитиме приблизно один міліметр. Після цього гайку фіксують.

Потім потрібно повернути колінвал на два повних оберти у напрямку його обертання. Усі мітки мають збігтися знову. Якщо суміщення неправильне, потрібно повторити регулювання.



Зірочки, механізм натягу та напрямні шківви ремня

Спочатку потрібно зняти зубчастий ремінь газорозподільного механізму та повернути колінчастий вал проти напрямку його обертання приблизно на шістдесят градусів. Це дозволяє відвести поршні від клапанів і запобігти їхньому зіткненню. Розподільний вал блокується одним із двох способів. Перший – виготовлення простого фіксатора з двох металевих смуг і трьох болтів: один болт виконує роль шарніра, а два інші фіксують інструмент на зірочці. Другий спосіб полягає у знятті клапанної кришки та блокуванні вала за допомогою гайкового ключа. Далі відкручують болт кріплення і знімають

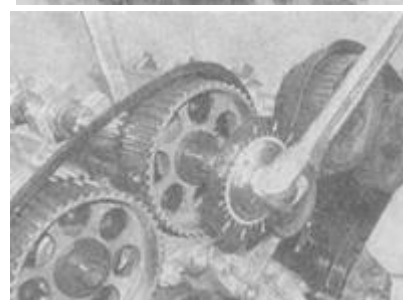
зірочку з розподільного вала. Якщо фіксуєчий штифт зірочки ослаблений, його знімають і зберігають разом із деталлю, щоб не загубити. За потреби інші зірочки знімають аналогічним способом. Перед зворотним встановленням перевіряють стан сальника розподільного вала. Якщо є сліди пошкодження або витік масла – сальник замінюють. Потім фіксуєчий штифт встановлюють у робоче положення.

Зірочки праві мають позначення «1» і «2», а лівої – «3» і «4». Вони однакові за конструкцією, але мають дві прорізи для штифта і дві мітки. Важливо використовувати правильну прорізь і мітку під час монтажу.

Після встановлення зірочки переконуються, що штифт увійшов у потрібне гніздо. Потім ставлять шайбу, новий болт кріплення і затягують його спочатку з потрібним зусиллям, а потім додатково повертають на заданий кут. Для точності бажано використовувати шаблон для вимірювання кута. Якщо такого немає, на головку болта і маховик наносять фарбові позначки, щоб перевірити правильність повороту.

Далі перевіряють, щоб усі мітки на зірочках розподільних валів збігалися з надрізами на внутрішній кришці ремня, а мітка зірочки колінвала – із позначкою на кожусі масляного насоса. Потім колінвал повертають у напрямку його обертання, вирівнюючи всі елементи. Після цього можна встановлювати зубчастий ремінь і клапанну кришку.

Зірочка вала. Під час монтажу зірочки вала завжди слід використовувати новий болт. Для зняття спочатку демонтують зубчастий ремінь, потім блокують колінвал. Це можна зробити кількома



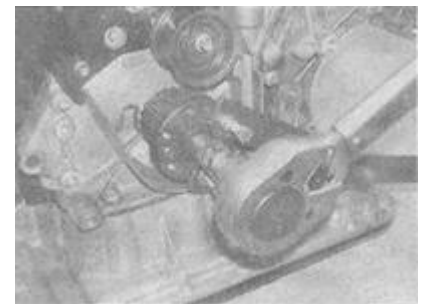
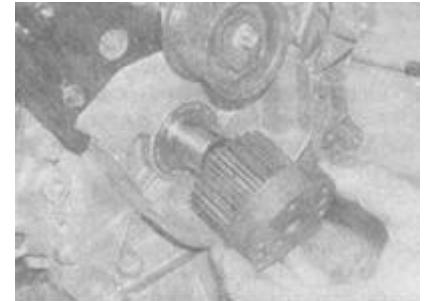
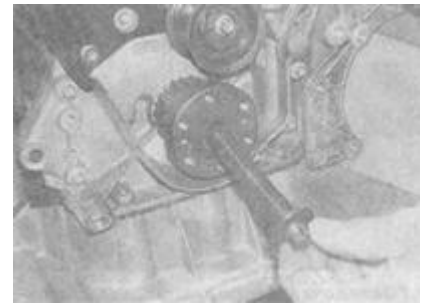
способами: спеціальним інструментом, вставивши болти у різні отвори шківів; або на автомобілях із механічною коробкою передач – ввімкнути найвищу передачу та натиснути на гальмо. Якщо двигун знято, блокують маховик чи диск зчеплення.

Після фіксації колінвала відкручують болт і знімають зірочку. Болт утилізують – його повторно не використовують. Якщо знімається розпірна втулка, її також перевіряють, і при пошкодженні замінюють.

Перед збиранням перевіряють сальник. Якщо є підтікання або знос – встановлюють новий. Далі монтують втулку, стежачи, щоб не пошкодити край сальника, потім ставлять зірочку пазом на колінвал, розташовуючи її фланцем назовні. Використовуючи новий болт, фіксують зірочку, блокують колінвал і затягують болт із заданим моментом. Потім його додатково доворачують на необхідний кут, користуючись шаблоном або фарбовими позначками.

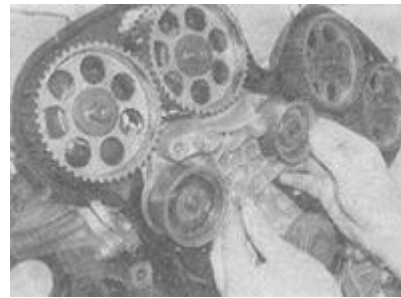
Після завершення встановлюють зубчастий ремінь. Шків натягу та верхній напрямний шків. Ці деталі замінюються лише в зборі. Для зняття спочатку знімають зубчастий ремінь, потім відкручують болти, що утримують натяжну систему, і знімають її з двигуна.

Вузол закріплюють на головці блока циліндрів і затягують болти до необхідного моменту. Після цього встановлюють зубчастий ремінь. Якщо



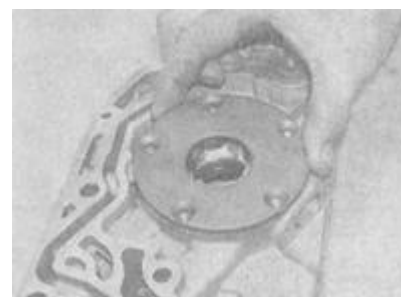
натяжний механізм новий, ремінь також слід замінити.

Нижній напрямний шків. Для зняття цієї деталі потрібно демонтувати зубчастий ремінь, відкрутити болт і зняти шків разом із розпірною шайбою. Під час встановлення шайбу розміщують за шківом, наживлюють болт і потім встановлюють ремінь у зворотній послідовності.



Масляний насос

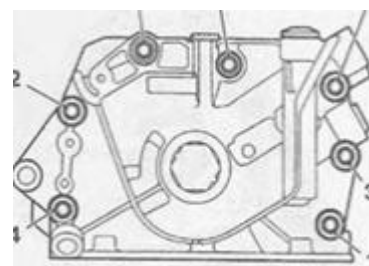
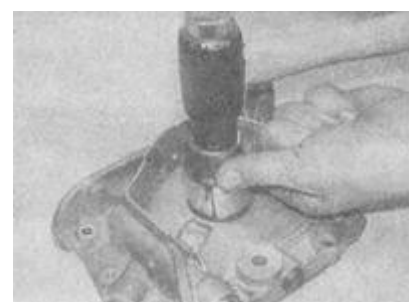
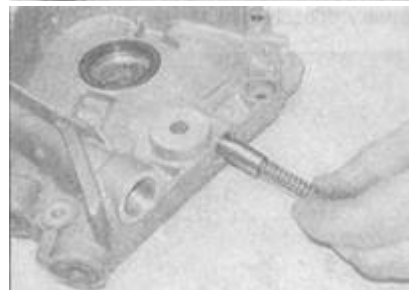
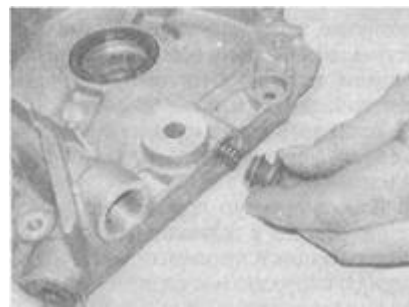
Зняття, перевірка і встановлення масляного насоса. Для початку потрібно зняти зубчастий ремінь приводу, зірочки розподільних валів, зірочку колінвала, верхній і нижній напрямні шків, а також механізм натягу ремня. Потім відкручують болти та знімають внутрішню кришку приводу, а далі – піддон картера і маслоприймальну трубку з фільтром. Щоб дістатися до насоса, послаблюють нижнє кріплення генератора, а верхній болт використовують як шарнір, відводячи генератор убік. Потім від'єднують провід від датчика тиску оливи та відгвинчують болт, який утримує проводку на корпусі насоса. Далі відкручують усі болти кріплення і знімають насос із колінвала, не загубивши напрямні штифти. Прокладку після демонтажу обов'язково замінюють. Перебирання насоса. Спочатку знімають кришку насоса. Ротори позначають маркером, щоб при зворотному складанні не переплутати їхнє положення. Потім обережно витягають роторні елементи з корпусу.



Після цього викручують болти редукційного та перепускного клапанів і витягають пружини з штовхачами, запам'ятовуючи їхнє розташування. Усі деталі промивають і перевіряють. Якщо корпус або ротори мають подряпини чи знос, насос потрібно замінити у зборі. Якщо елементи справні, вимірюють осьовий зазор і перевіряють кришку на деформацію. Якщо показники виходять за допустимі межі – насос також підлягає заміні. Під час складання потрібно дотримуватися таких правил: ротори встановлюють згідно з позначками; кришку фіксують із потрібним зусиллям; болти клапанів оснастити новими ущільнювальними кільцями, а пружини й штовхачі встановити правильно. Після складання насос прокачують чистою моторною оливою, повільно обертаючи внутрішній ротор.

Встановлення насоса. Визначають тип насоса. На прокладку з боку, що прилягає до насоса, наносять тонкий шар герметика. Потім обережно встановлюють насос на напрямні штифти, суміщаючи внутрішній ротор з колінвалом, і стежать, щоб не пошкодити сальник.

Після цього монтують нижній напрямний шків, генератор, піддон картера, маслоприймальну трубку з фільтром, а також внутрішню кришку ремня. Під'єднують провід до датчика тиску оливи, ставлять зірочки розподільних валів і колінвала, напрямні шківів, механізм натягу тощо.



3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Пристрій для розбирання двигуна внутрішнього згоряння

3.1.1 Призначення пристрою

Стенд для розбирання двигунів внутрішнього згоряння призначений для закріплення силового агрегату в зручному положенні з можливістю його повороту навколо горизонтальної осі. Це забезпечує доступ до будь-якої частини блока циліндрів, головки блока, кривошипно-шатунного механізму та навісного обладнання.

Використання стенда дозволяє:

- знизити трудомісткість робіт при капітальному ремонті;
- забезпечити безпечне розміщення двигуна в процесі демонтажу та складання;
- підвищити якість виконання ремонтних операцій завдяки фіксації агрегату в оптимальному положенні;
- запобігти падінню чи пошкодженню важких вузлів двигуна.

Пристрій може застосовуватися для ремонту V- та рядних двигунів об'ємом 1,6–4,0 л, включаючи силовий агрегат Opel Y30XE, встановлений на Opel Omega (B).

3.1.2 Опис конструкції

Стенд для розбирання двигуна має зварну опорну раму, на якій встановлені всі основні елементи конструкції. Рама виконана зі сталевого профілю та має достатню жорсткість для утримання масивного двигуна. У нижній частині рами знаходяться колеса, які дозволяють легко переміщати стенд у межах робочої зони.

Основою пристрою є два великі півкільця, що утворюють опорну систему для повороту двигуна. Півкільця закріплені на вертикальних стійках і можуть вільно обертатися навколо своїх осей. Така форма забезпечує плавний поворот двигуна та рівномірний розподіл навантаження. На внутрішній частині півкільця

розміщені кронштейни та фіксатори, які служать для кріплення різних типів двигунів.

Посередині конструкції встановлений редуктор з ручним приводом. Він забезпечує поворот півкільця разом із двигуном і дозволяє оператору без зусиль змінювати кут нахилу агрегату. Редуктор працює плавно та має механізм фіксації, який утримує двигун у вибраному положенні.

Вертикальні стійки надають конструкції жорсткість і забезпечують точне положення півкільця при роботі. Вони з'єднані з рамою та додатковими підтримуючими елементами, що захищають стенд від деформацій. Робочі кронштейни, встановлені на півкільцях, дозволяють регулювати положення двигуна за шириною й висотою, тому стенд підходить для різних моделей силових агрегатів, у тому числі для двигуна Y30XE.

Загалом конструкція стенда є простою, міцною й надійною. Вона забезпечує зручний доступ до будь-яких частин двигуна, полегшує процес розбирання та складання й дозволяє виконувати ремонтні роботи без зайвих зусиль.

3.1.3 Розрахунок міцності основних елементів

Найбільші навантаження сприймають півкільця. Вони працюють як криволінійні балки під дією ваги двигуна.

Розрахункове навантаження:

$$P = mg = 250 \text{ кг} \cdot 9,81 = 2452 \text{ Н} \quad (3.1)$$

Максимальний згинальний момент (приблизно у точці кріплення до опорної стійки):

$$M_{\max} \approx \frac{P \cdot R}{2} \quad (3.2)$$

де $R = 0,5 \text{ м}$ — радіус кільця.

$$M_{\max} = \frac{2452 \cdot 0,5}{2} = 613 \text{ Н/м.}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,04 \cdot 0,02^2}{6} = 2,66 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруга:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{613}{2,66 \cdot 10^{-6}} = 230 \text{ МПа}$$

Для Ст3 або S235:

- допустиме напруження:

$$[\sigma] \approx 240 \text{ МПа.}$$

Використовуючи профіль $50 \times 25 \times 2$ або $40 \times 20 \times 3$, що дасть запас міцності 1,3 ... 1,5.

З'єднання вузлів фіксації. На один вузол припадає приблизно 25 ... 30% навантаження:

$$P_{\text{кр}} = 0,3P \approx 735 \text{ Н.}$$

Для болта М10 (клас міцності 8,8) допустиме навантаження на зріз $\approx 8 \dots 10 \text{ кН}$.

Запас міцності понад 10 разів – достатній.

3.2 Пристрій для розтискання клапанів (розсухарювач)

3.2.1 Призначення пристрою

Пристрій призначений для розтискання пружин клапанного механізму та зняття сухарів під час ремонту головки блока циліндрів бенз. і диз. двигунів. Його використовують при розбиранні ГБЦ для заміни клапанів, направляючих втулок, маслоснімних ковпачків або під час капітального ремонту двигунів. Конструкція дає змогу безпечно передавати зусилля на пружину клапана, не пошкоджуючи тарілку, сухарі чи сам клапан. Пристрій можна застосовувати для двигунів різних типів, у тому числі V-6 Y30XE автомобіля Opel Omega (B).

3.2.2 Опис конструкції

Конструкція розсухарювача складається з масивної С-подібної рами, яка є основою пристрою та сприймає основне навантаження під час роботи. Рама має жорстку форму та достатню товщину металу, тому не деформується при стисканні пружини клапана.

У нижній частині рами встановлена опорна п'ята, що спирається на поверхню головки блока. Вона виготовлена у формі циліндричної втулки і закріплена за допомогою болтів. Це забезпечує стійкість пристрою та рівномірний розподіл зусилля.

У центральній частині проходить різьбова шпилька М16. Вона слугує силовим елементом, що передає натискне зусилля від важеля на пружину клапана. На кінці шпильки розміщений змінний вістряк, який упирається в тарілку клапана. Змінні насадки дозволяють працювати з клапанами різних діаметрів.

У верхній частині на різьбову шпильку нагвинчується силова гайка. Вона має рифлену поверхню або наскрізний квадрат під вороток, що полегшує обертання. Силова гайка з'єднана з важелем, який забезпечує додатковий механічний момент для стискання пружини.

Важіль має форму видовженої ручки. Він дозволяє оператору створити необхідне зусилля без значних фізичних навантажень. Важіль передає обертання на гайку, яка просуває різьбову шпильку вниз, стискаючи пружину клапана.

Всі елементи конструкції з'єднані за допомогою стандартного кріплення – болтів, втулок та напрямних. Це дає змогу швидко розбирати пристрій для обслуговування чи заміни робочих насадок.

3.2.3 Принцип роботи

Пристрій встановлюють на головку блока так, щоб опорна п'ята лежала на площині ГБЦ, а робочий наконечник шпильки розташувався точно над пружиною клапана. Оператор налаштовує висоту пристрою за допомогою регулювальних втулок, щоб шпилька знаходилася по центру тарілки клапана.

Після цього починають обертати силову гайку або важіль. Різьбова шпилька поступово опускається та тисне на тарілку клапана. Пружина стискається, а сухарі, які утримують клапан, звільняються та випадають із конусного гнізда. Коли сухарі знято, пружину можна легко демонтувати.

Зворотний процес відбувається аналогічно: пружину встановлюють на місце, стискають шпилькою та вставляють сухарі, після чого поволі відпускають важіль, щоб конструкція клапана зайняла робоче положення.

Використання пристрою забезпечує рівномірний тиск на тарілку клапана, дозволяє уникнути перекосів і знижує ризик пошкодження деталей механізму ГРМ.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Дослідження процесу згоряння палива в циліндрах бензинових двигунів

Сучасні наукові дослідження доводять, що ДВЗ мають значний потенціал для подальшого вдосконалення. Незважаючи на багаторічну історію розвитку, саме завдяки сучасним комп'ютерним технологіям, цифровому моделюванню та високоточним методам вимірювання з'явилася можливість глибше аналізувати процеси, що відбуваються в циліндрі. Одним із головних напрямів інтенсифікації ефективності ДВЗ є підвищення точності розрахунку теплообміну, який безпосередньо впливає на температуру робочих поверхонь, втрати енергії та екологічні показники двигуна.

Розроблені програмні комплекси дозволяють не лише моделювати процеси горіння та теплообміну, а й оцінювати вплив конструктивних параметрів двигуна (форми камери згоряння, швидкості поршня, системи охолодження тощо) на загальну теплову ефективність. Такий підхід відкриває нові можливості для створення більш економічних, екологічно чистих і довговічних двигунів нового покоління.

Розроблена система, яка поєднує закони термодинаміки та теплообміну, створює комплексну математичну модель процесу згоряння у двигуні. Вона дозволяє з високою точністю описати зміну стану робочого тіла в циліндрі, ураховуючи взаємозв'язок між температурою, тиском, об'ємом і тепловими втратами.

Використання методу Рунге–Кутта для чисельного інтегрування рівнянь забезпечує отримання плавних і точних залежностей зміни параметрів у часі, що особливо важливо для моделювання нестационарних процесів у камері згоряння. Універсальність рівнянь дозволяє застосовувати модель не лише для робочих тактів двигуна, але й для процесів наповнення та випуску, що робить її ефективним інструментом для аналізу повного циклу.

Найбільш складним елементом моделі є побудова реалістичної характеристики тепловиділення, яка відображає справжній перебіг хімічних і

фізичних процесів у камері згоряння. На відміну від класичних емпіричних методик, новий підхід базується на фізико-хімічному моделюванні – з урахуванням турбулентності, фронту полум'я, геометрії камери та кінетики реакцій.

Таким чином, процес згоряння розглядається як послідовність трьох взаємопов'язаних стадій – займання, активного горіння та догорання, що дає змогу більш точно оцінювати теплові втрати, тиск у циліндрі, ефективність перетворення енергії та рівень токсичності відпрацьованих газів.

Завдяки цьому підходу відкриваються нові можливості для оптимізації конструкції камери згоряння, підвищення паливної економічності та зменшення викидів шкідливих речовин, що є ключовими вимогами до сучасних автомобільних двигунів.

У процесі чисельного моделювання розрахунків параметрів робочого циклу проводиться на дуже малих часових інтервалах, що відповідають певним кутам повороту колінчастого вала. Такий підхід дозволяє з високою точністю врахувати швидкоплинні зміни температури, тиску та об'єму в циліндрі.

Особливу увагу приділено втратам теплоти, які відбуваються внаслідок теплопередачі до стінок циліндра та дисоціаційних процесів у продуктах згоряння. Для цього використовується модернізована методика розрахунку теплових втрат, що базується на рівнянні відносної конвективної тепловіддачі.

У розрахунках ділянки стиснення та розширення враховується швидкість руху газів, яка визначається за спеціальною аналітичною залежністю, а також витік робочого тіла через поршневі кільця, що впливає на ефективність процесу.

$$\begin{aligned}\frac{dp}{d\phi} &= \frac{k}{V} \left(\frac{(k-1)dQ}{kd\phi} - \frac{pdV}{d\phi} - \frac{p_k dV_k}{d\phi} \right); \\ \frac{dT}{d\phi} &= \frac{1}{c_v M} \left(\frac{dQ}{d\phi} - \frac{c_v T dM}{d\phi} - \frac{pdV}{d\phi} - \frac{p_k dV_k}{d\phi} \right)\end{aligned}\quad (4.1)$$

$$d_k = kD^{0,2}p^{0,8}T^{-0,336}W^{-0,8}\quad (4.2)$$

$$W = k_2 - \frac{n \left(\varepsilon - \frac{p_z T_a}{p_a T_z} \right) \{ k_3 + \cos(2\varphi) \}}{30 \frac{f_{\text{вср}}}{V_n} (\varepsilon - 1)} \quad (4.3)$$

$$\frac{dM}{d\varphi} = \Phi_K \bar{\varepsilon}_K f_K \Psi \frac{p}{6n \sqrt{RT}} \quad (4.4)$$

Після розрахунку основних характеристик робочого циклу виконується оптимізація параметрів двигуна. Вона спрямована на досягнення максимального індикаторного ККД та потужності за рахунок вибору оптимального складу паливно-повітряної суміші та кута випередження запалювання.

На наступному етапі проводиться розрахунок механічних втрат, що базується на гідродинамічній теорії тертя. При цьому враховуються розміри та шорсткість поверхонь тертя, швидкісні режими роботи, температура та в'язкість мастильного матеріалу.

Завершальним етапом моделювання є визначення ефективних показників двигуна (потужності, питомої витрати палива, термічного ККД тощо), після чого розпочинається деталізований аналіз і моделювання процесу згоряння, який дозволяє оцінити повноту використання енергії палива та рівень токсичності вихлопних газів.

Після появи іскри в камері згоряння утворюється початковий плазмовий осередок займання, який має форму розширюваної напівсфери. На початковому етапі, коли розміри цього осередку невеликі, процес розповсюдження полум'я описується закономірностями дрібномасштабної турбулентності. У цей момент горіння характеризується низькою швидкістю полум'я, оскільки рух газів у циліндрі ще не створює значних турбулентних завихрень.

$$U_{\text{тм}} = U_{\text{н}} \left(1 - \frac{W' l}{\rho} \right) \quad (4.5)$$

$$\frac{Q_{\text{н}} - \Delta Q_{\text{хлм}} - \Delta Q_{\text{д}}}{\gamma l_0 (1 + \gamma')} + \mu c_{v_i} T_c = \beta \mu c_{v_i} T_z \quad (4.6)$$

$$\theta_1 = \frac{3,72n}{U_{TM}} \sqrt{\frac{\Delta\chi_i \left\{ \left[1 + \cos\Theta_{\text{зак}} + \frac{\lambda(1 - \cos\Theta_{\text{зак}})}{4} \right] (\varepsilon - 1) + 1 \right\} \left(\frac{T_x}{T_c} \right)^{\frac{n_1}{n_1 - 1}}}{\left[\left(\frac{T_z}{T_c} \right)^{\frac{n_1}{n_1 - 1}} \right] \Delta\chi_i + 1}} \quad (4.7)$$

Після збільшення розмірів осередку до масштабу турбулентних пульсацій починає діяти механізм великомасштабного турбулентного горіння, який сприяє інтенсифікації процесу згоряння. У цей період температура полум'я зростає, а хімічні реакції прискорюються. Під час первинних реакцій окиснення вуглець згорає до чадного газу, а частина водню залишається у відновленому стані. Подальше повне окиснення компонентів відбувається в глибині полум'яної зони, де концентрація кисню поступово зменшується.

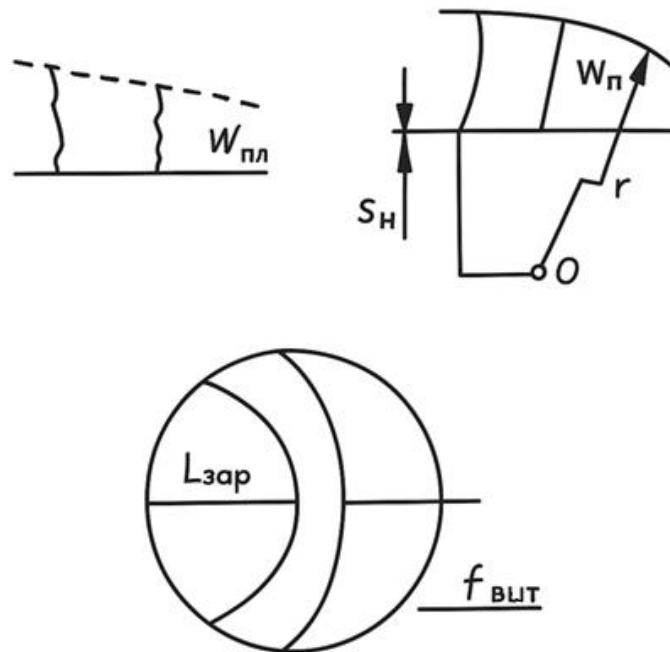


Рисунок 4.1 – Схема згоряння

На основі розрахунків встановлено, що фронт полум'я проходить шлях 15–20 мм від свічки запалювання, формуючи початкову зону горіння. Надалі ця зона розширюється за рахунок дифузії, перемішування та турбулентності, що призводить до підвищення рівномірності згоряння суміші.

В основній фазі процес горіння поділяється на три взаємопов'язані зони:

- зону незгорілої паливно-повітряної суміші;
- зону активного полум'я;
- зону продуктів згоряння.

Швидкість перебігу процесу в кінцевій фазі визначається інтенсивністю обертальних потоків робочої суміші в камері згоряння, тоді як хімічний склад і властивості палива впливають переважно на товщину та структуру полум'яного фронту.

Такий підхід до опису згоряння дозволяє більш точно моделювати динаміку тепловиділення, а отже – підвищувати ефективність згоряння, економічність і зменшувати шкідливі викиди двигуна.

Температура паливної суміші перед фронтом полум'я визначається з урахуванням її стискання під дією продуктів згоряння. Температура полум'я в основній фазі обчислюється з урахуванням тепловиділення, тепловіддачі, руху поршня та розширення газів у процесі згоряння:

$$T_{\text{пл}} = T_{\text{с}} \left[\frac{\int_{\Phi_0}^{\Phi_l} (dQ - p dV)}{Mc_p} \right] \left(1 + \frac{\Delta p}{p} \right) \quad (4.8)$$

Коли осередок горіння збільшується настільки, що його розміри стають порівнянними з масштабом великих турбулентних пульсацій, швидкість згоряння починає залежати від швидкості цих пульсацій. Вони утворюються внаслідок струминних потоків газу в камері згоряння, які виникають через високу швидкість надходження паливно-повітряної суміші через впускний клапан під час такту впуску, а також через витіснення газів із проміжку над поршнем при його русі поблизу верхньої мертвої точки наприкінці такту стиснення.

Швидкості струминних потоків визначаються для двох частин камери (рис. 4.1): першої – між свічкою запалювання та поріжком витіснювача, і другої – у зазорі самого витіснювача.

У першій зоні турбулентні потоки формуються під час впуску; у процесі стиснення їхня інтенсивність знижується, але поблизу ВМТ знову зростає внаслідок часткового перерозподілу енергії великих вихорів у високочастотні пульсації при зменшенні об'єму камери.

У цій моделі детально описано динаміку потоків газу в камері згоряння на мікро- та макрорівнях. Рух поршня поблизу верхньої мертвої точки спричиняє складну систему локальних струминних течій, які впливають на утворення та поширення турбулентного полум'я. Розрахункові формули дають змогу оцінити не лише швидкість потоку в щілині витіснювача, а й інтенсивність турбулентних пульсацій, що визначають швидкість горіння.

$$W = 0,1047 \frac{f_{\text{вип}}}{l_{\text{вип}}} n \left(\frac{1}{\frac{2}{\varepsilon - 1} + \sigma} - \frac{1}{\frac{\Delta}{R_{\text{cp}}} + \sigma} \right) \sigma' \quad (4.9)$$

$$W' = K_r \text{Re} = k_r \frac{Whl}{\nu(h+1)} \quad (4.10)$$

$$U_T = aW' + b_0 \quad (4.11)$$

$$U_T = kp^n e^{-\frac{E}{R_r}} W' + U_H \quad (4.12)$$

$$W_{\text{пл}} = W + U_T \quad (4.13)$$

Таким чином, розглянута методика забезпечує більш точне моделювання процесів згоряння в ДВЗ, що є важливою умовою підвищення його ефективності та зниження втрат енергії.

Тому, проведене дослідження за запропонованим методом надає можливість здійснювати детальний і комплексний аналіз впливу, конструктивних особливостей камери, а також кута випередження запалювання на основні показники робочого процесу двигуна. До таких параметрів належать: швидкість згоряння суміші, інтенсивність тепловиділення, величина втрат теплоти у стінки циліндра, індикаторний коефіцієнт корисної дії, рівень тиску та температури газів упродовж циклу, а

також інші важливі характеристики, що визначають ефективність і надійність роботи двигуна внутрішнього згоряння.

Система має широкі функціональні можливості. Вона дозволяє не лише аналізувати індикаторні діаграми двигунів, але й за допомогою обчислювальних експериментів визначати всі основні параметри робочих процесів циклу. Програма здійснює моделювання реальних процесів у циліндрі з урахуванням фізико-хімічних закономірностей горіння, теплообміну та газообміну, що дає змогу з високою точністю відтворювати поведінку двигуна в різних експлуатаційних режимах.

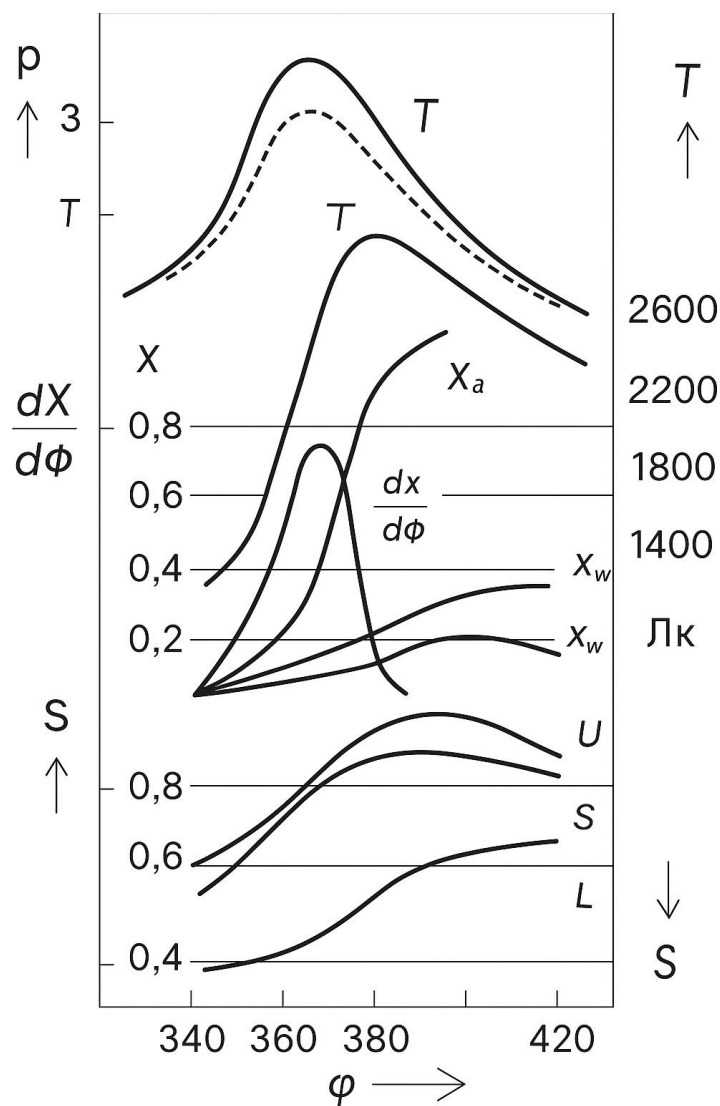


Рисунок 4.2 – Криві індикаторного процесу ДВЗ за повного навантаження
($n = 3600 \text{ хв}^{-1}$)

Результати моделювання наочно підтверджуються порівнянням з експериментальними даними. Це добре видно на рисунку 4.2, де наведені індикаторні діаграми ДВЗ (2,445 л). Графік демонструє високу узгодженість між теоретичними розрахунками та фактичними характеристиками двигуна, що підтверджує достовірність використаної моделі процесу згоряння. Аналіз отриманих даних показує, що відхилення між розрахунковими і експериментальними значеннями середнього індикаторного тиску в різних режимах роботи двигуна не перевищує 4 – 8 %, що свідчить про високу достовірність і адекватність застосованої методики.

Отже, отримані результати дозволяють зробити висновок, що розроблений метод є ефективним інструментом для прогнозування і вдосконалення параметрів роботи поршневих двигунів. На основі таких досліджень можна оптимізувати конструкцію камери згоряння, вибрати раціональний склад паливно-повітряної суміші та встановити оптимальні кути випередження запалювання, що сприятиме підвищенню ефективності двигуна, зменшенню витрати палива та зниженню шкідливих викидів.

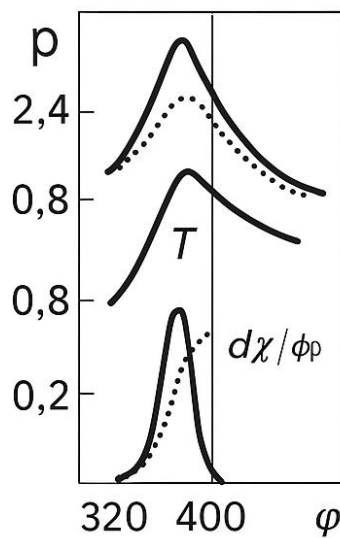
Є всі підстави довіряти і результатам, наведеним на рисунку 4.3, де подано розрахункові характеристики тепловиділення ДВЗ при різних навантаженнях, співвідношеннях паливно-повітряної суміші та кутах випередження запалювання. Окрім того, наведені цикли, синтезовані на основі цих характеристик, демонструють узгодженість між теоретичними розрахунками та практичними результатами, що підтверджує ефективність використаної математичної моделі при аналізі і вдосконаленні процесу згоряння у сучасних бензинових двигунах.

Таким чином, запропонований підхід можна вважати перспективним напрямом розвитку інженерних методів моделювання поршневих ДВЗ, який створює основу для подальшої автоматизації процесів розроблення, дослідження та оптимізації конструкцій двигунів нового покоління.

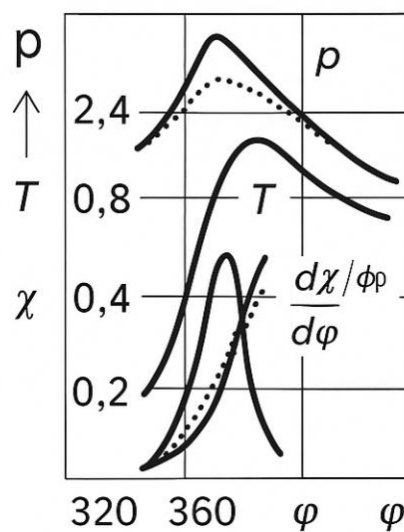
Результати досліджень показали, що між розрахунковими даними і експериментальними вимірюваннями існує хороша відповідність. Це

підтверджують криві, що відображають швидкість поширення турбулентного полум'я (рис. 4.4), а також значення індикаторного ККД ДВЗ, які були отримані як у ході розрахунків, так і на основі відомих досліджень (рис. 4.5).

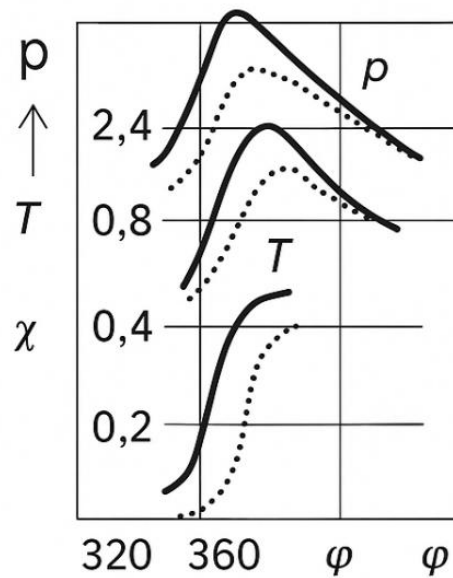
Обчислювальні експерименти засвідчили, що синтезовані криві тепловиділення формуються під впливом основних конструктивних і режимних параметрів двигуна. До них належать форма камери згоряння, кут випередження запалювання, склад паливоповітряної суміші, інтенсивність турбулізації заряду, величина навантаження та частота обертання колінчастого вала. Власне ці ж чинники визначають і перебіг реальних процесів тепловиділення в циліндрі.



а)



б)



в)

Рисунок 4.3 – Цикли ДВЗ: а - при швидкості обертання колінчастого вала 4200 хв^{-1} і коефіцієнті надлишку повітря $I=1,0$: суцільна лінія відповідає навантаженню 80%, пунктирна - 50 %; б - при повному навантаженні та частоті обертання 4200 хв^{-1} : суцільна лінія показує роботу двигуна при $\alpha=0,8$, пунктирна - при $\alpha=1,15$; в - при повному навантаженні та $\alpha=1,0$ і $n=4200 \text{ хв}^{-1}$: суцільна лінія відповідає куту випередження запалювання 50° , тонкий пунктир - 40° , товстий пунктир - 30° .

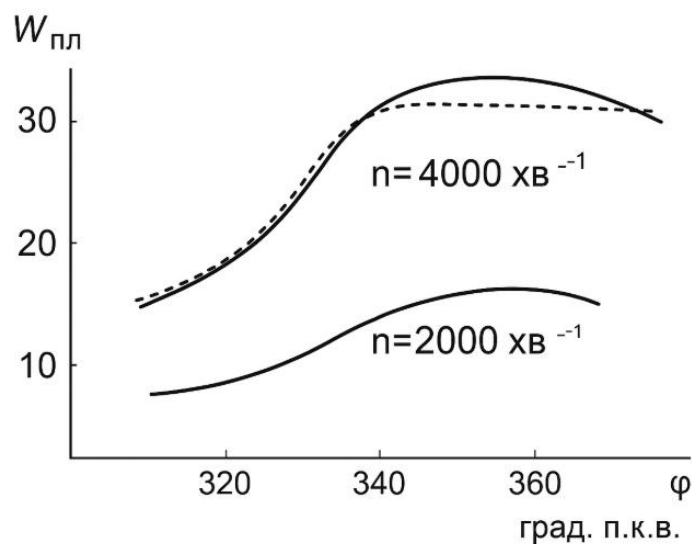


Рисунок 4.4 – Залежність швидкості полум'я від кута повороту колінчастого вала та частоти його обертання.

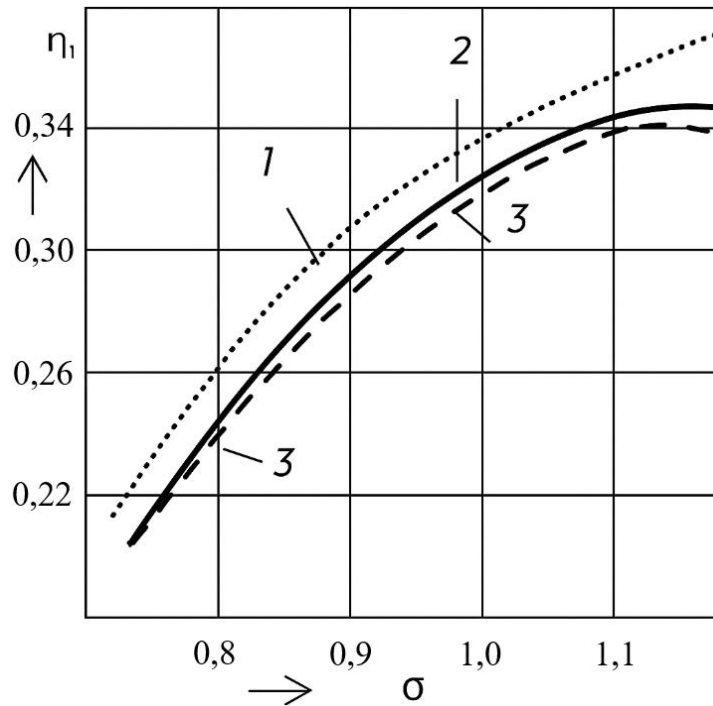


Рисунок 4.5 - Індикаторний ККД ДВЗ залежно від коефіцієнта надлишку повітря при повному навантаженні ($n=4200 \text{ хв}^{-1}$).

На графіку 4.5 подано три криві: 1 – розрахунки за спрощеною моделлю, де тепло підводиться миттєво; 2 – з урахуванням реальних процесів згоряння; 3 – дослідницькі дані.

Отже, результати досліджень підтверджують, що математичне моделювання процесу згоряння у двигуні з іскровим запалюванням є ефективним інструментом прогнозування. Воно дозволяє передбачити перебіг процесу при зміні конструктивних параметрів двигуна, регулювань системи запалювання чи паливоподачі, а також при різних режимах роботи. При цьому моделювання потребує значно менше часу та ресурсів, ніж проведення численних експериментів.

Таким підходом можна користуватися на етапі проектування або удосконалення двигуна. Це допомагає скорочувати витрати на випробування, підбирати оптимальні параметри ще до створення дослідних зразків.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Оцінка небезпеки радіоактивного забруднення місцевості

1. Особливості впливу радіоактивного забруднення на виробничу діяльність АТП.

Вплив на персонал.

Персонал дільниці ремонту двигунів піддається ризику:

- зовнішнього опромінення (гамма-випромінювання);
- внутрішнього опромінення через аерозолі;
- хронічного накопичення доз.

Вплив на електронне обладнання.

Особливо чутливі до іонізуючого випромінювання:

- блок управління двигуном (ECU) Y30XE;
- датчики детонації та масової витрати повітря;
- осцилографи та діагностичні комплекси;
- тестери фаз газорозподілу;
- комп'ютерні стенди динамічних випробувань.

Іонізуюче випромінювання змінює провідність матеріалів, порушує роботу транзисторів і мікросхем, викликає "збої" в блоках пам'яті.

3. Вплив на технологічні процеси.

Радіоактивне забруднення може:

- унеможливити роботу вентиляційних систем;
- призвести до забруднення мастил і технічних рідин;
- знизити точність діагностики процесу згоряння;
- ускладнити роботу персоналу в ЗІЗ.

4. Вплив на зони зберігання автомобілів.

Автомобілі, що стоять на території підприємства, можуть:

- накопичувати радіонукліди на кузові;
- забруднювати майстерні при в'їзді;
- вимагати дезактивації перед обслуговуванням.

2. Оцінка ступеня радіаційної небезпеки для підприємства.

1. Вимірювання потужності дози на території підприємства.

Визначається:

- фонове значення;
- значення на території стоянки;
- всередині воріт та боксів;
- у вентиляційних каналах.

Перевищення 0,6 мкЗв/год потребує:

- обмеження перебування персоналу;
- закриття ділянки двигунів.

2. Прогнозування переміщення радіоактивної хмари.

Беруться до уваги:

- напрям і швидкість вітру;
- рельєф місцевості;
- щільність забудови.

На основі прогнозу визначають:

- можливість закриття АТП;
- схеми укриття персоналу;
- необхідність евакуації.

3. Аналіз ступеня забруднення технічних рідин.

У разі аварії можливе забруднення:

- охолоджувальної рідини;
- моторного мастила;
- бензину в резервуарах.

Контамінація вимагає утилізації рідин як радіоактивних відходів.

3. Заходи забезпечення радіаційної безпеки АТП.

1. Інженерно-технічні заходи.

- Герметизація приміщень ділянки двигунів.
- Переобладнання вентиляції із фільтрами поглинання радіоаерозолів.
- Модернізація електронного обладнання для захисту від іонізуючого

випромінювання.

- Організація пункту контролю радіації на в'їзді.

2. Організаційні заходи.

- складання плану радіаційного захисту;
- інструктажи персоналу;
- взаємодія з територіальними підрозділами ЦЗ;
- створення запасів ЗІЗ (протигази, костюми).

3. Медико-профілактичні заходи.

- дозиметричний контроль працівників;
- медогляди;
- укриття в протирадіаційних спорудах;
- обмеження часу роботи в забрудненій зоні.

4. Дії персоналу АТП у разі радіаційної НС.

1. Алгоритм оповіщення.

- Сигнал від системи ЦЗ →
- Збір персоналу →
- Перехід до укриття →
- Видача ЗІЗ.

2. Дії чергового персоналу.

- вимкнення обладнання;
- закриття повітряних заслінок;
- герметизація воріт;
- зупинка вентиляції.

3. Заходи після проходження хмари.

- дезактивація території;
- миття автомобілів;
- очищення вентиляційних каналів;
- відбір проб рідин.

5. Відновлення роботи дільниці двигунів після радіаційної НС.

1. Радіаційна розвідка.

Проводиться:

- зовнішня (території);
- внутрішня (бокси, інструмент);
- технічна (обладнання).

2. Дезактивація приміщень.

Методи:

- механічне очищення;
- хімічні розчини;
- видалення забруднених матеріалів.

3. Контроль після дезактивації.

- повторні виміри дозиметром;
- оформлення протоколів;
- дозвіл на відновлення роботи.

Оцінка небезпеки радіоактивного забруднення та розроблення заходів радіаційного захисту є важливим елементом забезпечення сталості роботи автотранспортного підприємства, яке обслуговує двигуни Y30XE Opel Omega (B). Радіаційні фактори можуть вплинути на персонал, електронне діагностичне обладнання, технологічні процеси, а також на якість технічного обслуговування двигунів. Комплекс технічних, організаційних та санітарно-профілактичних заходів дозволяє мінімізувати вплив радіаційної небезпеки та забезпечити безпечну роботу підприємства навіть в умовах НС.

5.2 Розрахунок по шуму

На ділянці по ремонту гальмівних систем встановлений стенд для випробування камер стислим повітрям, що видає компресор. Необхідно визначити зниження рівня шуму на відстані $r = 15$ м від джерела шуму (компресора), якщо відомо, що шум на відстані l м від компресора складає $L_{\text{інтен}} = 110$ дБ.

Визначаємо ефективність від установки екрану висотою $h = 2,5$ м, довжиною $l = 6$ м; відстань від екрану до робочого місця слюсаря в зоні $b = 3$ м, частота звуку $f = 2500$ Гц.

Зниження рівня інтенсивності шуму L_r , дБ, визначається по формулі:

$$L_r = L_{\text{интен}} - 20 \lg r - 8, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

де $L_{\text{интен}}$ – рівень інтенсивності шуму на відстані 1 м від джерела, дБ;

r – відстань від зовнішніх джерел.

$$L_r = -110 - 20 \lg 15 - 8 = 79 \text{ дБ}.$$

Для визначення ефективності від установки екрану визначаємо величину K по формулі:

$$K = 0,05 \cdot f^{0,5} \cdot \left(\frac{h^2 \cdot \left(\frac{l}{b}\right)^2}{1 + 4 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2} \right)^{0,5}, \quad (5.2)$$

де f – частота звуку, Гц;

h – висота екрану, м;

l – довжина екрану, м;

b – відстань від екрану до робочого місця, м;

a – відстань від екрану до джерела шуму, м.

$$K = 0,05 \cdot 2500^{0,5} \cdot \left(\frac{2,5^2 \cdot \left(\frac{6}{3}\right)^2}{1 + 4 \cdot \left(\frac{1,5}{3}\right)^2} \right)^{0,5} = 4,7.$$

Визначаємо ефективність екрану ΔL_e для $K = 4,7$; $\Delta L_e = 21,4$ дБ.

ВИСНОВКИ

Умови експлуатації автомобілів у Тернопільській області мають істотний вплив на технічний стан та довговічність бензинових двигунів, зокрема силових агрегатів Y30XE, що встановлюються на Opel Omega (B). Аналіз кліматичних, дорожніх і експлуатаційних факторів показав, що коливання температури впродовж року, підвищена вологість повітря та часті опади створюють умови для прискореної корозії металевих деталей і погіршення якості паливно-повітряної суміші під час холодних запусків. У зимовий період збільшується навантаження на систему змащення й охолодження, а також підвищується ризик утворення конденсату в картері та впускній системі.

Особливості дорожньої інфраструктури регіону – наявність ділянок із нерівним покриттям, заторів і частих режимів «місто-траса» – сприяють коливанням теплового навантаження на двигун та збільшують частоту роботи в режимах неповного навантаження. Це зумовлює інтенсивніше забруднення камери згоряння, форсунок і дросельного вузла, а також сприяє поступовому погіршенню параметрів процесу згоряння.

Якість пального на регіональному ринку також впливає на ресурс ДВЗ. Використання пального з невідповідними октановими характеристиками або підвищеним вмістом домішок може викликати детонацію, збіднення суміші та нерівномірність роботи циліндрів. Усе це призводить до додаткового навантаження на поршневу групу, збільшення зносу кілець і клапанного механізму.

За підсумками аналізу можна стверджувати, що для забезпечення ресурсу та стабільної роботи ДВЗ Y30XE в умовах регіону необхідно дотримуватись скорочених інтервалів технічного обслуговування, використовувати якісні моторні оливи та пальне, а також своєчасно виконувати діагностику систем упорскування палива, запалювання та вентиляції картера. Регулярний контроль параметрів процесу згоряння, стану двигуна та герметичності впускної системи дозволяє підтримувати оптимальну ефективність роботи двигуна та збільшувати його фактичний ресурс у реальних умовах експлуатації.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Opel Omega B. Service Manual. — General Motors Europe, 1994–2003. — 712 p.
2. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: підручник. — К.: Арістей, 2005. — 476 с.
3. 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.
4. 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.
5. Канарчук В.Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах - К.: Логос, 1996. - 348 с.
6. 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.
7. Кисляков В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів: Підручник. — К.: Либідь. 2006. — 400 с.
8. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. — м. Харків, 1991р.-274с.
9. 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 .
10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. — К.: Знання-Прес, 2003. — 511 с.
11. Мигаль, В. Д. Методи технічної діагностики автомобілів: навч. посібник / В.Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014
12. 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.

13. 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.

14. 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

15. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

16. Сахно В. П., Григоращенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К.: Національний транспортний університет, 2013. 200 с.

17. 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.

18. 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.

19. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.

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

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Розрахунок сумарного річного пробігу

N – кількість автомобілів за рік;

$L_{сер}$ – середньорічний пробіг одного автомобіля.

2.3 Розрахунок виробничої програми з ТО і ПР

N – кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО протягом року, од.;

$n_{ПК}$ – кількість заїздів одного автомобіля для виконання протикорозійної обробки кузова за рік, разів;

$t_{ПК}$ – разова трудомісткість протикорозійної обробки одного автомобіля, люд·год.

2.4 Розрахунок чисельності виробничих робітників

$R_{тех}$ – розрахункова кількість технологічно необхідних робітників, осіб;

$T_{ТТ}$ – річна трудомісткість робіт за видом або групою робіт, люд·год/рік;

$F_{РВ}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного робітника, год/рік.

$R_{шт}$ – необхідна штатна чисельність робітників, осіб;

F_p – ефективний (корисний) річний фонд робочого часу, год/рік.

2.6 Кількість постів в і автомобіле-місць очікування

$n_{п}$ – розрахункова кількість постів даного виду, од.;

ϕ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на СТО;

$T_{п}$ – річний обсяг постових робіт певного виду, люд·год;

$D_{РГ}$ – кількість робочих днів станції на рік, днів;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

$R_{сер}$ – середня кількість робітників, які одночасно працюють на одному посту, чол.;

S – кількість змін роботи постів;

η – коефіцієнт використання робочого часу поста.

$n_{м}$ – кількість постів механізованої мийки, од.;

$\phi_{м}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на мийну ділянку;

$N_{с}$ – добова кількість заїздів автомобілів на мийну ділянку, авт./добу;

$T_{доб}$ – тривалість роботи мийної ділянки на добу, год;

$Q_{м}$ – продуктивність мийної установки, авт./год;

$\eta_{м}$ – коефіцієнт використання робочого часу мийного поста.

$N_{річ}$ – річна кількість мийок автомобілів;

$D_{РГ}$ – кількість робочих днів СТО на рік.

$n_{пр}$ – кількість постів приймання, од.;

$\varphi_{\text{пр}}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів (1,2–1,4);
 $N_{\text{зс}}$ – добова кількість заїздів автомобілів на СТО, авт./добу;
 $T_{\text{пр}}$ – тривалість роботи зони приймання на добу, год;
 $Q_{\text{пр}}$ – пропускна здатність одного поста приймання, авт./год (звичайно 2–3 авт./год).
 $N_{\text{фарба,зм}}$ – кількість пофарбованих автомобілів за зміну;
 $Q_{\text{камери}}$ – пропускна здатність однієї комбінованої окрасочно-сушильної камери, авт./зм.

2.7 Річний обсяг робіт

T – річний обсяг робіт СТО з ТО і ПР, люд·год/рік;
 $N_{\text{СТО}}$ – кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО протягом року, од.;
 $L_{\text{р}}$ – середньорічний пробіг одного автомобіля, км;
 t – питомий (удільний) показник трудомісткості робіт з ТО і ПР, люд·год/1000 км.
 $T_{\text{мот}}$ – річний обсяг робіт моторної дільниці, люд·год/рік;
 $\alpha_{\text{мот}}$ – частка моторних робіт у загальному обсязі, частка одиниці;
 T – річний обсяг робіт СТО з ТО і ПР, люд·год/рік.
 $F_{\text{п}}$ – річний фонд робочого часу поста, год/рік;
 $D_{\text{рг}}$ – кількість днів роботи СТО протягом року, днів;
 $T_{\text{см}}$ – тривалість зміни, год;
 S – кількість змін роботи поста;
 n – коефіцієнт використання робочого часу поста.

2.8 Робітники моторної дільниці

$R_{\text{мот}}$ – необхідна кількість виробничих робітників моторної дільниці, осіб;
 $T_{\text{мот}}$ – річний обсяг робіт моторної дільниці, люд·год/рік;
 FP – ефективний річний фонд робочого часу одного робітника, год/рік.

2.9 Пости моторної дільниці

$n_{\text{п,мот}}$ – розрахункова кількість постів моторної дільниці, од.;
 φ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на СТО (для невеликої СТО приймають 1,1–1,2);
 $T_{\text{мот}}$ – річний обсяг робіт моторної дільниці, люд·год/рік;
 FP – річний фонд часу одного поста, год/рік;
 $R_{\text{ср}}$ – середня кількість робітників, які одночасно працюють на одному посту.

2.10 Розрахунок площі моторної дільниці

$f_{об}$ – сумарна площа горизонтальної проєкції обладнання за габаритними розмірами, m^2 ;

K_p – коефіцієнт щільності розстановки обладнання.

4.1.

p – тиск;

φ – кут повороту колінчастого вала;

κ – відношення теплоємностей;

Q – теплота;

$\frac{dV_k}{d\varphi}$ – зміна об'єму заряду внаслідок процесів теплообміну та витоків через кільцеві ущільнення;

$\frac{dQ}{d\varphi}$ – виділення теплоти під час згоряння, тепловіддача у стінки та на дисоціацію;

$\frac{dV}{d\varphi}$ – зміна об'єму циліндра;

T – температура;

c_v – теплоємність;

M – маса робочого тіла;

D – діаметр циліндра;

W – швидкість робочого тіла в циліндрі;

n – частота обертання;

ε – ступінь стискання;

k_2, k_3 – числові коефіцієнти для різних етапів робочого процесу;

p_z, T_z – тиск і температура в камері згоряння;

p_u, T_u – тиск і температура паливо-повітряної суміші на вході в циліндр;

$f_{Вос}$ – середня площа впускного отвору;

V_h – робочий об'єм;

φ_k – коефіцієнт швидкості;

ζ_k – коефіцієнт звуження струменя;

f_k – площа у замку кільця;

ψ – функція витікання;

R – газова стала;

U_H – початкова швидкість згоряння;

Wi – добуток турбулентних пульсацій на масштаб турбулентності;

ρ – коефіцієнт теплопровідності;

Q_H – кількість теплоти від згоряння палива;
 $\Delta Q_{\text{хім}}$ – втрати теплоти внаслідок хімічної неповноти згоряння;
 $\Delta Q_{\text{дис}}$ – втрати теплоти внаслідок дисоціації;
 γ – коефіцієнт надлишку повітря;
 γ^r – коефіцієнт залишкових газів;
 l_o – кількість повітря для згоряння 1 кг палива;
 μ – молярна маса;
 β – коефіцієнт молекулярної зміни;
 $\theta_{\text{зж}}$ – кут випередження запалювання;
 n_1 – коефіцієнт політропи;
 c_p – теплоємність;
 φ_0 – кут початку процесу згоряння;
 φ_i – поточний кут;
 R – радіус кривошипа;
 L – довжина шатуна.
 K_T – коефіцієнт турбулентності;
 l, h – поточні значення ширини та висоти камери згоряння;
 ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості;
 E – енергія активації;
 R_T – газова стала.