

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«31» 12 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Модернізація паливної апаратури двигуна 4Ч7,4/6,6 шляхом використання примусового впорскування палива

Виконав:

студент групи 61-ТЕМмаг-23з
Дроздова О.А.
(підпис)

Керівник роботи:

Галинкін Ю.М.
(посада, науковий ступень, вчене звання)

Галинкін Ю.М.
(підпис)

Первомайськ - 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»
Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми

(підпис)
«___» _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Дроздова Олена Анатоліївна

1. Тема роботи: «Модернізація паливної апаратури двигуна 4Ч7,4/6,6 шляхом використання примусового впорскування палива».

Керівник роботи к.т.н. Галинкін Ю.М.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 09.09.2024 за № 53.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру 25.11.2024 року.

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип 4Ч7,4/6,6 з робочим об'ємом циліндрів 1197 см³.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

Вступ. 1. Опис двигуна та пропозиції по його вдосконаленню. 2. Паливна система двигуна та розрахунок робочого процесу двигуна. 3. Економічний розділ. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Загальний вигляд двигуна (СК). 2. Поздовжній переріз двигуна (СК). 3. Паливна система двигуна (СХ). 4. Індикаторні діаграми (СХ).

6. Консультанти роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «09» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	
1	Вступ.	16.09.2024	
2	Загальний розділ.	23.09.2024	
3	Конструкторський розділ.	07.10.2024	
4	Науковий розділ.	28.10.2024	
5	Охорона праці та навколишнього середовища.	18.11.2024	
6	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.	25.11.2024	
7	Оформлення кваліфікаційної роботи	09.12.2024	

Студент

(підпис)

Дроздова О.А.

Керівник
роботи

(підпис)

к.т.н. Галинкін Ю.М.

Анотація

Представлений дипломний проект містить у собі 78 сторінок, 41 рисунок, 5 таблиць. При підготовці проекту було використано 12 джерел інформації.

У кваліфікаційній роботі запропоновано замінити карбюраторну паливну систему автомобільного двигуна сучасною паливною системою з впорскуванням палива під тиском. Використані форсунки управляються електричними імпульсами від блоку управління, що дозволяє впорскувати необхідну дозу палива на будь якому режимі роботи двигуна, а надлишковий тиск палива забезпечує високу якість розпилювання незалежно від циклової дози палива.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, паливна система, форсунка, блок управління

Abstract

The diploma project includes 78 pages, 41 drawings, 5 tables. At design preparation it has been used 12 information source.

In the qualification work, it is proposed to replace the carburetor fuel system of the car engine with a modern fuel system with fuel injection under pressure. The used injectors are controlled by electric pulses from the control unit, which allows injecting the required dose of fuel in any engine operating mode, and excess fuel pressure ensures high-quality spraying regardless of the cycle dose of fuel.

Keywords: internal combustion engine, fuel system, injector, control unit

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТА ЙОГО.....	6
СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ.....	6
1.1 Опис транспортного засобу.....	6
1.3 Опис конструкції двигуна	7
РОЗДІЛ 2. ПАЛИВНА СИСТЕМА ДВИГУНА ТА РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА.....	26
2.1 Карбюраторна паливна система	26
2.2 Метод Гриневецького – Мазінга	34
2.3. Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна..	35
2.4. Розрахунок робочого циклу	37
2.5 Побудова індикаторної діаграми	44
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНА.....	46
3.1 Система L-Jetronic	46
3.2 Збір змінних робочих параметрів	49
3.3 Особливості роботи системи L-Jetronic	57
3.4 Модифікації система L-Jetronic	64
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	72
4.1 Охорона праці при експлуатації автомобільних двигунів	72
4.2 Захист навколишнього середовища при експлуатації автомобільних двигунів	73
ВИСНОВОК.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	77

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ			
Вим..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дроздова О.А.			Модернізація паливної апаратури двигуна 447,4/6,6 шляхом використання примусового впорскування палива	Лит.	Лист	Листов
Перевір.		Галинкін Ю.М.					3	78
						63ТЕМмаг-23		
Н. Контр.		Галинкін Ю.М.						
Затв		Нестеренко В.В.						

ВСТУП

Паливна система двигуна забезпечує рівномірну та своєчасну подачу палива або паливної суміші в циліндр двигуна. Для бензинових двигунів як правило використовуються карбюраторне та примусове впорскування. Карбюраторні системи мають ряд недоліків, які роблять їх менш ефективними у порівнянні з сучасними системами впорскування. Вони забезпечують недостатньо точний контроль над подачею палива, що призводить до його нерівномірного згорання, підвищеної витрати та вищого рівня викидів шкідливих речовин. Це особливо критично в умовах посилення екологічних стандартів, яких карбюраторні системи не можуть повноцінно дотримуватись, створюючи загрозу для довкілля. Крім того, карбюратори схильні до збоїв у холодну погоду, що знижує їхню надійність, особливо в умовах суворого клімату.

Ще одним вагомим недоліком є нездатність карбюраторів адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі, наприклад, до коливань температури повітря або зміни висоти над рівнем моря. Це призводить до погіршення динамічних характеристик і меншої потужності двигуна. До того ж, карбюратори потребують частого обслуговування та ручного налаштування для стабільної роботи, що робить їх менш зручними і підвищує експлуатаційні витрати. Усе це знижує актуальність карбюраторних систем на фоні зручніших і ефективніших систем впорскування.

Сучасні системи впорскування бензинового палива є важливими завдяки своїй економічній ефективності та екологічності. Завдяки точному дозуванню палива ці системи дозволяють зменшити його витрати, що є суттєвою перевагою в умовах зростання цін на енергоресурси. Крім того, сучасні системи упорскування сприяють зниженню викидів шкідливих речовин, оскільки забезпечують повніше згорання бензину. Це дозволяє автомобілям відповідати суворим екологічним стандартам у Європі та інших регіонах.

Покращені динамічні характеристики також є важливою перевагою таких систем. Технологія прямого впорскування дозволяє підвищити потужність двигуна без збільшення його об'єму, забезпечуючи водіям кращу керованість і прискорення.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Системи впорскування інтегровані з електронними блоками керування, що дає змогу автоматично адаптуватися до різних умов експлуатації, таких як зміни температури та висоти над рівнем моря.

Також такі системи сприяють розвитку технологій альтернативного палива. Сучасні системи впорскування здатні працювати з різними видами палива, наприклад, з етанолом, що потенційно може знизити залежність від традиційного бензину. Ці переваги роблять системи впорскування бензинового палива незамінними для сучасної двигунобудівної індустрії та перспективними в умовах зростання вимог до екологічності та ефективності транспорту.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Опис транспортного засобу

Компоновка (розташування вузлів) автомобілів ВАЗ 2101 зазвичай передбачає розміщення двигуна спереду. Більшість моделей ВАЗ мають переднє розташування двигуна, що забезпечує оптимальний розподіл маси по осях, підвищуючи стійкість автомобіля на дорозі. Така компоновка дозволяє також створити просторий салон для пасажирів і забезпечує зручне розміщення внутрішніх компонентів, що підвищує комфорт під час експлуатації автомобіля на дорогах з асфальтовим покриттям. Кузов автомобіля є цільнометалевою несучою конструкцією, до якої кріпиться силовий агрегат та інші елементи.

Автомобілі цього типу відзначаються високим рівнем комфорту, який визначається зручністю керування, ергономікою, розмірами та жорсткістю сидінь, що забезпечують зручну посадку водія та ефективний огляд. Салон має низький рівень шуму, вібрацій, а також відзначається хорошою ізоляцією від зовнішніх звуків, що робить поїздки комфортнішими. Ефективна система гальм дозволяє досягти високої безпеки під час руху, особливо при різкому гальмуванні з високих швидкостей. Вона має регулятор, що знижує ймовірність блокування передніх коліс, допомагаючи утримати автомобіль від заносу.

Високий рівень динамічних якостей автомобілів ВАЗ сприяє збільшенню середньої швидкості руху та полегшує маневрування. Система вентиляції та опалення забезпечує видимість через переднє та заднє скло, що підвищує безпеку керування, особливо при високих швидкостях та поганій погоді. Сидіння з можливістю регулювання по довжині та куту нахилу спинки створюють зручні умови для водія. Пасивна безпека автомобіля передбачає елементи, що зменшують

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

наслідки у випадку зіткнень, такі як ремені безпеки, безпечний кермо, а також внутрішні компоненти, що знижують травматизм водія та пасажирів.

Слід додати, що не дивлячись на те, що данні автомобілі не є сучасними та не випускаються серійно, вони досить широко розповсюджені на теренах України. Необхідність модернізації таких транспортних засобів є актуальною задачею сьогодення, основні напрямки модернізації повинні бути направлені на підвищення надійності, економічності та відповідності екологічних показників сучасним європейським нормам.

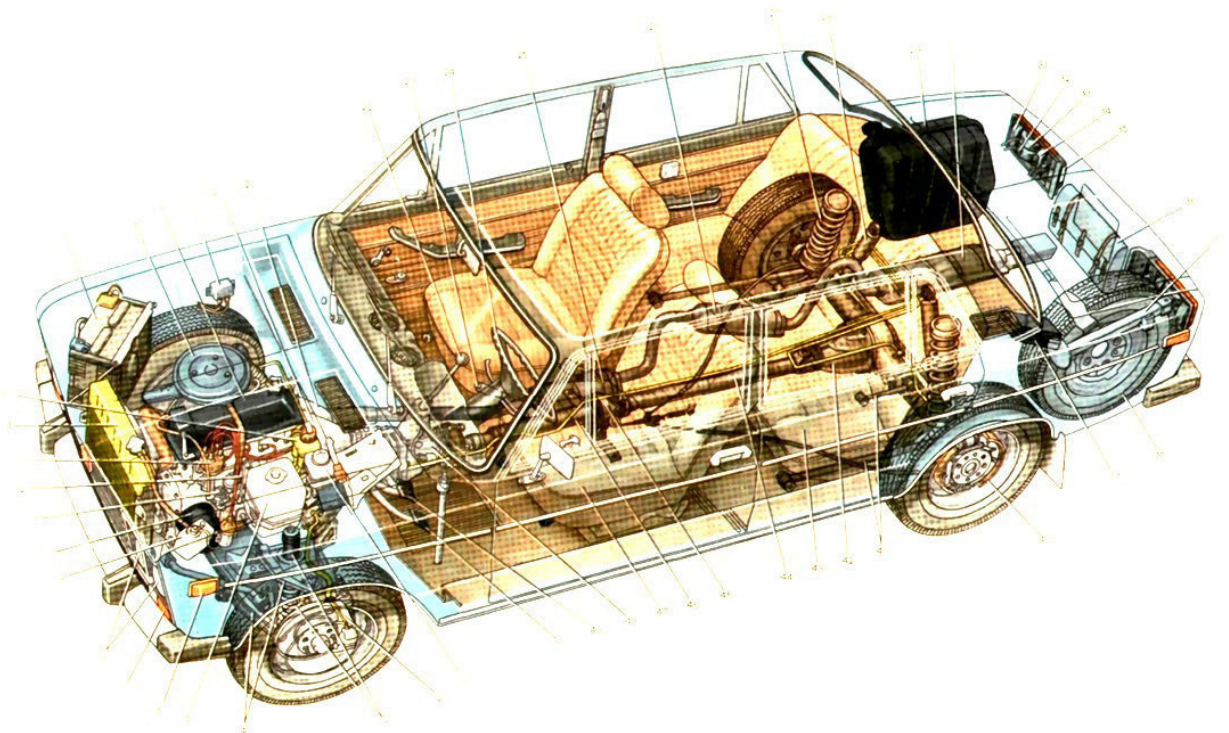


Рисунок 1.1 – Загальний вид автомобіля та розташування двигуна у ньому

1.3 Опис конструкції двигуна

Двигун 4Ч7,4/6,6 – чотирициліндровий, чотиритактний карбюраторний двигун з робочим об'ємом циліндрів 1197 см³. Хід поршня 66 мм, потужність 61 к.с., ступінь стиснення 8,5. Компоновка двигунів цього покоління відрізняється простотою та зручністю обслуговування. Усі елементи двигуна, які потребують налаштування або догляду (розподільник запалювання, свічки, карбюратор,

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

повітряний фільтр, регулювальні гвинти приводу клапанів, натяжний ролик ланцюга, масляний фільтр, генератор), розташовані в легкодоступних місцях.

Нумерація циліндрів двигуна починається від шківів приводу генератора та водяного насоса. З лівого боку головки циліндрів поруч з майданчиком плоскості відлитий номер кожного циліндра, а також порядок роботи циліндрів (1–3–4–2).

Циліндри двигуна об'єднані з верхньою частиною картера і утворюють єдину литу деталь – блок циліндрів. Така компоновка забезпечує міцність конструкції, жорсткість, компактність, надійність та зменшує масу. У нижній частині блоку циліндрів на п'яти опорах встановлений колінчастий вал. Передній та задній кінці колінчастого вала ущільнені самопіджимними гумовими сальниками.

У кожному циліндрі двигуна є один впускний і один випускний клапан. Поршні мають по два компресійні кільця і одне маслоз'ємне кільце з пружиною. Поршень з'єднаний з шатуном за допомогою поршневого пальця, запресованого у верхню головку шатуна.

Розподільний вал встановлений у корпусі на головці циліндрів і приводиться в рух від колінчастого вала дворядним роликовим ланцюгом. Переваги такого приводу – простота конструкції та менша маса порівняно з іншими видами передачі.

Блок циліндрів є основною деталлю двигуна та служить для встановлення і кріплення механізмів, агрегатів і допоміжних систем двигуна. Блок відлитий зі спеціального низьколегованого чавуну. Канали для охолоджуючої рідини розташовані вздовж всієї висоти циліндрів, що покращує охолодження поршнів і зменшує деформації блоку від нерівномірного нагрівання.

Для підвищення жорсткості нижня площина блоку опущена на 50 мм нижче осі колінчастого вала. Циліндри блоку за діаметром поділяються на п'ять класів з кроком 0,01 мм, позначених літерами А, В, С, D, Е.

Клас циліндра вказаний на площині блоку навпроти кожного циліндра. Циліндр і відповідний йому поршень повинні мати однаковий клас. При ремонті блоку циліндри можуть бути розточені і хонінговані під збільшений діаметр.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Параметри циліндро-поршневої групи

Діаметр (мм) двигуна клас моделі 2103	Діаметр (мм) двигуна моделі 2104
74,000–74,010	79,000–79,010
74,010–74,020	79,010–79,020
74,020–74,030	79,020–79,030
74,030–74,040	79,030–79,040
74,040–74,050	79,040–79,050

Поршні (з зазором 0,2...0,4 мм для двигунів моделі 2103 і 0,4...0,7 мм для двигуна моделі 2104) забезпечують зазор між поршнем та циліндром, рівний 0,05...0,07 мм для моделі 2103 і 0,06...0,07 мм для моделі 2104.

Для проведення ремонту колінчастого та шатунного механізмів випускаються деталі ремонтних розмірів:

- поршні та поршневі кільця, збільшені по діаметру на 0,4 і 0,7 мм для двигунів моделі 2103 та на 0,4 мм і 0,7 мм для двигунів моделі 2104;
- поршневі пальці, збільшені по діаметру на 0,4 мм і 0,7 мм;
- вкладиші корінних і шатунних підшипників для шийок колінчастого вала, зменшені по діаметру на 0,25, 0,5, 0,75 і 1 мм.

У нижній частині блоку циліндрів розміщені п'ять опор корінних підшипників колінчастого вала з тонкостінними сталевими алюмінієвими вкладишами. Підшипники мають знімні кришки, які кріпляться до блоку спеціалізованими болтами. Отвори під підшипники колінчастого вала у блоці циліндрів обробляються разом із кришками, тому кришки не взаємозамінні та мають позначки для правильного встановлення. Опори підшипників пронумеровані від переднього торця блоку циліндрів.

У задній опорі є гнізда для встановлення упорних напівкільць, що утримують колінчастий вал від осьових переміщень. Величина осевого зазору повинна бути в межах 0,055...0,245 мм. Якщо зазор перевищує допустимі значення,

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

встановлюються напівкільця ремонтних розмірів, збільшених на 0,127 мм. Слід пам'ятати, що канавки на одній стороні напівкільця мають бути звернені до упорних поверхонь колінчастого вала.

З жовтня 1981 р. на двигунах встановлюють переднє сталеве алюмінієве напівкільце, а заднє – металокерамічне, просочене маслом.

У лівій частині блоку встановлений вал приводу масляного насоса, розподільника запалювання та паливного насоса. Отвори під підшипники валу запресовані зі сталевими алюмінієвими втулками. Спільна обробка цих втулок у блоці забезпечує необхідну співвісність підшипників. Під час перевірки технічного стану блоку і ремонту необхідно стежити за збігом отворів для змащення у передній втулці з каналом у блоці циліндрів.

У передній частині блоку циліндрів є порожнина для ланцюгового приводу механізму газорозподілу. Ця порожнина закрита кришкою. Задня сторона блоку оснащена тримачем сальника. Кришка і тримач містять самопіджимні сальники.

З лівого боку блоку циліндрів прикріплені масляний фільтр, паливний насос, система вентиляції картера і електричні датчики тиску масла. З правого боку блоку встановлені водяний насос і генератор. У нижній частині блоку з правого і лівого боків є кріплення для установки двигуна на опорах підвіски. На верхній площині передньої лівої частини розміщений переривник-розподільник.

Знизу блок циліндрів закритий сталевим штампованим картером. Картер має перегородку для заспокоєння масла. Між піддоном картера і блоком циліндрів встановлена ущільнювальна прокладка з гуми.

Головка циліндрів для чотирьох циліндрів відлита з алюмінієвого сплаву і має камери згоряння клиноподібної форми. У головку вбудовано напрямні втулки клапанів заклепані та виготовлені з чавуну. Розміри сидла впускного клапана більші, ніж у випускного клапана.

Між головкою та блоком циліндрів встановлено прокладку, виготовлену з азбестового матеріалу з металевою окантовкою по краях отворів. Прокладка пронизана графітом і має мідну окантовку в місцях, де проходить канал для мастила

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

до розподільного вала. Щоб прокладка не приклеювалася до блоку і головки циліндрів, перед збиранням рекомендується натерти її графітовим порошком.

Головка циліндрів кріпиться до блоку одинадцятьма болтами. Для надійного і щільного прилягання головки до блоку, а також для запобігання деформаціям, болти необхідно затягувати на холодному двигуні у два прийоми за допомогою динамометричного ключа в чітко визначеній послідовності (від центру до країв, по чергово вліво та вправо).

Перший етап затягування виконується попередньо – момент затягування становить приблизно 40 Н·м для десяти основних болтів та 14,7 Н·м для одного болта на приливі. На другому етапі здійснюється остаточне затягування — момент затягування становить 112,7 Н·м для десяти болтів і 37,24 Н·м для болта на приливі.

Болти кріплення головки циліндрів слід підтягнути після перших 2000...3000 км пробігу, а в подальшому – після зняття головки або при появі ознак витоку газів чи охолоджувальної рідини між блоком і головкою циліндрів.

Зверху головка циліндрів закрита сталеву штампованою кришкою. У верхній частині кришки є горловина для заливання мастила у двигун. Для запобігання витоку мастила між головкою циліндрів і кришкою встановлена прокладка з пробково-резинової суміші. Кришка кріпиться до головки циліндрів за допомогою шпильок і гайок. Для покращення прилягання кришки до головки під гайки встановлені жорсткі шайби.

Двигун у зборі зі зчепленням і коробкою передач встановлюється в автомобілі на трьох еластичних опорах. Опори сприймають навантаження від силового агрегату і амортизують коливання, що виникають при рушанні автомобіля з місця.

Дві передні опори двигуна кріпляться до поперечки передньої підвіски автомобіля, а задня опора – до поперечки задньої підвіски. Передні опори мають гумові подушки, в яких встановлені сталеві шайби з болтами кріплення. Для збільшення жорсткості всередині отворів подушок знаходяться пружини. Буфери з обмеженим ходом являють собою гумові стрижні із запресованими всередину сталевими втулками.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

Подушки кріпляться до проміжних пластин, які, у свою чергу, закріплені на кронштейнах передньої опори двигуна. Задня опора складається з трьох сталевих пластин, розділених гумою. Верхня пластина кріпиться до заднього кронштейна коробки передач, а нижня – до поперечки задньої підвіски двигуна. Щоб не пошкодити поперечину при затягуванні болтів кріплення опори, між полками поперечини встановлені дистанційні втулки.

Конструкція підвіски силового агрегату забезпечує максимальне зниження коливань двигуна і усуває передачу вібрацій на кузов.

Допоміжні агрегати двигуна, такі як клапанний механізм, приводяться в дію від колінчастого вала за допомогою ланцюгової передачі, розташованої в передній порожнині блоку циліндрів і закритої алюмінієвою кришкою. Ланцюгова передача складається з дворядної втулочно-роликового ланцюга 44, ведучої зірочки 44, встановленої на колінчастому валі, веденої зірочки 45 і веденої зірочки 41 розподільного вала, а також із успокоителя 44 і натягувача 41 з демпфером 40, рис. 1.2.

Демпфер натягувача і заспокоювач ланцюга мають сталевий каркас з привулканізованим шаром гуми. При відкручуванні фіксуючої гайки ланцюг натягується демпфером 40, на який діють пружини 52 і 57 через плунжер 54. Демпфер натягувача обертається навколо болта кріплення. Після затягування гайки 55 стержень 51 фіксується центром і плунжером 54, що блокує пружину 52 натягувача ланцюга. Під час роботи на плунжер 54 впливає тільки внутрішня пружина 57, що забезпечує зазор 0,2–0,5 мм для компенсації коливань ланцюга.

Ланцюг вважається робочим, якщо витягнення не перевищує 4 мм. Довжину ланцюга перевіряють за допомогою пристрою з двома роликами діаметром $11,7 \pm 0,01$ мм, на які надівається ланцюг. При прикладанні зусилля 150 Н (15 кгс) до одного з роликів вимірюється відстань між осями роликів, що для нового ланцюга повинна бути рівною 485,775 мм.

У нижній частині блоку циліндрів встановлений обмежувач 58, що не дозволяє спадати ланцюгу на картер двигуна при знятті зірочки розподільного вала (коли знята головка циліндрів на автомобілі).

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

Вал приводу масляного насоса і розподільного запалювання встановлений вздовж двигуна і має дві опорні шийки, гвинтову шестерню 24 і ексцентрик 25, який через штовхач приводить в дію паливний насос. Вал відлитий із чавуну, поверхня ексцентрика загартована токами високої частоти на глибину $2 \pm 0,5$ мм. Вал обертається у сталевих втулках, запресованих у блок циліндрів. Для проходження масла передня втулка має отвір, розташований навпроти каналу мастила в блоці циліндрів. Остаточна обробка втулок по внутрішньому діаметру виконується після запресовки втулок у гнізда.

Зазори між втулками і опорними шийками вала приводу масляного насоса і розподільника запалювання повинні становити для передньої опори – 0,044...0,091 мм, для задньої – 0,040...0,080 мм; гранично допустимий зазор для обох опор – 0,15 мм.

По осі вала є отвір для підведення масла до його задньої опори. Гвинтова шестерня 28 вала входить у зачеплення з шестернею 27 і приводить в дію розподільник запалювання і масляний насос. Шестерня 27 встановлена вертикально й обертається у металокерамічній втулці, запресованій у блок циліндрів. У шестерні виконано отвір зі шліцами, куди вводяться шліцьові кінці вала розподільника запалювання і масляного насоса.

Розподільник запалювання встановлений на верхній площині блоку циліндрів і закріплений до нього сталевією пластиною. Масляний насос закріплюється болтами на нижній площині блоку циліндрів.

За один робочий цикл у циліндрі двигуна відбуваються чотири такти – впуск горючої суміші, стиснення, робочий хід і випуск відпрацьованих газів. Ці такти виконуються за два оберти колінчастого вала, тобто кожен такт відбувається за півоберта (180°) колінчастого вала.

Впускний клапан починає відкриватися з випередженням, тобто до підходу поршня до верхньої мертвої точки (ВМТ) на відстані, що відповідає 12° повороту колінчастого вала до ВМТ. Це необхідно для того, щоб клапан був повністю відкритий, коли поршень піде вниз, і через повністю відкрите впускне отвір потрапила максимальна кількість свіжої горючої суміші.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

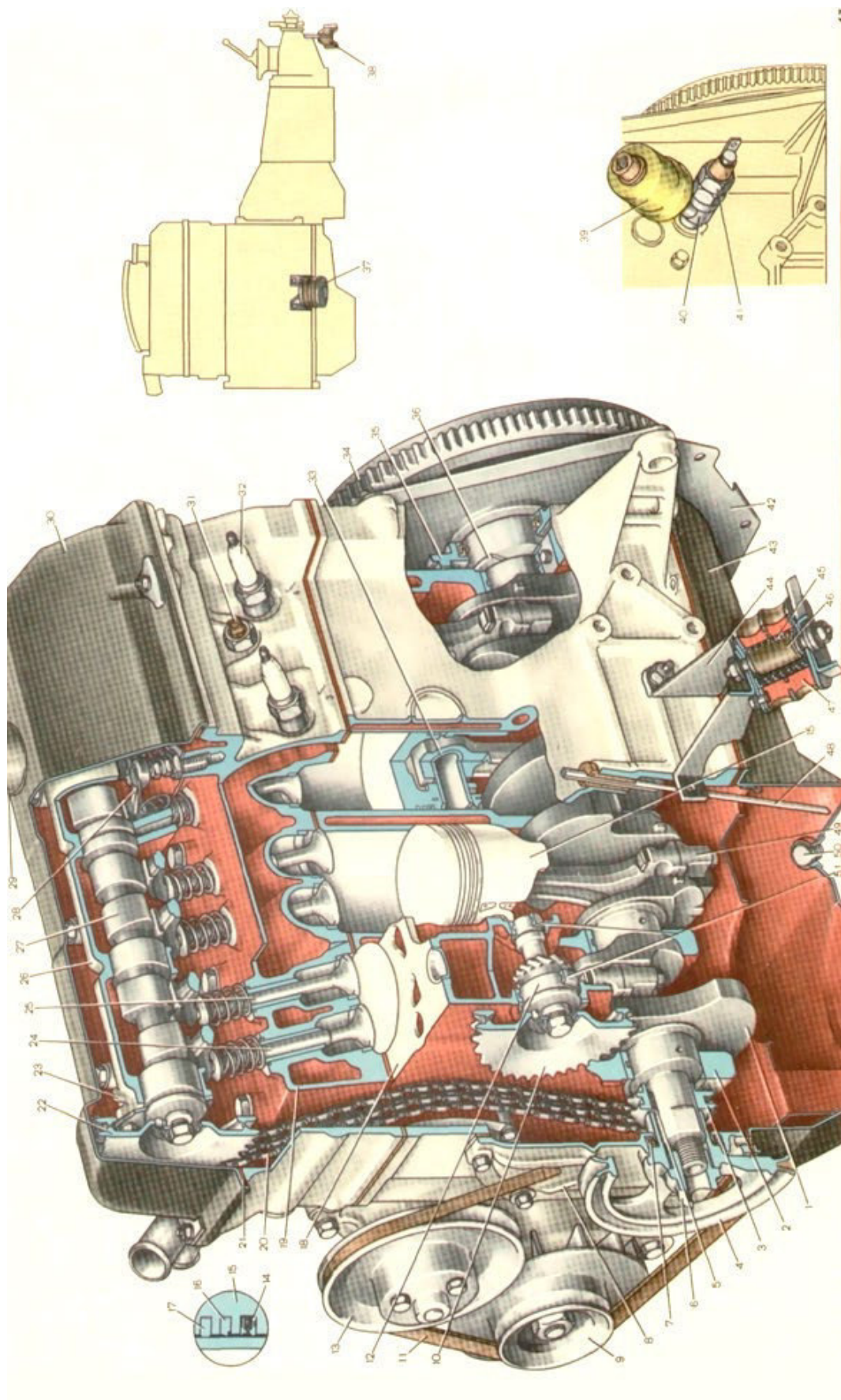


Рисунок 1.2 – Поздовжній переріз двигуна 4C7,6/6,6

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

Впускний клапан закривається із запізненням, тобто після проходження поршнем нижньої мертвої точки (НМТ) на відстані, що відповідає 40° повороту колінчастого вала після НМТ. Через інерцію струменя всмоктуваної горючої суміші вона продовжує надходити в циліндр, коли поршень вже почав рух вгору, що забезпечує краще заповнення циліндра. Таким чином, впуск триває протягом повороту колінчастого вала на 212° .

Випускний клапан починає відкриватися ще до повного завершення робочого ходу, до підходу поршня до НМТ на відстані, що відповідає 42° повороту колінчастого вала до НМТ. У цей момент тиск у циліндрі ще досить високий, і гази починають інтенсивно витікати з циліндра, що сприяє швидкому зниженню їх тиску і температури. Це значно зменшує навантаження на двигун при випуску і захищає його від перегріву.

Випуск продовжується і після проходження поршнем ВМТ, тобто коли колінчастий вал обертається ще на 10° після ВМТ. Таким чином, тривалість випуску становить 232° .

З діаграми фаз газорозподілу видно, що існує певний момент (22° повороту колінчастого вала навколо ВМТ), коли одночасно відкриті обидва клапани — впускний і випускний. Це положення називається перекриттям клапанів. Завдяки певному проміжку часу перекриття клапанів не викликає витікання газів у впускний трубопровід; навпаки, інерція потоку газів сприяє підсосу горючої суміші в циліндр, що покращує його заповнення.

Основні фази газорозподілу відбуваються при зазорі 0,30 мм між кулачком розподільного вала і важелем приводу клапанів на холодному двигуні. Щоб забезпечити відповідність моментів відкриття і закриття клапанів з кутом повороту колінчастого вала (тобто забезпечити правильну установку фаз газорозподілу), на зірочках колінчастого і розподільного валів є мітки 48 і 42, а також 47 на блоці циліндрів і 41 на корпусі підшипника розподільного вала. Якщо фази газорозподілу встановлені правильно, то при положенні поршня четвертого циліндра у ВМТ наприкінці такту стиснення мітка 41 на корпусі підшипника розподільного вала

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

повинна збігатися з міткою 42 на зірочці розподільного вала, а мітка 48 на зірочці колінчастого вала — з міткою 47 на блоці циліндрів.

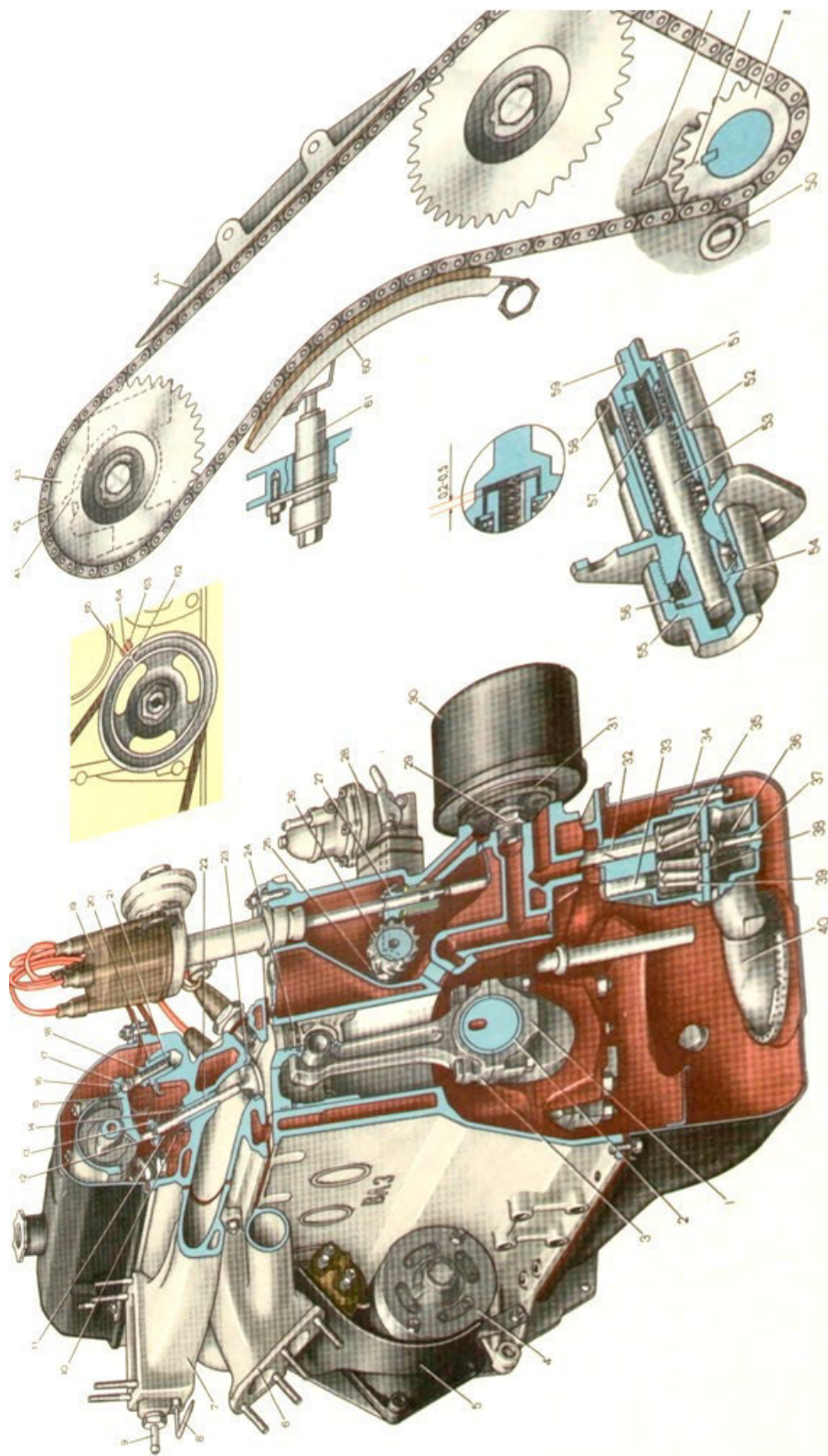


Рисунок 1.2 – Поперечний переріз двигуна 4Ч7,6/6,6

Коли порожнина приводу розподільного вала закрыта кришкою, положення колінчастого вала можна визначити за мітками на шківі і кришці приводу розподільного вала. При положенні поршня четвертого циліндра у верхній мертвій точці (ВМТ) мітка 42 на шківі повинна збігатися з міткою 83 на кришці приводу розподільного вала. Розбіжність міток на одне-два ланки ланцюга може призвести до зіткнення клапанів із поршнем та відмови двигуна в роботі.

Для забезпечення роботи двигуна зазор між кулачком і важелем приводу клапана встановлюється на рівні 0,15 мм на холодному двигуні. Відхилення величини зазорів у різних клапанів одного двигуна не повинно перевищувати 0,02...0,03 мм. Якщо зазори відрізняються від встановленого значення, то діаграма фаз газорозподілу змінюється: при збільшеному зазорі клапани відкриваються із запізненням і закриваються із запізненням, а при недостатньому зазорі – відкриваються з випередженням і закриваються із запізненням. При відсутності зазору клапани залишаються постійно трохи відкритими, що різко скорочує їх довговічність і знос сідел клапанів.

Зазори між кулачками і важелями приводу клапанів встановлюються наступним чином: повернувши колінчастий вал за годинниковою стрілкою до збігу мітки 42 на зірочці розподільного вала з міткою 41 на корпусі підшипника, що відповідає кінцю такту стиснення у четвертому циліндрі, встановлюють зазор у випускного клапана четвертого циліндра (восьмий кулачок) і впускного клапана третього циліндра (шостий кулачок). Потім, послідовно повертаючи колінчастий вал на 180°, налаштовують відповідні зазори.

Енергія розширення продуктів згоряння в механізмі двигуна передається на колінчастий вал двигуна. Деталі КШМ при цьому піддаються значним силовим і термічним навантаженням. Підбір матеріалів поршня, пальця, поршневих кілець та їх конструкція забезпечують надійне ущільнення циліндра, ефективне відведення тепла, малу масу деталей, мінімальний коефіцієнт тертя, високу міцність та надійність.

Поршні 40 виготовлені з алюмінієвого сплаву і вкриті шаром олова для покращення приробляємості. Спідниця поршня в поперечному перерізі має овальну

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

форму, причому велика вісь овалу перпендикулярна до осі поршневого пальця. По висоті поршень має конічну форму: у верхній частині діаметр менший, ніж в нижній. Крім того, у бобишках поршня залиті сталеві пластини 45. Все це виконано для компенсації нерівномірності теплової деформації поршня під час роботи в циліндрі двигуна, що виникає через нерівномірний розподіл маси металу всередині спідниці поршня.

У бобишках поршня є отвори для проходу масла до поршневого пальця. Отвір під поршневий палець зміщений від осі симетрії на 2 мм вправо відносно двигуна. Це зменшує можливість появи стукоту поршня при переході через верхню мертву точку (ВМТ). Для правильного встановлення поршня в циліндр біля отвору під поршневий палець є мітка "Л". Поршень встановлюють у циліндр так, щоб мітка була спрямована в бік передньої частини двигуна.

Поршні за зовнішнім діаметром обробляють на п'ять класів з кроком 0,01 мм і підбираються індивідуально. Поршневий палець – сталевий, цементований, трубчастого перерізу, встановлюється в верхню головку шатуна з мастилом і вільно обертається.

Поршневі пальці, як і отвори в бобишках поршня, обробляються на три категорії через 0,004 мм. Категорію пальців (цифра) позначають на зовнішній поверхні або торці пальця фарбуванням у відповідний колір: синій – перша категорія, зелений – друга, червоний – третя. Зібрані палець і поршень повинні належати до однієї категорії.

Поршневі кільця 41, 42 забезпечують необхідне ущільнення циліндра, виготовлені з чавуну. У поршні встановлено два компресійні (ущільнювальні) кільця, які ущільнюють зазор між поршнем і циліндром і відводять тепло від поршня, та одне маслоснімне, яке запобігає потраплянню масла в камеру згоряння. Кільця притискаються до стінки циліндра завдяки власній пружності та тиску газів. Верхнє компресійне кільце 41 працює в умовах високої температури та агресивного впливу продуктів згоряння, тому для підвищення зносостійкості його зовнішня поверхня має бочкоподібну форму поверхні. Виконує також додаткову функцію і

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

маслознімального кільця. Кільце закріплюється обов'язково проточкою вниз, інакше зростає витрата мастила і його викидання в камеру згоряння.

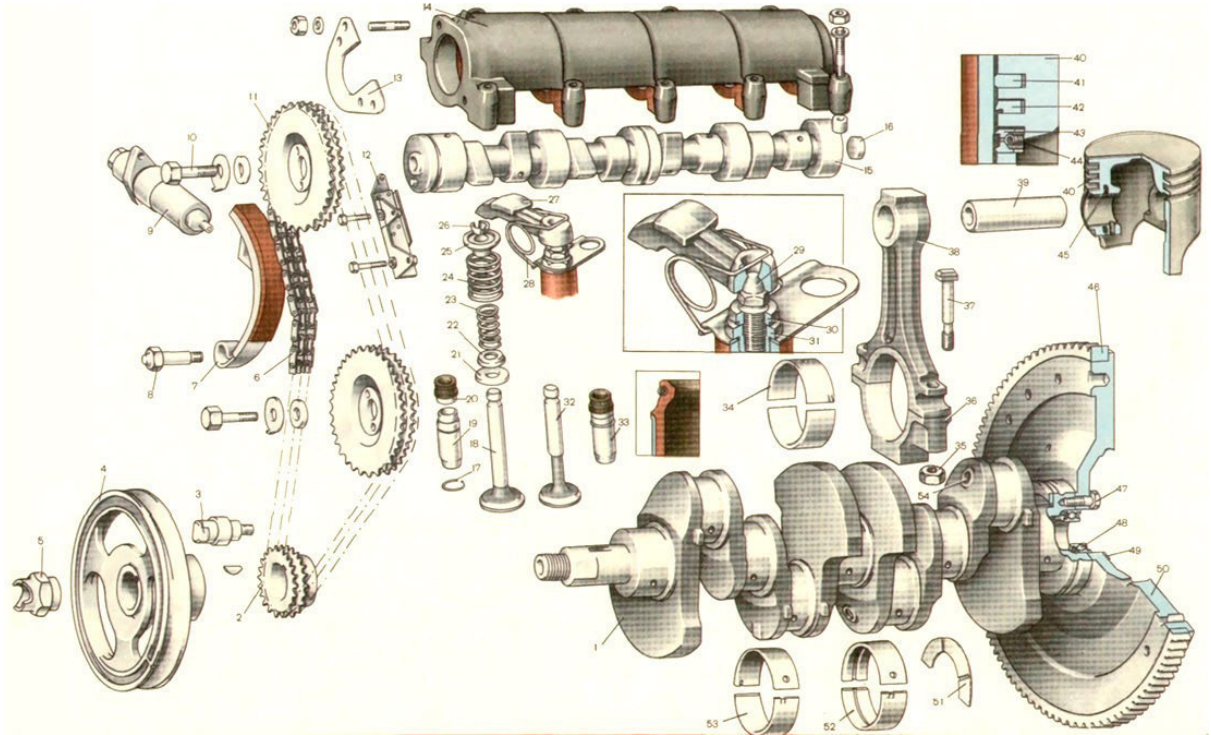


Рисунок 1.3 – Кривошипно-шатунний механізм

Маслознімальне кільце 42 має прорізи для стоку масла з циліндра і внутрішню виту пружину 44 – розширювач, який забезпечує додаткове притискання кільця до стінки циліндра.

Шатуни сталеві, ковані зі стержнем двотаврового перетину. Нижня головка шатуна роз'ємна; в ній встановлюються вкладиші 24 шатунного підшипника. Кришка 20 головки кріпиться двома болтами 27 і самоконтрящимися гайками 25. Шатуни обробляють разом з кришкою, і тому при складанні наявні номери на шатуні і кришці мають бути однакові і співпадати з одного боку.

Через отвори та канали в нижній головці шатуна у стержень подається мастило, що змащує стінки циліндра.

Збирання шатуна з поршнем виконується так, щоб мітка на поршні перебувала зі сторони виходу отвору для мастила на нижній головці шатуна.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

Колінчастий вал 1 відлитий з чавуну і є основною силовою деталлю двигуна, яка приймає на себе тиск газів і інерційних сил. Матеріал вала працює на витривалість. Підвищення витривалості досягається великим перекриттям корінних і шатунних шийок, наявністю п'яти опор (багатоопорний). Поверхнева закалка шийок токами високої частоти на глибину 2...3 мм, спеціально виконаними переходами між шийками і щоками, ретельною обробкою напружених місць.

Мастило від корінних підшипників до шатунних підводиться по просвердленим каналам, які закриваються заглушками 54. Осеве переміщення колінчастого вала (не більше 0,25 мм) обмежено двома упорними напівкільцями 51, розташованими в блоці з обох сторін заднього корінного підшипника.

Слід мати на увазі, що канавки, що знаходяться на одній стороні напівкільця, повинні бути звернені до упорних поверхонь колінчастого вала.

У задньому кінці колінчастого вала виконано гніздо під передній підшипник 44 первинного валу коробки передач.

Маховик 50 відлитий з чавуну і має запресований сталевий зубчастий обід 44 для запуску двигуна стартером. Маховик кріпиться до заднього торця колінчастого вала шістьма болтами 47, під якими встановлені шайби 40. Маховик закріплюється на колінчастому валі так, щоб мітки (круглої виїмки близько зубчастого обода маховика) і вісь шатунної шийки першого циліндра співпадали в одній площині і з одного боку від осі колінчастого вала.

Вкладиші корінних 52, 52 і шатунних 24 підшипників – тонкостінні, біметалеві сталеві. Вкладиші кожного корінного або шатунного підшипника складаються з двох половинок. Від провертання вкладиші утримуються виступом, що входить в паз шатунного або корінного підшипника. Усі шатунні вкладиші однакові і взаємозамінні. Вкладиші 52 першого, другого, четвертого і п'ятого корінних підшипників однакові і взаємозамінні, вкладиш 52 третього (центрального) корінного підшипника відрізняється від інших шириною.

ГРМ забезпечує наповнення циліндрів двигуна свіжою горючою сумішшю і випуск відпрацьованих газів. До деталей газорозподільного механізму належать: розподільний вал, клапани і напрямні втулки, пружини з деталями кріплення,

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

важелі з наконечником, гвинтові пружини. Газорозподільний механізм приводиться в рух від ведучої зірочки 2 колінчастого валу 1 дворядною роликовою ланцюгом 4. Тією ж ланцюгом через другу зірочку приводиться в дію валик приводу оливного насоса, розподільника запалювання і паливного насоса. Особливістю приводу є застосування напівавтоматичного пристрою (включаючи натягувач і його башмак) та заспокоювача 12 ланцюга.

Розподільний вал 15, що керує відкриттям і закриттям клапанів – чавунний, литий, з загартованими токами високої частоти трутними поверхнями кулачків. З 1982 року для підвищення зносостійкості вали замість загартовування токами високої частоти азотують. У результаті насичення поверхні металу азотом і частково вуглецем отримується зміцнений шар, що забезпечує підвищену корозійну стійкість, зносостійкість, високу опірність перенапруженням. Зміцнений шар складається з хімічних сполук типу Fe_4N завтовшки до 20 мкм і дифузійної зони твердого розчину азоту і вуглецю в α -Fe глибиною до 0,5 мм.

До переднього торця розподільного вала кріпиться центральним болтом 10 ведена зірочка 11. Розподільний вал обертається на п'яти опорах в спеціальному корпусі 14, закріпленому на головці циліндрів у дев'яти точках.

Від осьових переміщень розподільний вал утримується упорним фланцем 13, поміщеним у проточці передньої опорної шийки вала. Упорний фланець прикріплений до корпусу підшипників розподільного валу двома шпильками з гайками.

Мастило до тертьових поверхонь розподільного вала підводиться від масляної магістралі через канал у центральній опорній шийці, через свердління по осі вала і отвори у кулачках і опорних шийках.

Клапани (впускний 18 і випускний 22), які слугують для періодичного відкриття і закриття отворів впускних і випускних каналів, розташовані в головці блоку циліндрів в один ряд. Головка впускного клапана має більший діаметр для кращого наповнення циліндра, а робоча фаска випускного клапана, що працює при високих температурах в агресивному середовищі випускних газів, має наплавку з жаростійкого сплаву. Крім того, випускний клапан виготовлений складовим:

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

стержень із хромонікелемолібденової сталі з кращою зносостійкістю на тертя і теплопровідністю для відведення теплоти від головки клапана до його прямої втулки, а головка – з жаростійкої хромонікельмарганцевої сталі, впускний клапан виготовлений з хромонікелемолібденової сталі. Пружини (зовнішня 24 і внутрішня 22) притискають клапан до сидла і не дозволяють йому відриватися від важеля приводу. Пружини нижніми кінцями спираються на дві опорні шайби.

Напрямні втулки 10 і 22 клапанів виготовлені з чавуну, запресовані в головку і від можливого випадання утримуються стопорними кільцями 17. Отвір у втулці остаточно обробляється в зборі з головкою блоку циліндрів, що забезпечує точний допуск у діаметрі отвору і точність його розташування відносно робочої фаски сидла і клапанів. Щоб уникнути проникнення масла в камеру згоряння через зазори між втулкою і стержнем клапанів, застосовані масловідбивні ковпачки 20, виготовлені з маслостійкої гуми.

Сидла клапанів виготовлені зі спеціального чавуну і в охолоджену стані запресовані в нагріту головку блоку. Установлені сидла клапанів забезпечують необхідну міцність при дії високих навантажень.

Важіль 27 сталевий, передає зусилля від кулачка розподільного вала на сферичну головку регулювального болта 20 і утримується пружиною 28, що має спеціальну канавку для утримання важеля у клапані. Регулювальний болт 20 вгвинчений у втулку 22, яка, у свою чергу, вгвинчена в головку блоку циліндрів. Регулювальний болт фіксується контргайкою 20.

Система змащення двигуна забезпечує подачу мастила, яке виконує такі функції:

- знижує тертя і підвищує загальний ККД двигуна;
- зменшує знос деталей;
- охолоджує деталі двигуна і видаляє продукти зносу зі сполучених поверхонь.

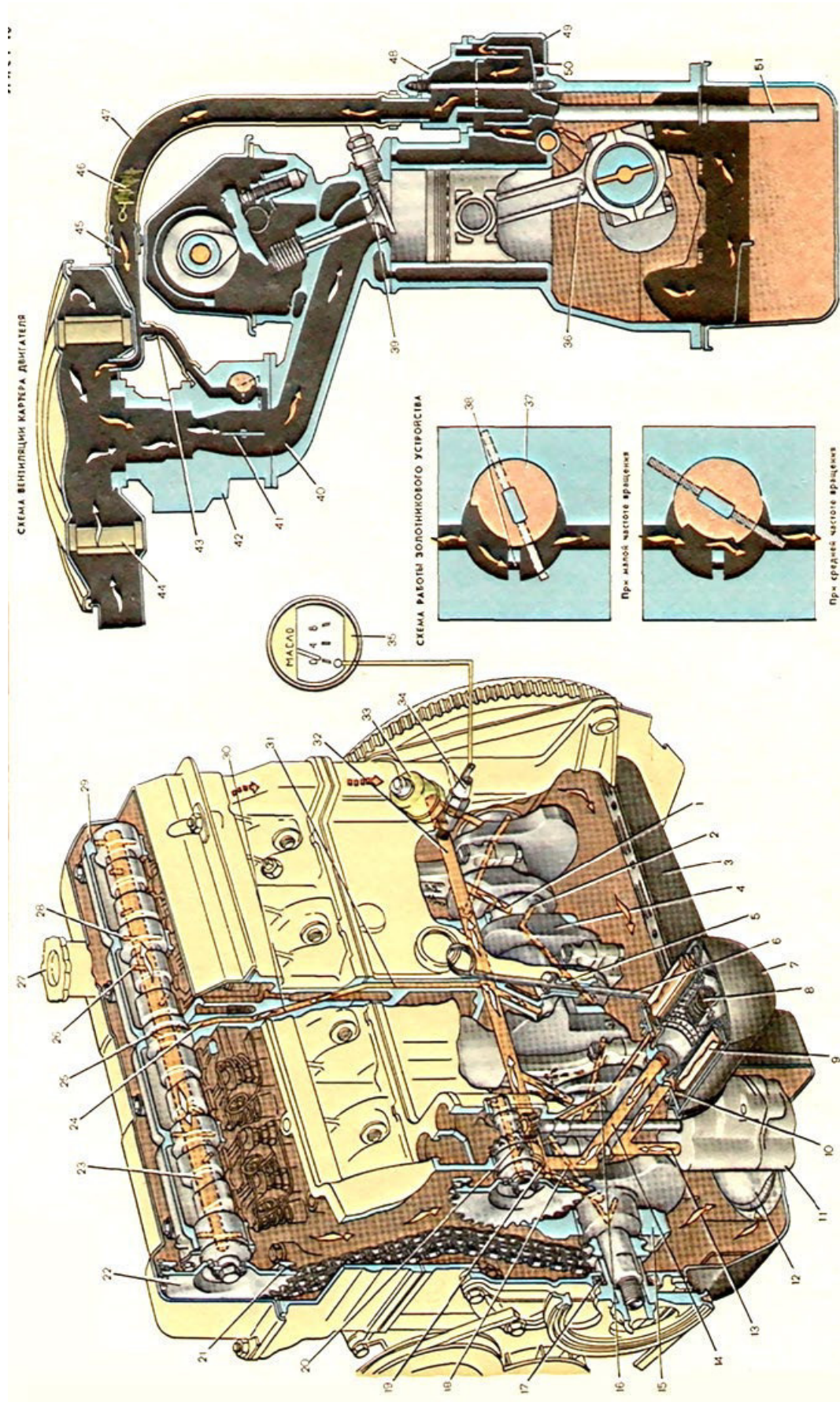


Рисунок 1.5 – Система змащування двигуна 4C7,6/6,6

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ

Аркуш

23

Система змащення деталей, разом із підбором матеріалів і способом обробки, значно підвищує довговічність двигуна. Змащувальна система має фільтр для видалення забруднень і шкідливих домішок. Масляний фільтр оснащений паперовим фільтруючим елементом для кращої очистки.

Масло для двигуна має мати хорошу стійкість до високих температур, окиснення та можливість роботи в широкому діапазоні умов. Необхідний для нормальної роботи двигуна запас масла знаходиться в картері. Заливка масла відбувається через заливну горловину, герметично закриту кришкою. Відпрацьоване масло зливається через отвір у картері, закритий пробкою. Ємність масляної системи складає 3,75 л. Рівень масла контролюється за мітками на щупі. Тиск масла в прогрітому двигуні на середніх обертах складає 0,35–0,45 МПа (3,5–4,5 кгс/см²).

Змащувальна система двигуна комбінована – під тиском змащуються корінні й шатунні підшипники, опори розподільного вала і масляного насоса, а також кулачки розподільного вала і втулки шатуна. Масло рівномірно розподіляється до деталей, що рухаються: стінок циліндрів, поршнів із поршневыми кільцями, поршневих пальців і верхньої головки шатуна, ланцюга приводу механізму газорозподілу, опор важелів приводу клапанів, а також до стержня клапанів і напрямних втулок.

До змащувальної системи входять масляний насос, приймальний патрубок з фільтруючою сіткою, прикріплений до корпусу насоса, і повнопоточний масляний фільтр, встановлений на лівій передній стороні двигуна разом із перепускним клапаном. Приймальний патрубок, електричний датчик низького тиску масла з'єднаний з сигнальною лампою щитка приладів, яка загоряється при падінні тиску масла до 0,04–0,06 МПа (0,4–0,6 кгс/см²). При нормальній роботі двигуна зі справною змащувальною системою лампа повинна згаснути (після пуску двигуна).

Циркуляція масла при роботі двигуна відбувається так: масляний насос, приводний рухом парою зубчастих коліс зі спіральними зубами, всмоктує масло з картера через фільтруючу сітку приймального патрубку і подає його через канал до повнопоточного фільтра. Профільтроване масло надходить у головний

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

магістральний канал, що проходить вздовж блока з лівого боку, і звідти за каналами, просвердленими в корпусі блока циліндрів, підводиться до корінних підшипників колінчастого вала.

По каналу масляної магістралі масло подається до переднього підшипника валика приводу масляного насоса, а також до центральної опори розподільного вала. Масло надходить по каналах, просвердлених у блоці циліндрів і головці блока, а також у корпусі підшипників розподільного вала.

У прокладці головки блоку є спеціальні масляні отвори, через які масло проходить між блоком і головкою. У кожному вкладиші першого, другого, четвертого і п'ятого корінних підшипників є два отвори, через які масло надходить на внутрішню поверхню вкладиша.

Частина масла змащує шатунні підшипники, інша – по каналах у кришці блока проходить до шатунного підшипника. У момент збігу отворів у вкладиші і шатунній кришці масло надходить у кільцеву канавку шатунного підшипника, змазуючи його поверхні.

Масло для змазування третього (центрального) корінного підшипника подається за окремим каналом. У цьому підшипнику немає зворотних каналів, тому масло від нього не відводиться до шатунного підшипника.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ПАЛИВНА СИСТЕМА ДВИГУНА ТА РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА

2.1 Карбюраторна паливна система

До 1974 року автомобілі ВАЗ-2103 оснащувалися карбюраторами 2103-1107010. З 1974 по 1976 рік на автомобілі ВАЗ-2103 та ВАЗ-2106 встановлювалися карбюратори 2103-1107010-01, а з 1976 по 1980 рік — карбюратори 2106-1107010. Основні дані про карбюратори наведені у таблиці.

Карбюратор 2103-1107010-01 є модифікацією карбюратора 2103-1102010, відрізняючись діаметром дозувальних елементів, конструкцією клапанів, а також поплавковою камерою й еконостатом. Проте корпус карбюратора залишився незмінним для уніфікації виробництва, деякі отвори не просвердлені, а жиклери не встановлені.

У карбюраторі 2106-1107010 є додатковий регулювальний гвинт для точного налаштування системи холостого ходу. Замість стопорної пружини встановлено гумове ущільнювальне кільце та пластмасова втулка, що дозволяє регулювати холостий хід двигуна у певних межах. При регулюванні в умовах технічного обслуговування втулка може ламатися, і після регулювання її замінюють новою.

З 1980 року на автомобілі встановлювалися карбюратори «Озон» моделей 2107-1107010, 2107-1107010-10 та 2107-1107010-20. Основними відмінними особливостями цих карбюраторів є додаткові пристрої, що покращують роботу двигуна, знижують викиди токсичних речовин, відповідно до норм, прийнятих у СРСР та за кордоном. У цих карбюраторах зменшено перетин повітряного тракту та малого дифузора первинної камери; у великих дифузорах встановлено штифти. Це покращує утворення суміші та розподіл суміші по циліндрах за середніх і повних навантажень. У зв'язку з введенням економічної системи холостого ходу прибрано

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

підігрів клапанів цієї системи, а також змінено конструкцію корпусу дросельних заслінок.

Карбюратор 2107-1107010-20 відрізняється від моделі 2107-1107010-10 патрубком, запресованим у корпус дросельних заслінок, що сполучено з вакуумним регулятором розподільника запалювання.

Усі згадані карбюратори оснащені електромагнітним запірним клапаном у системі холостого ходу, який запобігає можливості короточасної роботи двигуна при вимкненому запалюванні.

Особливо корисним є карбюратор 2107-1107010-20. Він емульсійного типу, з восковим поплавком. Дросельна заслінка первинної камери відкривається за допомогою педалі керування карбюратором у салоні автомобіля. Заслінка вторинної камери відкривається автоматично. Карбюратор має білу фіксовану поплавкову камеру, дві головні дозувальні системи, діафрагмовий пусковий пристрій, економайзер, прискорювальний насос, систему холостого ходу та перехідну систему вторинної камери. Він обладнаний клапанним пристроєм вентиляції картера двигуна.

Карбюратор 2107-1107010-20 складається з трьох основних частин: корпусу карбюратора, кришки карбюратора та корпусу дросельних заслінок. На кришці встановлені входні патрубки первинної та вторинної камер, з'єднані з порожниною поплавкової камери через повітряний фільтр. На кришці встановлено заслінку пускового пристрою, голчастий клапан, поплавок і фільтр. Важіль 33 повітряної заслінки 32 з'єднаний тягою зі штоком 5. Телескопічна тяга 24 із потрійним важелем 28 забезпечує привід повітряної заслінки. На кришці 17 розміщені жиклери еконостата, емульсійний 21, паливний 22 та повітряний 22. Кришка карбюратора кріпиться до корпусу 13 п'ятьма гвинтами та ущільнювальною прокладкою. Зверху за допомогою чотирьох шпильок на кришку встановлюється повітряний фільтр двигуна.

У корпусі 13 карбюратора відлиті великі дифузори і встановлені малі дифузори 30 і 31, виготовлені методом лиття зі спеціальними каналами дозуючих систем та розпилювачами еконостата. У корпусі виконані канали головних

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дозуючих систем, еконостата, системи холостого ходу, перехідної системи прискорювального насоса, а також клапанів повітряного пристрою дросельної заслінки. У корпусі 13 розташовано розпилювач 10 прискорювального насоса з клапаном, повітряні жиклери 20, емульсійні трубки 24, корпус 57 паливного жиклера системи холостого ходу з електромагнітним клапаном 12.

Корпус 28 паливного жиклера перехідної системи вторинної камери містить головний паливний жиклер, повітряний жиклер 18 системи холостого ходу, перепускний жиклер прискорювального насоса, гвинт регулювання подачі палива та жиклери пневматичного приводу дросельної заслінки вторинної камери. На корпусі створено робочу камеру прискорювального насоса, кришка якого кріпиться чотирма гвинтами разом із важелем 8 та діафрагмою.

До корпусу 12 кріпиться тричастинний важіль 38 та корпус пневматичного приводу дросельної заслінки 51. У корпус запресований патрубок 40, який з'єднується з картером.

У корпусі 54 дросельних заслінок розташовані заслінки первинної та вторинної камери. Ось дросельної заслінки первинної камери з'єднана з педаллю управління через важіль 45, який обмежує відкриття дросельної заслінки вторинної камери. Важіль 40 пов'язаний із повітряною заслінкою. Під важелем на осі дросельної заслінки первинної камери встановлена пружина для забезпечення зворотного закриття.

На корпусі 54 вкручений гвинт 7, що обмежує закриття дросельної заслінки. У корпусі розміщені жиклери перехідної системи, системи холостого ходу, регулювальний гвинт кількості суміші, а також гвинт якості суміші холостого ходу. Гвинти мають пластмасові обмежувальні втулки. У корпус запресований патрубок 18, з'єднаний з вакуумним регулятором.

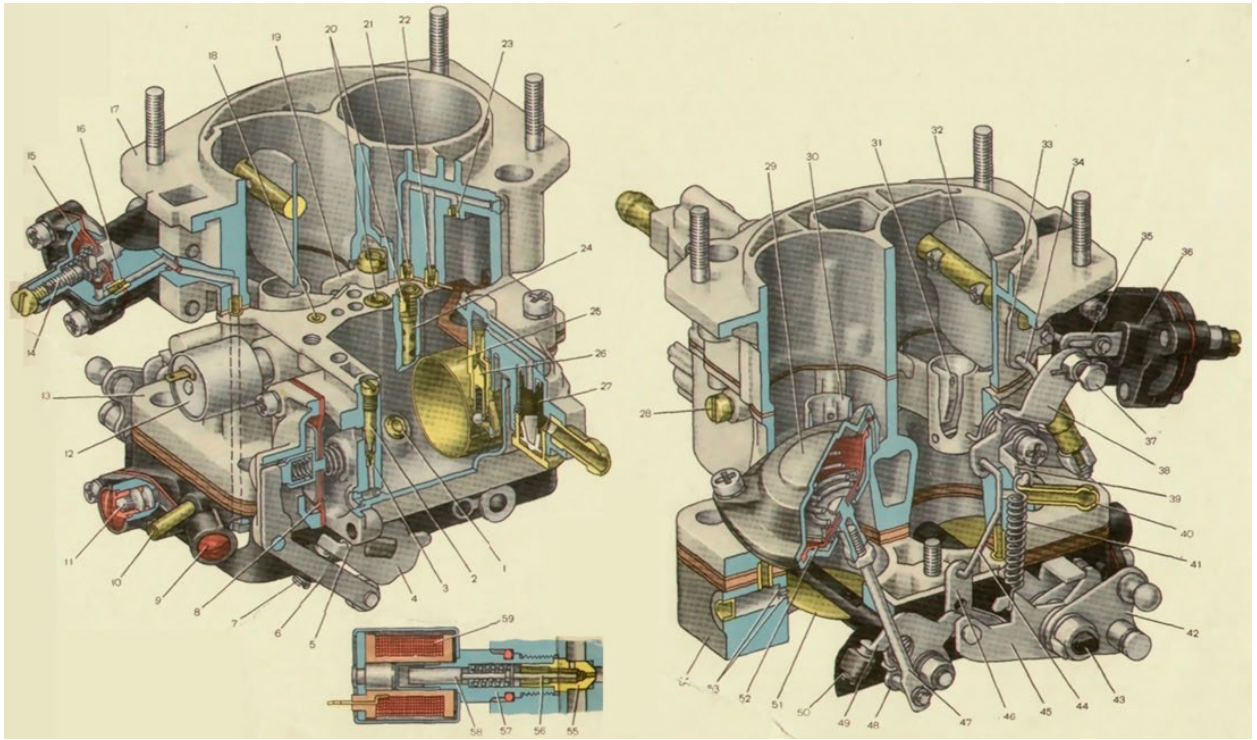


Рисунок 2.1 – Карбюратор двигуна 4Ч7,4/6,6

Робота карбюратора під час пуску і прогріву холодного двигуна

Через низьку температуру деталей двигуна та малу швидкість руху повітря у карбюраторі процес утворення паливної суміші значно погіршується. Для надійного пуску двигуна необхідне сильне збагачення паливної суміші, що забезпечується пусковим пристроєм карбюратора.

Під час пуску холодного двигуна закривають повітряну заслінку 17, потягнувши ручку керування на себе до відмови. При цьому тяга 21 займає крайнє ліве положення в прорізі рейки 22, а тяга 44 (див. лист 14) опускається вниз. Поворотом триплечого важеля М важіль 44 повертається, що частково відкриває дросельну заслінку первинної камери на необхідну величину. У цьому положенні педаль дросельної заслінки не використовується, щоб уникнути надмірного збагачення паливом.

При провертанні колінчастого вала двигуна стартером повітря, що має розрідження, передається в систему холостого ходу та потрапляє через частково відкриту дросельну заслінку М (див. лист 15) у первинну камеру для розпилення палива головної дозувальної системи. Через розрідження паливо інтенсивно

надходить через отвори системи холостого ходу та розпилювач. Паливо у вигляді паливо-повітряної емульсії потрапляє через отвори системи холостого ходу.

Подача палива через повітряний жиклер 24 також відбувається одночасно через зв'язок із дросельним простором, розрідження передається до робочої камери діафрагми 24 пускового пристрою, але цього недостатньо для подолання опору зворотної пружини діафрагми. При виникненні стабільних спалахів розрідження посилюється, діафрагма 24 з рейкою 22 зміщується, і тяга 21 частково відкриває повітряну заслінку 17. Важіль 22 (див. лист 14), обертаючись, стискає пружину, розташовану в телескопічній тязі 24. Пусковий пристрій автоматично відкриває або прикриває повітряну заслінку, запобігаючи надмірному збагаченню або збідненню суміші.

У міру прогріву двигуна повітряну заслінку повністю відкривають, повернувши ручку керування пусковим пристроєм у початкове положення. Крайнє витягнуте положення діафрагми 24 (див. лист 15) регулюється гвинтом 25. При повністю витягнутій ручці пускового пристрою та ручному впливі на рейку 22 повітряна заслінка повинна частково відкритися, а зазор між її нижньою кромкою та стінкою вхідного каналу має бути в межах 5,75–5,75 мм (для пізніших карбюраторів моделі 2104-1107010 цей зазор повинен бути 4,75–7,25 мм). При повністю закритій повітряній заслінці дросельна заслінка первинної камери має бути відкритою на 0,4–1,0 мм (у старих моделях карбюраторів — 0,85–0,95 мм). Цей зазор регулюється підгинанням тяги 44 (див. лист 14).

Пусковий пристрій карбюратора повинен забезпечувати надійний пуск двигуна при температурі до -25°C без попередньої підготовки двигуна.

Робота карбюратора на холостому ходу двигуна

Стабільну роботу на холостому ходу забезпечує економічна система холостого ходу. У сучасних карбюраторах ця система також коригує склад паливної суміші у всіх режимах роботи двигуна.

Дросельні заслінки в режимі холостого ходу прикриті; при цьому перехідні отвори системи холостого ходу знаходяться вище верхньої кромки заслінки. Повітряна заслінка повністю відкрита. Розрідження з-під дросельної заслінки

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

первинної камери через отвір системи холостого ходу передається в канали системи. Під дією розрідження паливо, що надходить у емульсійний колодязь поплавкової камери через головний паливний жиклер 24 (див. лист 15), піднімається до паливного жиклера 22, де змішується з повітрям, що надходить через повітряний жиклер 24, додатково змішується з повітрям, що надходить через перехідні отвори, і через отвір, регульований гвинтом 27, потрапляє під дросельну заслінку. Через перехідні отвори в емульсію додатково підмішується повітря. Завдяки високій швидкості проходження емульсії через сідло 18 регульовального гвинта 17 відбувається якісне змішання палива з повітрям.

У цьому режимі розрідження в малому дифузорі незначне, і паливо не надходить на розпилювач головної дозувальної системи до двигуна.

Паливний жиклер 22 системи холостого ходу має запірний електромагнітний клапан. При відсутності напруги на електромагнітному клапані голка клапана перекриває паливний жиклер 11, припиняючи подачу палива та виключаючи можливість роботи двигуна при вимкненому запалюванні.

Для регулювання оборотів холостого ходу двигуна в карбюраторі є регульовальні гвинти 27 для кількості та 14 для складу (якості) суміші. Щоб уникнути несанкціонованого втручання у встановлене на заводі або під час технічного обслуговування регулювання, на гвинти встановлені пластмасові обмежувальні втулки. Після регулювання на станції технічного обслуговування частота обертання колінчастого вала двигуна повинна бути в межах 870–900 об/хв, а вміст чадного газу в відпрацьованих газах не повинен перевищувати встановлених норм.

Робота карбюратора в режимах дроселювання (на малих і середніх навантаженнях)

У режимах дроселювання основну роботу виконує первинна змішувальна камера. Необхідний склад паливної суміші забезпечується спільною роботою головної дозуючої системи та системи холостого ходу. При відкритті дросельної заслінки первинної камери розрідження в розпилювачі збільшується, паливо в емульсійному колодязі піднімається і при досягненні отворів емульсійної трубки 15

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

змішується з повітрям, яке надходить через жиклер 19, і подається в розпилювач. Розрідження в змішувальній камері є достатнім, тому паливо надходить також і з отворів системи холостого ходу, створюючи обидва потоки.

При відкритті дросельної заслінки первинної камери на кут приблизно 48° пневмопривод починає відкривати дросельну заслінку вторинної камери. Паливо також починає надходити з розпилювача головної дозуючої системи вторинної камери. Відсутність провалів у роботі двигуна при початку відкриття дросельної заслінки вторинної камери забезпечується отвором 41 перехідної системи, яка починає працювати з цього моменту. Надалі вторинна камера працює аналогічно первинній.

Робота карбюратора на режимі максимальної потужності двигуна

У режимі максимальної потужності дросельні заслінки обох камер повністю відкриті; працюють головні дозуючі системи, система холостого ходу, перехідна система, а також еконостат при досягненні необхідного розрідження. Через деяке зниження розрідження в каналах системи холостого ходу та перехідної системи при повністю відкритих дросельних заслінках витік палива з цих систем зменшується.

При досягненні достатнього розрідження в малому дифузорі вторинної змішувальної камери в роботу вступає еконостат, який збагачує паливну суміш при повному навантаженні. Паливо з поплавкової камери надходить через жиклер 8 еконостата, змішується з повітрям, що надходить через жиклер 4, і далі через емульсійний жиклер 10 та розпилювач 11 потрапляє в змішувальну камеру.

Робота прискорювального насоса

Прискорювальний насос працює в режимі різкого збільшення навантаження двигуна, забезпечуючи необхідне збагачення суміші шляхом впорскування додаткової порції палива у повітряний потік первинної змішувальної камери.

При різкому збільшенні навантаження (швидкому відкритті дросельної заслінки) кулачок на осі заслінки активує прискорювальний насос, впливаючи на важіль, який стискає пружину, розташовану всередині телескопічного штока робочої діафрагми 48. Стискаючись, пружина переміщує діафрагму, забезпечуючи плавний впорск палива через розпилювач 15. Профіль кулачка прискорювального

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

насоса забезпечує подвійне впорскування: друге відбувається на початку відкриття дросельної заслінки вторинної камери.

Подача прискорювального насоса повинна бути в межах 5,25–8,75 см³ за 10 повних обертів важеля приводу дросельних заслінок. подача регулюється гвинтом 2 перепускного жиклера 47.

Робота пневмоприводу дросельної заслінки вторинної камери

На малих навантаженнях двигуна, коли дросельна заслінка первинної камери відкрито незначно, розрідження в дифузорах недостатнє для активації пневмоприводу, і під дією пружини шток пневмоприводу залишається у початковому положенні. У міру збільшення навантаження і відкриття дросельної заслінки первинної камери розрідження в ній зростає, і в певний момент призводить до переміщення діафрагми та відкриття заслінки вторинної камери. Проте дросельна заслінка вторинної камери залишається закритою, доки дросельна заслінка первинної камери не відкриється приблизно на 48°. При повністю відкритій дросельній заслінці первинної камери та високому потоці повітря (високих обертах колінчастого вала) дросельна заслінка вторинної камери відкривається повністю. Положення дросельної заслінки вторинної камери регулюється автоматично залежно від швидкісного режиму роботи двигуна.

При зменшенні швидкості руху автомобіля (при незмінному повному відкритті дросельної заслінки первинної камери) частота обертання колінчастого вала двигуна знижується, зменшується розрідження в дифузорах, і дросельна заслінка вторинної камери закривається. Це покращує утворення паливної суміші в первинній камері.

При різкому закритті дросельної заслінки первинної камери автоматично закривається і дросельна заслінка вторинної камери.

Жиклери 49 і 58 запобігають можливому коливанню механізму пневмоприводу.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

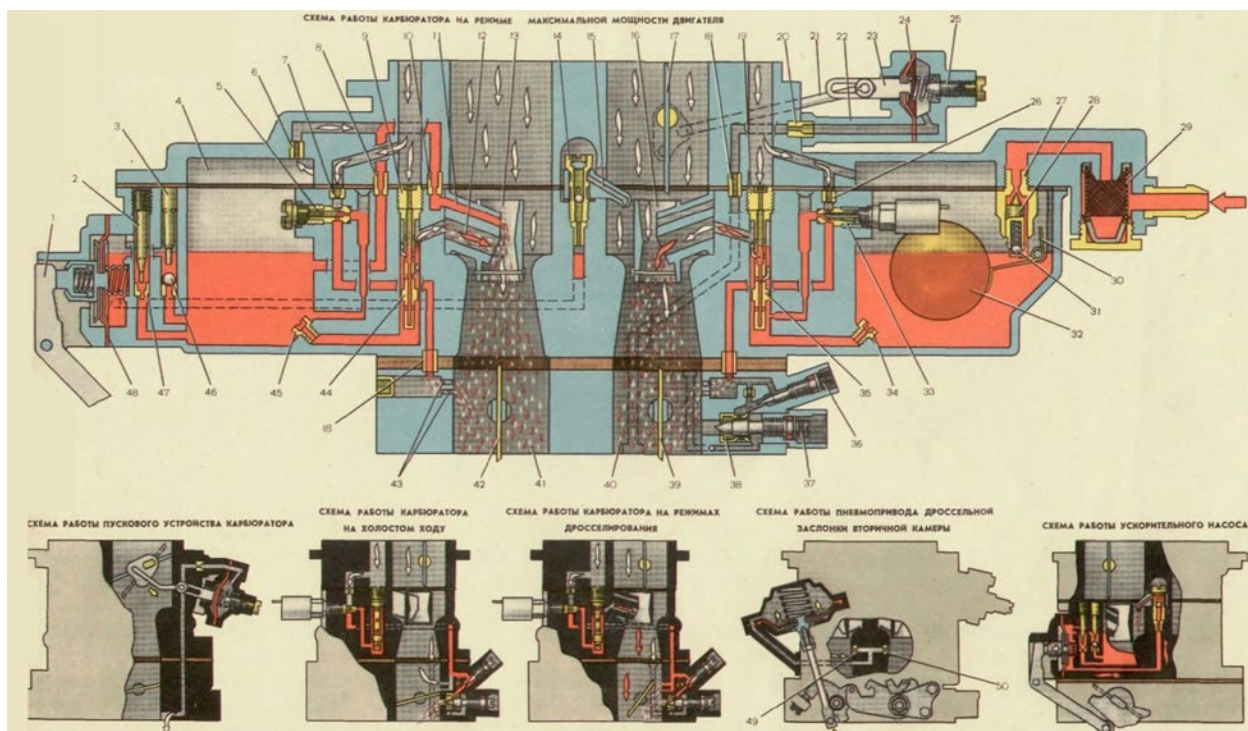


Рисунок 2.2 – Схемы роботи карбюратора

2.2 Метод Гриневецького – Мазінга

В даному дипломному проєкті буде розглядатися розрахунковий цикл, який базується на класичному методі теплового розрахунку, розробленого професором В. І. Гриневецьким в 1907 р. А після, радянські вчені Е. К. Мазінг, Н. Р. Брілінг, А. С. Орлін, Б. С. Стечкин розвинули цей метод стосовно до різних типів двигунів.

Метод теплового розрахунку заснований на загальновідомих положеннях термодинаміки і термохімії, досить повно охоплює сутність теплових явищ, що відбуваються в робочому циліндрі, і являє собою інженерне аналітичне дослідження [5, 6]. На його основі можна:

- кількісно оцінити ці явища як при проектуванні, так і при дослідженні побудованого двигуна;
- дати уявлення про основні параметри циклу і фактори, що впливають на робочі процеси циклу;

– визначити розрахункові значення параметрів стану робочого тіла у характерних точках розрахункового циклу, а також ефективні показники, що характеризують роботу двигуна в цілому.

Розрахунковий цикл поршневого ДВС значно відрізняється від ідеальних циклів. У розрахунковому циклі ДВЗ змінюються кількість робочого тіла, його склад і фізичні властивості. Внаслідок кінцевої швидкості згоряння і дисоціації продуктів згоряння, прихована в паливі хімічна енергія, виділяється не миттєво. У процесі розширення відбуваються догоряння палива і відновлення дисоційованих газів з виділенням теплоти. У розрахунковому циклі робоче тіло не можна приймати з постійними теплоємністю, так як температура і склад газів в циліндрі значно змінюються. У розрахунковому циклі є також теплові та аеродинамічні втрати.

Метод забезпечує задовільну для практики точність розрахунків, незважаючи на те, що цикл, який протікає в двигуні, описується найпростішими термодинамічними процесами і вводиться ряд опитних коефіцієнтів, що оцінюють реальні умови протікання робочих процесів у двигуні.

Розрахунковий цикл суднових ДВЗ складається з п'яти послідовних процесів: наповнення, стиску, згоряння палива, розширення і випуску.

Робочий процес двигуна складався з послідовного розрахунку п'ятих процесів, що відтворюються у циклі: наповнення, стиску, згоряння палива, розширення та випуску.

2.3. Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 290$ К.

Тиск навколишнього повітря p_0 . В усіх випадках варто приймати $p_0 = 0,1013$ МПа (стандартні атмосферні умови) [4].

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ступінь стиску ϵ . При призначенні ступеня стиску варто враховувати розміри циліндра, тип двигуна, його швидкохідності і спосіб сумішоутворення. А також допустима ступінь стиску у залежності від октанового числа бензину:

Октанове число: 66-72 73-76 77-80 81-90 91-100 більш 100

ϵ : 5.5-6.5 6.6-7 7.1-7.5 7.6-8.5 8.6-9.5 до 12.5

Приймаємо $\epsilon = 8,5$.

Коефіцієнт надлишку повітря α . Цей коефіцієнт також залежить від розмірів циліндра і способу сумішоутворення. У карбюраторних двигунів α буде знаходитись у межах 0,96 [4].

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,07 - 0,12$ [4].

Коефіцієнт використання теплоти в точці z (ξ_z), та в точці b (ξ_b). Ця величина змінюється в широких межах і залежить від ступеня досконалості двигуна. Найкраще ці величини призначати після аналізу теплового балансу двигунів, близьких до проектного. Для цього двигуна коефіцієнти лежать у межах: $\xi_z = 0,8 - 0,9$; $\xi_b = 0,82 - 0,92$; [4].

Приймаємо $\xi_z = 0,86$; $\xi_b = 0,91$.

Механічний ККД двигуна η_m . Механічний ККД оцінює механічні втрати двигуна, являє собою відношення корисної до використаної потужності. Значення механічного ККД двигуна залежить від якості масла, від теплового стану двигуна. Значення ккд для чотирьохтактних карбюраторних двигунів η_m знаходиться у межах 0,7 – 0,85 [4]. Приймаємо $\eta_m = 0,75$.

Температура залишкових газів T_r . Для двигунів такого типу T_r знаходиться у межах 900 – 1200К. Приймаємо $T_r = 1057$ К.

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на паливо середнього складу [6]: $C = 0,855$ кг – кількість вуглецю;

$H = 0,145$ кг – кількість водню;

$S = 0$ кг – кількість сірки.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

Коефіцієнт тактності Z – являє собою кількість робочих ходів поршня, що припадають на один оберт колінчастого вала, тоді для 4 – тактних двигунів $Z = 0,5$ [4].

Нижча теплота згоряння палива. Приймаємо $Q_n = 43960$ (кДж/кг).

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми. ϕ Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну. Для 4 – тактних двигунів $\phi = (0,92 - 0,97)$ [4]. Приймаємо $\phi = 0,96$.

Тиск залишкових газів МПа p_r . У цьому двигуні $p_r = 0,116$ МПа.

Подогрев заряда от стенок цилиндра ΔT . Приймаємо $\Delta T = 15$ К.

Тиск у спочатку стиснення МПа p_a . $p_a = 0,85 \times p_0$. Тиск визначаємо за прийнятими даними визначаємо $p_a = 0,0861$.

Коефіцієнт дозарядження $\lambda_1 = 1,04$.

Коефіцієнт очищення об'єму стиснення $\lambda_2 = 1$.

Коефіцієнт що враховує неоднаковість теплоємностей суміші і залишкових газів. $\phi' = 1,15$.

Діаметр циліндру: $D = 0,074$ м.

Хід поршня: $S = 0,066$ м.

Частота обертів колінчастого валу: $n = 5400$ об/хв.

Число циліндрів: $I = 4$.

Ефективна потужність $N_e = 44.8$ кВт.

Питома ефективна витрата палива $b_e = 0.350$ кг/(кВт*ч).

2.4. Розрахунок робочого циклу

2.4.1. Розрахунок процесу наповнення

2.4.1.1. Температура повітря перед впускними органами

$$T_K = T_0 \cdot \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_k}{P_0} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right] - \Delta T_0 = 290 \text{ К},$$

2.4.1.2. Коефіцієнт наповнення

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \lambda_1 \cdot \frac{P_a}{P_K} \cdot \left[1 - \left(\frac{\psi \cdot \lambda_2}{\lambda_1 \cdot \varepsilon} \right) \cdot \frac{P_z}{P_a} \right] \cdot \frac{T_K}{T_K + \Delta T} = 0,898,$$

2.4.1.3. Коефіцієнт залишкових газів

$$\gamma_z = \left(\frac{\lambda_2}{\varepsilon - 1} \right) \cdot \left(\frac{P_z}{P_K} \right) \cdot \left(\frac{T_K}{T_z} \right) \cdot \frac{1}{\eta_v} = 0,0467,$$

2.4.1.4. Густина повітря перед впускними органами

де, $R = 293 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$,

$$\rho_K = \frac{P_K \cdot 10^6}{R \cdot T_K} = 1.160 \text{ кг/м}^3,$$

2.4.1.5. Температура заряду до кінця процесу наповнення

$$T_a = \frac{T_K + \Delta T + \gamma_z \cdot \varphi \cdot T_z}{1 + \gamma_z} = 345,595 \text{ К},$$

2.4.2 Розрахунок процесу стиснення

2.4.2.1. Показник політропи стиснення

де, $a = 20,16$,

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$b = 0.001738,$$

$$n_1 - 1 = \frac{8,13}{a + b \cdot T_a \cdot (1 + \varepsilon^{n_1 - 1})} = 1,376,$$

допустиме значення лежить в межах від 1,34 – 1,38

2.4.2.2. Тиск в кінці стиснення

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 1,83 \text{ МПа},$$

значення лежить в допустимих межах від 0,57 - 1,9

2.4.2.3. Температура в кінці стиснення

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1} = 772,947 \text{ К},$$

2.4.2.4. Середня теплоємність при стисненні

$$\mu_{cv_c} = a + b \cdot T_c = 21,503,$$

2.4.3. Розрахунок процесу згоряння

2.4.3.1. Кількість повітря теоретично що відводиться для того, що згоряє.

$$M_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) = 0,512,$$

2.4.3.2. Коефіцієнт надлишку повітря для того, що згоряє

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\alpha = \frac{\left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \cdot i \right)}{\left(\frac{b_e \cdot N_e}{n} \right) \cdot M_0} \cdot \rho_{\kappa} \cdot \eta_v = 0,984,$$

2.4.3.3. Кількість свіжого заряду

де, $\mu_t = 114$ кг/кмоль - Молекулярна вага

$$M_s = \alpha \cdot M_0 + \frac{1}{\mu_t} = 0,5,$$

2.4.3.4. Кількість продуктів згорання

$$M_z = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,97 \cdot \alpha \cdot M_0 = 0,532,$$

2.4.3.5. Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = \frac{M_z}{M_s} = 1,064,$$

2.4.3.6. Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_z} = 1,061,$$

2.4.3.7 Коефіцієнт молекулярної зміни в крапці Z

$$\beta_z = + \left(\frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_z} \right) \cdot \frac{\xi_z}{\xi_b} = 1,057,$$

2.4.3.8. Втрати від неповноти згоряє

$$\Delta Q_H = 119600 \cdot (1 - \alpha) \cdot M_0 = 2448,552 \text{ кДж/кг},$$

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.4.3.9 Лінійна апроксимація теплоємності робочого тіла при високих температурах

$$a_z = (18.42 + 2.6 \cdot \alpha)$$

$$b_z = (1.55 + 1.38 \cdot \alpha) \cdot 10^{-3}$$

$$a_z = 20,916$$

$$b_z = 0,0029$$

$$\mu c v_z = (18.42 + 2.6 \cdot \alpha) + (1.55 + 1.38 \cdot \alpha) \cdot 10^{-3} \cdot T_z$$

2.4.3.10 Максимальна температура згоряння

$$T_z = \frac{\frac{\xi_z \cdot (Q_H - \Delta Q_H)}{M_s \cdot (1 + \gamma_u)} + \mu c v_c \cdot T_c}{\beta_z \cdot \mu c v_z} = 2775,781 \text{ K},$$

2.4.3.11 Максимальний тиск згоряння

$$p_z = \beta_z \cdot \frac{T_z \cdot p_c}{T_c} = 6,947 \text{ МПа},$$

2.4.3.12 Ступінь підвищення тиску при тому, що згоряє

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c} = 3,797,$$

2.4.4. Розрахунок процесу розширення

2.4.4.1 Середній показник політропи розширення і температура в кінці процесу розширення

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$n_2 = \left[\frac{8.314 \cdot \left(\frac{\beta_z}{\beta} \cdot T_z - T_b \right)}{\frac{(Q_H - \Delta Q_H) \cdot (\xi_b - \xi_z)}{M_s \cdot (1 + \gamma_z) \cdot \beta} + \frac{\beta_z}{\beta} \cdot (a_z + b_z \cdot T_z) \cdot T_z - (a_z + b_z \cdot T_z) \cdot T_b} \right] + 1,$$

$$n_2 = 1,222,$$

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = 1727,056 \text{ K},$$

2.4.4.2 Тиск в кінці процесу розширення

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} = 0,509 \text{ МПа},$$

2.4.4.3 Температура залишкових газів (перевірка)

$$T_{z1} = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_z}}} = 1055,262 \text{ K},$$

2.4.4.4 Порівняння заданої і отриманої температур остаточних газів

$$\Delta T = \frac{T_{z1} - T_z}{(T_{z1} + T_z) \cdot 0,5} \cdot 100 = 1,6\%,$$

2.4.5 Визначення індикаторних показників

2.4.5.1 Теоретичний середній індикаторний тиск

$$p_i = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = 1,202 \text{ МПа},$$

2.4.5.2 Дійсне середній індикаторний тиск

$$p_i = p_i' \cdot \phi = 1,171 \text{ МПа},$$

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.4.5.3 Індикаторний ККД

$$\eta_i = 8,314 \cdot \frac{(M_s \cdot p_i \cdot T_k)}{Q_H \cdot \eta_v \cdot p_k} = 0,353,$$

2.4.5.4 Індикаторна питома витрата палива

$$b_i = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_i} = 0,232 \text{ кг/(кВт*ч)},$$

2.4.6 Визначення ефективних показників

2.4.6.1 Середній ефективний тиск

$$p_e = p_i \cdot \eta_m = 0,878 \text{ МПа},$$

2.4.6.2 Єфективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,265,$$

2.4.6.3 Питома ефективна витрата палива

$$b_e = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_e} = 0,309 \text{ кг/(кВт*ч)},$$

2.4.6.4 Ефективна потужність двигуна

$$N_e = 13.1 \cdot D^2 \cdot S \cdot 0.5 \cdot p_e \cdot n \cdot i = 44,905 \text{ кВт},$$

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.4.6.5 Порівняння заданої і полученної ефективної потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e' - N_e}{(N_e' + N_e) \cdot 0,5} \cdot 100 = 0,23\%.$$

2.5 Побудова індикаторної діаграми

Ординати точок політропи стиснення та розширення обчислюють за наступними формулами:

– для процесу стиснення:
$$p = \frac{p_c}{(V/V_c)^{n_1}};$$

– для процесу розширення:
$$p = \frac{p_z \cdot \rho^{n_2}}{(V/V_c)^{n_2}};$$

де $v/v_c = \varepsilon_x$ - відношення об'ємів, яке представляє собою поточне значення ступеня стиснення

Дані для розрахунку та побудови індикаторної діаграми

Показник політропи стиснення n_1	1,374
Показник політропи розширення n_2	1,23
Тиск кінця стиснення p_c ,	1,08МПа
Максимальний тиск згоряння p_z ,	4,085МПа
Ступінь попереднього розширення ρ	1,000
Ступінь стиснення ε	6,3

Для побудови дійсної індикаторної діаграми на теоретичній діаграмі треба проставити наступні точки:

- ``C – точка подачі іскри (визначається кутом випередження запалювання);
- `C – точка початку запалювання;
- C – точка горіння (вибух);

$\Delta\varphi_2$ – кут максимального тиску;

b' – точка початку відкриття випускного клапану;

b – випускний клапан відчинень;

r – точка відкриття впускного клапану;

r' – точка закриття випускного клапану;

a' – точка закриття впускного клапану;

Таблиця 2.2 Розрахунок індикаторної діаграми.

V/V	Pстис	Pрос
1	1,08	4,085
1,3938	0,68440588	2,7154678
1,7875	0,48622544	1,99953688
2,1813	0,36986435	1,56525235
2,5750	0,2944529	1,27625091
2,9688	0,24216289	1,07133798
3,3625	0,20407498	0,91917338
3,7563	0,17527141	0,80212867
4,1500	0,152836	0,70956617
4,5438	0,13493864	0,63470558
4,9375	0,12037741	0,57303126
5,3313	0,10833297	0,52142558
5,7250	0,09822911	0,47767026
6,1188	0,08964977	0,44014617
6,3000	0,08612512	0,42462268

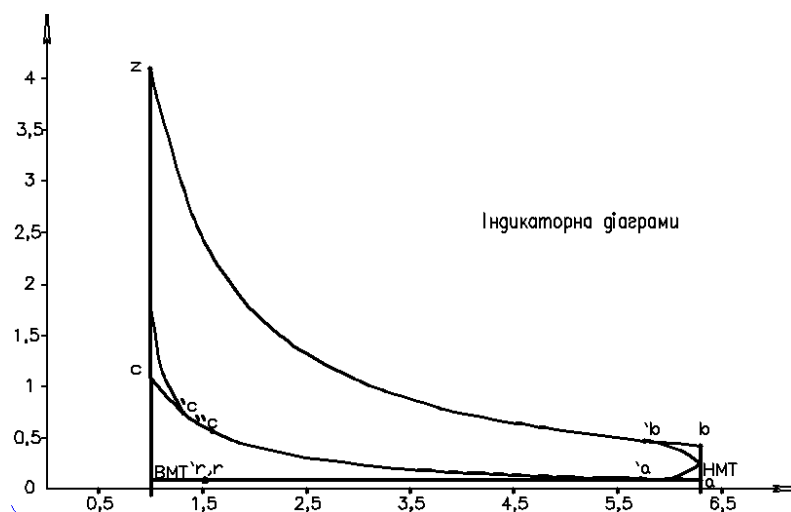


Рисунок 2.1 – Дійсна та теоретична індикаторна діаграма

В цілому всі показники знаходяться в допустимих межах.

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНА

3.1 Система L-Jetronic

Загальні відомості про систему

Система L-Jetronic – це безпривідна електронно-керована система з дискретним впорскуванням пального у впускний трубопровід. Вона поєднує в собі переваги безпосереднього вимірювання повітря зі спеціальними можливостями, що надаються електронікою.

Тут як і в системі KE-Jetronic, реєструються всі зміни умов експлуатації та стану двигуна (знос, пошкодження в камері згорання, зміни фаз газорозподілу).

Завданням цієї системи впорскування палива є індивідуальне дозування для кожного циліндру такої кількості палива, яке необхідне для цього циліндру на даному режимі роботи двигуна. У зв'язку з постійною зміною режимів роботи двигуна вирішальним є швидко регулювати кількість палива, що подається в даний момент часу. Таким вимогам відповідає електронно-керована система впорскування палива, яка здатна приймати та обробляти величезну кількість параметрів стану автомобіля та перетворювати їх в електричні сигнали за допомогою датчиків. Далі ці сигнали приймає і обробляє електронний блок управління, розраховуючи на їх підставі точну кількість палива, що надходить в циліндри, яке дозується відповідно до тривалості впорскування.

Функціональні особливості. Паливний насос 2 (рис. 3.1) подає паливо до форсунок з електромагнітним управлінням, створюючи тиск, необхідний для впорскування. Форсунки 5 впорскують паливо безпосередньо на впускні клапани. Роботою форсунок керує електронний блок управління 4.

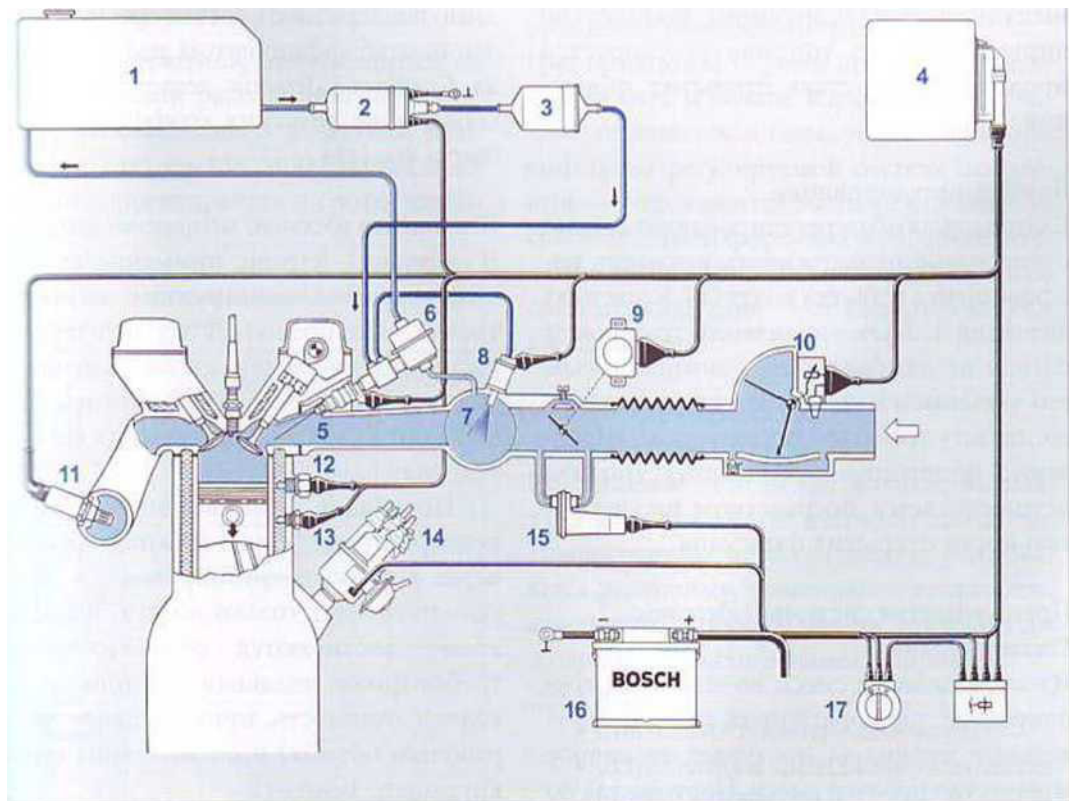


Рисунок 3.1 – Схема системи L-Jetronic:

1 – паливний бак, 2 – паливний насос з електроприводом, 3 – паливний фільтр, 4 – електронний блок управління, 5 – форсунка, 6 – регулятор тиску в системі, 7 – впускний трубопровід, 8 – пускова форсунка, 9 – датчик положення дросельної заслінки, 10 – витратомір повітря, 11 – лямбда-зонд, 12 – термореле, 13 – датчик температури двигуна, 14 – розподілювач запалення, 15 – пристрій подачі додаткового повітря, 16 – АКБ, 17 – вимикач запалення.

Подача палива. У системі подачі палива від паливного бака до форсунок створюється і підтримується тиск, необхідний для впорскування палива, на постійному рівні. Спочатку використовувалися стандартні системи подачі палива, які потім замінювалися системами без повернення палива в паливний бак.

Збір даних. Датчики збирають параметри, необхідні для оцінки умов і режимів роботи двигуна. Найважливішою змінною є кількість повітря, що всмоктується двигуном, яка вимірюється витратоміром повітря. Інші датчики визначають положення дросельної заслінки, частоту обертання колінчастого валу, температуру повітря і охолоджуючої рідини в системі охолодження двигуна.

Дозування палива. Електронний блок управління обробляє сигнали, що надходять від датчиків, і на їх основі формує керуючі імпульси для форсунок. Кількість палива, що впорскується, регулюється тривалістю відкриття форсунки.

Лямбда-регулювання. Завдяки лямбда-регулюванню можливо дуже точно підтримувати величину коефіцієнта надлишку повітря в межах $X=1$.

Блок управління порівнює сигнал від лямбда-зонда з його номінальним значенням і на його основі управляє двоступеневим регулятором. Управління процесом дозування палива, що впорскується, регулюється тривалістю відкриття форсунки.

Переваги системи L-Jetronic:

Витрата палива. Завдяки поділу суміші у впускному трубопроводі карбюраторних систем в окремі циліндри надходить різна кількість робочої суміші. Тому таку подачу палива не можна вважати оптимальною. Наслідками цього є велика витрата палива і нерівномірні термодинамічні навантаження на циліндри. У системі L-Jetronic кожен циліндр має свою форсунку. Управління форсунками здійснюється централізовано, завдяки чому при будь-якому навантаженні в кожен циліндр в будь-який момент часу подається однакова і оптимальна кількість палива.

Регулювання суміші відповідно до режимів роботи двигуна. Робота системи L-Jetronic регулюється майже без затримок відповідно до різних навантажень двигуна, оскільки необхідна кількість палива, що впорскується, розраховується блоком управління в мілісекундах і впорскується безпосередньо у впускні клапани форсунками.

Низька токсичність відпрацьованих газів. Концентрація токсичних речовин у вихлопних газах знаходиться в прямій залежності від коефіцієнта надлишку повітря. Щоб двигун працював при мінімальному викиді токсичних речовин у вихлопні гази, необхідно підтримувати склад суміші з певним коефіцієнтом надлишку повітря. Система L-Jetronic дає можливість підтримувати значення коефіцієнта надлишку повітря $X=1$.

Збільшення питомої потужності двигуна. Система L-Jetronic використовує аеродинамічну конструкцію впускного тракту для оптимізації розподілу повітря та

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

наповнення циліндра, що призводить до вищого крутного моменту на колінчастому валу.

Так як паливо впорскується безпосередньо на впускні клапани, то через впускні магістралі в двигун надходить тільки повітря. Таким чином досягається необхідна питома потужність (вихідна потужність на 1 літр робочого об'єму) і оптимальна крива крутного моменту.

3.2 Збір змінних робочих параметрів

Датчики збирають дані про стан роботи двигуна і передають їх на блок тиску у вигляді електричних сигналів. Датчики і блок управління утворюють систему управління.

Вимірювані параметри

Для того щоб двигун постійно отримував, необхідну для даного режиму роботи двигуна кількість палива, блок управління обробляє всі виміряні параметри. Виділяють три основні групи змінних параметрів: основні, для корекції і для точної корекції.

Основні вимірювальні перемінні параметри

Основними параметрами є частота обертання колінчастого валу і всмоктувана кількість повітря. За цими параметрами визначають необхідну кількість повітря в ході поршня, який прийнято вважати безпосереднім навантаженням на двигун.

Змінні вимірювальні перемінні параметри для корекції

Для змінних режимів роботи, що відрізняються від умов роботи двигуна (холодний пуск двигуна, пальник), склад робочої суміші повинен бути скоригований відповідно зі зміненими умовами експлуатації двигуна. При цьому дані про температуру двигуна з відповідних датчиків надходять на блок управління. Для адаптації складу суміші до умов роботи двигуна діапазон навантаження (холостий хід, часткове і повне навантаження) передається на блок управління через датчик положення дросельної заслінки.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вимірювані змінні для точного налаштування

Для оптимізації динамічних характеристик двигуна враховуються й інші умови експлуатації та ефекти. Вже згадані датчики збирають дані про перехідний процес прискорення, рух накатом і обмеження максимальної швидкості. Сигнали датчиків в цих режимах роботи знаходяться в певній залежності один від одного. Блок управління розпізнає ці залежності і відповідним чином підлаштовує керуючі сигнали на форсунки.

Зміна частоти обертання колінчастого валу

Інформація про частоту обертання колінчастого валу і початок впорскування палива передається на блок управління: у разі контактно-керованої системи запалювання – через контакти ланцюга управління спрацьовуванням форсунок у розподільнику запалювання (рис. 3.2), у разі безконтактної системи запалювання – з клеми 1 котушки запалювання.

Вимірювання кількості всмоктуваного повітря

Кількість повітря, що надходить у двигун, є мірою навантаження на двигун. Показник кількості повітря враховує різні зміни, пов'язані з двигуном, які можуть проявлятися під час його роботи, наприклад:

- зношування;
- відкладення в камері згоряння;
- відхилення у фазах газорозподілу.

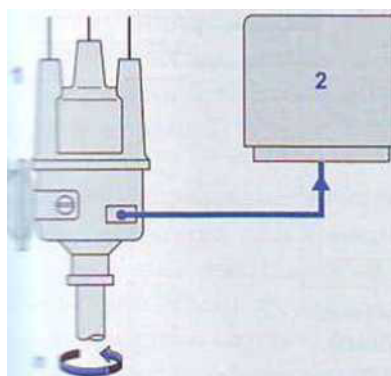


Рисунок 3.2 – Розрахунок частоти обертання колінчастого валу при використанні контактно-керованої системи запалювання: 1 – розподільувач запалення, 2 – електронний блок керування

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Оскільки всмоктуване повітря спочатку має пройти через витратомір повітря перед входом у двигун, сигнал від витратоміра про кількість цього повітря під час прискорення генерується до того, як повітря фактично заповнить циліндр. Це дає можливість в будь-який момент вносити точні корективи в склад робочої суміші в залежності від навантаження.

Пластина затвора в витратомірі повітря дозволяє визначити кількість повітря, що надходить у двигун. Поряд з даними про частоту обертання колінчастого валу, цей параметр служить основним параметром управління для формування сигналу навантаження і визначення базової кількості палива, що впорскується.

Дозування палива

Мікропроцесор блоку управління обробляє дані про умови роботи двигуна, що надійшли від датчиків. Через них формуються керуючі імпульси для дозування палива, що впорскується, а його кількість визначається тривалістю відкриття форсунок.

Схема електронного блоку управління

Блок управління в системі L-Jetronic знаходиться в герметичному корпусі, який встановлюється в автомобілі поза зоною досяжності теплового впливу двигуна.

Електронні частини блоку управління винесені на друковані плати, силові функціональні частини клемних каскадів розміщені на металевому каркасі блоку управління для гарантування хорошого відведення тепла. Використання інтегральних мікросхем і гібридних деталей дозволяє скоротити кількість використовуваних елементів. Об'єднання функціональних груп в інтегральні схеми (наприклад, формувач імпульсів, дільник імпульсів, мултивібратор розділового управління, рис. 3.3) і використання комбінацій окремих елементів в гібридних модулях підвищує надійність блоку управління.

Зв'язок блоку управління з форсунками, датчиками і бортовим електрообладнанням автомобіля здійснюється через багатоконтактний роз'єм. Вхідний ланцюг блоку управління сконструйований таким чином, що підключення

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

блоку управління до мережі не може бути виконано з неправильною полярністю, і в той же час неможливо зробити коротке замикання.

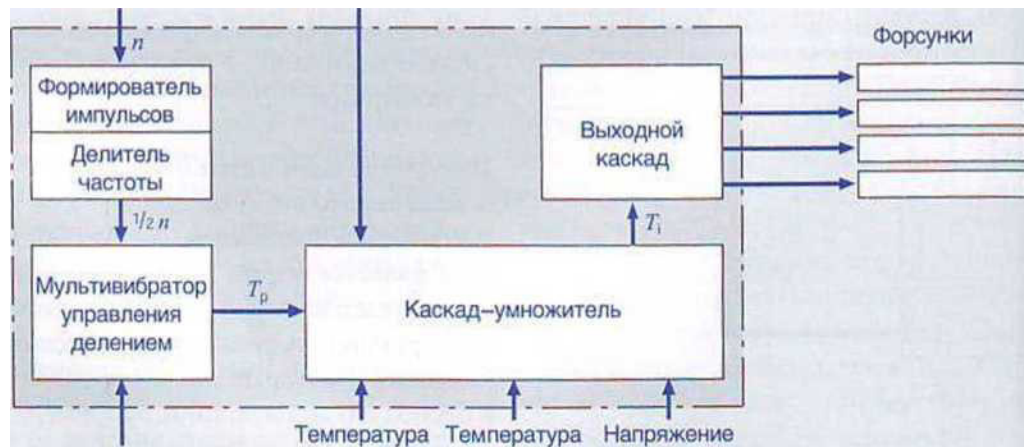


Рисунок 3.3 – Блок-схема електронного блоку керування

Для діагностики блоку управління і датчиків передбачені спеціальні тестери фірми Bosch, які можуть бути підключені між блоком проводки і блоком управління за допомогою багатоконтактних роз'ємів.

Обработка полученных данных

Частота обертання колінчастого валу і кількість повітря, що поглинається, визначають базову тривалість впорскування палива. Тактова частота імпульсів впорскування розраховується на основі даних про частоту обертання колінчастого валу.

Імпульси, які надходять від системи запалювання, обробляються блоком керування. Ці імпульси спочатку проходять через формувач імпульсів, який генерує імпульси у вигляді прямотональних хвиль на основі сигналів зі згладженими піками. Потім ці імпульси подаються на дільник імпульсів, який ділить їх частоту, що встановлюється порядком спрацьовування, таким чином, щоб за кожен робочий цикл створювалося по два імпульси, незалежно від числа циліндрів. Початок імпульсу – це одночасно і початок впорскування палива через форсунку. Тобто кожна форсунка виконує одне впорскування палива за один оберт колінчастого валу незалежно від положення впускного клапана.

Якщо впускні клапани закриті, паливо накопичується і впорскується в камеру згоряння в певний час з потоком повітря при наступному відкритті впускного клапана. Тривалість впорскування палива залежить від кількості повітря, що вимірюється витратоміром повітря, і частоти обертання колінчастого валу. Також блок управління оцінює сигнал від потенціометра витратоміра повітря. На рис. 3.4 показана залежність між вмістом всмоктуваного повітря, кутом положення пластини затвора у витратомірі повітря, напругою на потенціометрі і кількістю палива, що впорскується.

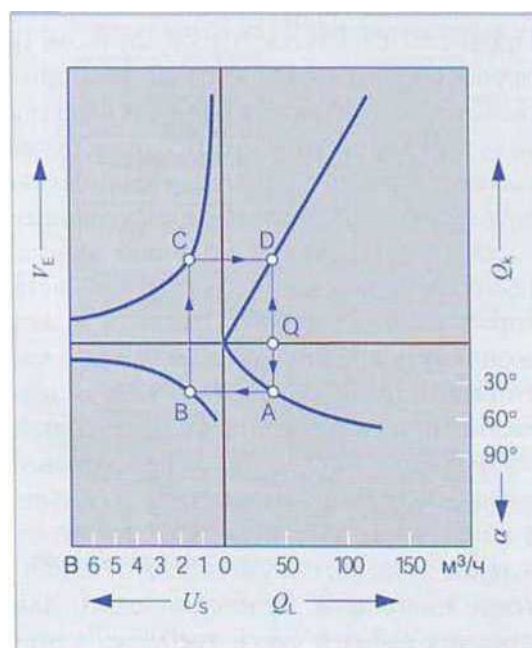


Рисунок 3.4 – Залежності між параметрами, що регулюються

А - кут відхилення пластини затвора в витратомірі в залежності від кількості всмоктуваного повітря, В - інтенсивність сигналу напруги як функція кута відхилення пластини затвора в витратомірі, С - кількість палива, що впорскується в залежності від напруги електричного сигналу, D- теоретично необхідна кількість палива, що впорскується, Q_k - кількість повітря в залежності від кута відхилення пластини шибера в витратомірі, Q_L - необхідна кількість палива - це кількість повітря на вході, U_s — напруги електричного сигналу, V_s - кількість палива, що впорскується.

Якщо виходити з певного значення кількості повітря, що протікає через витратомір Q_L (точка Q), то результатом розрахунку, зробленого блоком управління, буде теоретично необхідна кількість палива Q_K (точка D). Крім того, в залежності від кількості повітря у впускному отворі встановлюється певний кут відхилення пластини затвора в витратомірі (точка A). Потенціометр, що приводиться в рух від цього затвора, передає електричний сигнал відповідної напруги U_s (точка B) на блок управління, а блок управління формує керуючі сигнали на форсунки, а точка C вказує кількість палива, що впорскується VE .

Як видно, кількість палива, що надійшло в циліндр, і теоретично необхідна кількість палива збігаються (лінія C-D).

Формування імпульсів для впорскування

Формування основної тривалості упорскування палива відбувається в розділовому керуючому мультівібраторі (РКМ).

РКМ отримує від дільника частоти інформацію про частоту обертання колінчастого валу і обробляє її разом із сигналом про кількість повітря U_s . При дискретному впорскуванні палива РКМ перетворює напругу U_s у прямокутні керуючі імпульси. Тривалість цих імпульсів T_p визначає базову кількість палива, яке впорскується за один такт впуску без врахування корекцій. Тому T_p називаються базовою тривалістю впорскуванням пального. Чим більша кількість повітря, що надходить за один такт впуску, тим довше базова тривалість впорскування палива. При цьому може виникнути граничний випадок, коли при збільшенні частоти обертання колінчастого валу n при збереженні постійної швидкості повітряного потоку Q_i . Тоді абсолютний тиск падає за дросельною заслінкою і за один такт впуску в циліндри надходить менше повітря, тобто наповнення циліндра зменшується. В результаті для згоряння робочої суміші потрібно менше палива і, відповідно, тривалість імпульсу впорскування T_p повинна бути коротше.

В іншому обмежуючому випадку потужність двигуна, а, отже, і кількість повітря, що всмоктується за одиницю часу, може збільшуватися при збереженні постійної частоти обертання колінчастого валу, тоді наповнюваність циліндра

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

збільшується, і палива потрібно більше. При цьому збільшується тривалість імпульсу T_p , що генерується в РКМ.

При нормальному русі автомобіля частота обертання колінчастого валу і потужність двигуна змінюються, найчастіше, одночасно. Виходячи з цих показників, РКМ безперервно розраховує базову тривалість впорскування палива T_p . При високих оборотах колінчастого валу потужність також висока (повне навантаження), що призводить до більшої тривалості впорскування палива і, отже, до більшої кількості палива, що впорскується на один цикл. Базова тривалість впорскування збільшується у відповідності до умов роботи двигуна, яка визначається за сигналами від датчиків (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Сигнали та регульовані параметри, які надходять та опрацьовуються у блоці керування

Корегування базової тривалості впорскування у відповідності до різних умов роботи двигуна відбувається у контурі-помножувачі блоку управління (див. рис. 3.6).

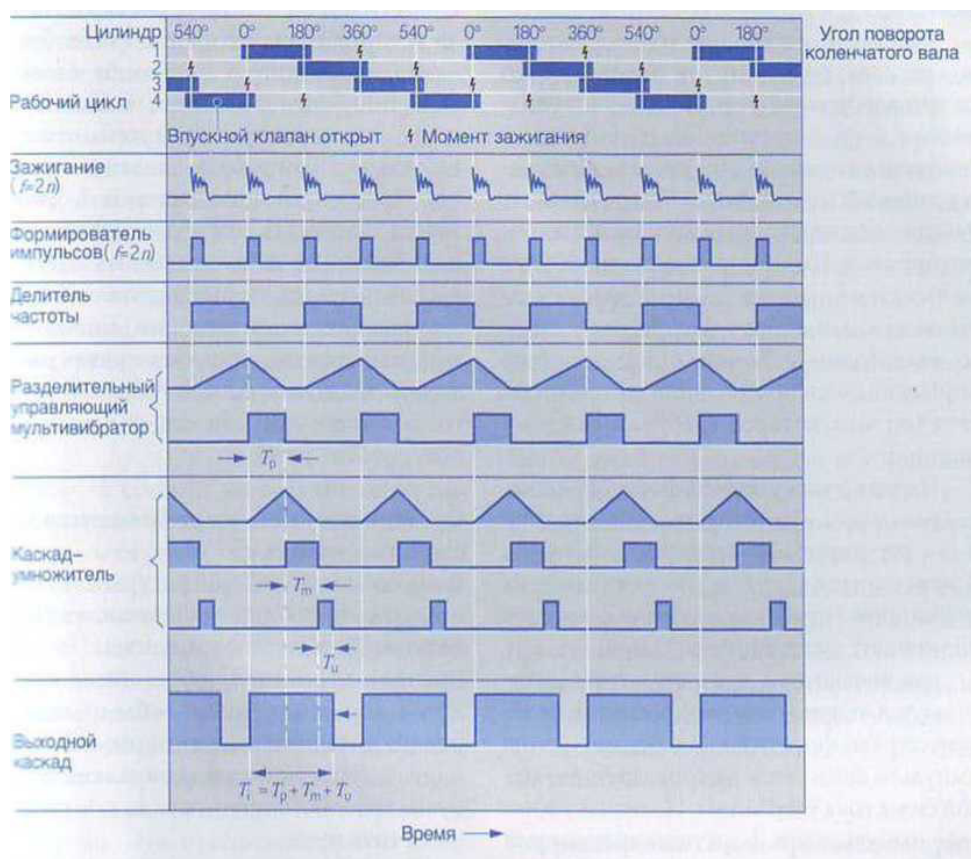


Рисунок 3.6 – Схематична діаграма формування тривалості імпульсів впорскування пального в системі L-Jetronic для чотирьох циліндрових двигунів

Управління цією схемою здійснюється за допомогою імпульсів тривалості впорскування палива, що надходять з РКМ. Крім того, в цю схему надходять додаткові дані про різні режими роботи двигуна, такі як запуск холодного двигуна, прогрів, режим повного навантаження і т.д. Виходячи з цих показників, контур-помножувач обчислює коефіцієнт корекції K , який множиться на базову тривалість уприскування T_p , розраховану за РКМ. Визначена таким чином тривалість впорскування позначається T_m . Вона поєднується з основною тривалістю впорскування T_p , тобто збільшується тривалість впорскування і відбувається збагачення робочої суміші.

Тривалість впорскування T_m – це міра збагачення суміші, що виражається коефіцієнтом, який називається "коефіцієнтом збагачення". Наприклад, на початку прогріву у дуже холодного двигуна форсунки впорскують в два-три рази більше палива.

3.3 Особливості роботи системи L-Jetronic

Компенсація зміни напруги

Час затримки відкриття форсунок сильно залежить від напруги акумуляторної батареї, що може призвести, без електронного корегування напруги до занадто короткої тривалості впорскування і, отже, до занадто малої кількості впорскування палива. Чим менша напруга на клеммах АКБ, тим менше б палива отримував двигун. Для цього низька напруга АКБ наприклад, після пуску холодного двигуна з розрядженою акумуляторною батареєю, повинна бути компенсована за рахунок збільшення тривалості імпульсу $T_{\text{ц}}$ для того, щоб двигун отримав необхідну порцію палива. Це називається компенсацією зміни напруги. Для проведення такої компенсації інформація про напругу акумуляторної батареї надходить на блок управління у вигляді регульованого параметра. Електронний компенсаційний каскад забезпечує збільшення тривалості дії керуючих імпульсів на величину $T_{\text{,,}}$, яка залежить від напруги затримки в спрацьовуванні форсунок. Таким чином, загальна тривалість імпульсів впорскування T_j є сумою T_p , T_t і T_i (рис. 3.6).

Посилення імпульсу для впорскування палива

Імпульси уприскування, що утворюються в каскаді мультиплікатора, посилюються у вихідному каскаді. Ці посилені імпульси керують роботою форсунок. Всі форсунки двигуна відкриваються і закриваються одночасно. У ланцюзі з кожною форсункою в якості обмежувача струму послідовно підключається резистор.

Вихідний каскад системи L-Jetronic подає електричний струм одночасно на три або чотири форсунки. Блоки управління 6- і 8-циліндровими двигунами оснащуються двома такими каскадами з трьома або чотирма форсунками кожен. Робота обох вихідних каскадів синхронізована. Цикл впорскування палива в системі підібраний таким чином, щоб за кожен оборот розподільного валу (один робочий цикл) двічі впорскувалася половина від кількості палива, необхідного кожному циліндру.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

Крім управління форсунками за допомогою резисторів, існують блоки управління з регульованим вихідним каскадом. При цьому форсунки працюють без цих резисторів. Управління форсунками здійснюється наступним чином:

як тільки якорі клапанів втягуються на початку імпульсу, струм, що подається на форсунки аж до кінця імпульсу, знижується до набагато меншого струму утримання. Так як на початку імпульсу ці форсунки включаються на велику силу струму, то час затримки імпульсу не є великим. Завдяки зниженню сили струму після початку роботи форсунки, велике навантаження на вихідний каскад немає дії, це дозволяє підключати до 12 форсунок на один вихідний каскад.

Утворення суміші

Утворення суміші відбувається у впускній магістралі і в циліндрі двигуна.

Дискретно впорскуєме паливо через форсунки накопичується перед впускним клапаном. При відкритті впускного клапана всмоктуване повітря втягує з собою паливо, утворюючи робочу суміш під час вихору під час такту впуску.

Корегування сумішоутворення у відповідності до режимів роботи двигуна

При певних умовах роботи двигуна необхідно регулювати сумішоутворення, крім основних функцій, для поліпшення потужності, складу суміші, динамічних характеристик і продуктивності запуску двигуна. Блок управління системою L-Jetronic може проводити ці регулювання за допомогою додаткових сигналів від датчиків температури двигуна і положення дросельної заслінки (сигнал навантаження). Характеристична крива витратоміра повітря визначає потребу в паливі для конкретного двигуна на всіх режимах роботи.

Збагачення суміші в режимі холодного запуску двигуна

Залежно від температури двигуна під час запуску впорскується додаткове паливо. З цієї причини суміш збагачується. Це робиться для того, щоб компенсувати конденсаційні втрати частини палива в робочій суміші, що виникають при пуску холодного двигуна, і, тим самим, полегшити запуск.

Для збагачення суміші в режимі холодного запуску двигуна існує два методи управління процесом: за допомогою блоку управління і форсунок; за допомогою термореле і пускової форсунки.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

Управління запуском за допомогою блоку управління і форсунок

Під час запуску через форсунки впорскується більше палива за рахунок збільшення часу впорскування. Пуск контролюється блоком управління шляхом обробки сигналів замка запалювання і датчика температури двигуна.

Управління запуском за допомогою термореле і пускової форсунки

Впорскування додаткової кількості палива у впускний трубопровід здійснюється пусковою форсункою. Тривалість роботи цієї форсунки обмежена термореле в залежності від температури двигуна.

Пускова форсунка оснащена клапаном з електромагнітним приводом. У неробочому стані пружина притискає рухомий сердечник електромагніту до ущільнюючої прокладки, тим самим закриваючи клапан форсунки. При збудженні електромагніту магнітний сердечник, піднімаючись від сидла клапана, звільняє прохід для палива, що дає можливість отримати струмінь дрібно розпиленого палива, що збагачує повітря у впускному трубопроводі за дросельною заслінкою.

Термореле складається з електрично підігріваної біметалічної пластини, яка замикає або розриває контакти в залежності від температури. Управління здійснюється за допомогою замка запалення. Термореле розроблений таким чином, що забезпечує прийом температури, що на нього впливає. Під час пуску холодного двигуна термореле обмежує тривалість відкриття пускової форсунки. Ця тривалість визначається термореле, що нагрівається як двигуном, так і нагрівальним пристроєм самого реле. Це власний електричний підігрів необхідний для обмеження тривалості роботи пускової форсунки, а також для того, щоб збагачення небуло занадто сильним. Вирішальним значенням для визначення тривалості роботи пускової форсунки під час пуску холодного двигуна є потужність теплової обмотки (наприклад, при -20°C , відключення пускової форсунки відбувається приблизно через 7,5 секунд). Коли двигун виходить на робочу температуру, термореле нагрівається від двигуна до такої міри, що залишається розімкненим, не даючи включитися пусковій форсунці. При тривалому пуску або при спробі повторно запустити двигун пускова форсунка вже не працює.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

Збагачення робочої суміші в післястартовий період і під час прогріву двигуна

За фазою холодного пуску двигуна слідує фаза прогріву. У цьому режимі також потрібне значне збагачення робочої суміші, оскільки частина палива, що надходить, все одно конденсується на стінках циліндрів. Крім того, без додаткового збагачення суміші після відключення пускової форсунки і, відповідно припинення подачі додаткового палива у впускний трубопровід стає помітним різке падіння частоти обертання колінчастого валу.

Після запуску двигун вимагає лише незначного збагачення суміші для своєї нормальної роботи, яке регулюється температурою двигуна. На рис. 3.7 показана типова крива величини збагачення суміші як функція часу при початковій температурі 22 °С. Щоб запустити цей процес, блок управління повинен постійно отримувати інформацію про температуру двигуна від відповідного датчика.

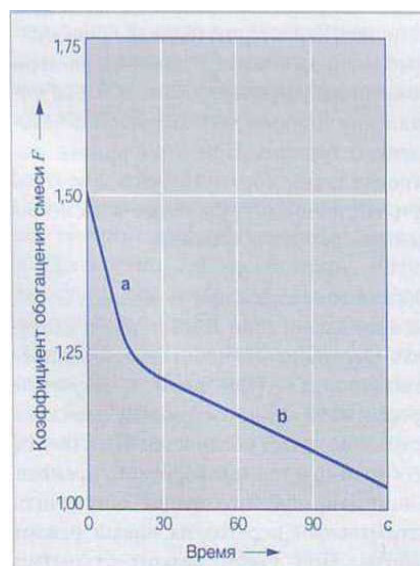


Рисунок 3.7 – Характеристична крива збагачення робочої суміші при прогріванні двигуна

Регулювання суміші при частковому навантаженні

Більшу частину часу двигун працює під частковим навантаженням. Характеристична крива потреби двигуна в паливі в цьому режимі програмується в блоці управління і визначає кількість палива, що подається. При цьому крива побудована таким чином, що двигун при частковому навантаженні характеризується зниженою витратою палива.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Збагачення суміші при розгоні

При прискоренні автомобіля у двигун потрапляє збільшена кількість палива. При різкому відкритті дросельної заслінки робоча суміш деякий час подається збіднена, тому її необхідно збагачувати протягом короткого часу, щоб забезпечити оптимальний перехід до нового режиму роботи. необхідний для підняття тиску у впускному трубопроводі на новий рівень. При такому різкому відкритті дросельної заслінки через витратомір проходить як повітря, яке потім потрапляє до камери згоряння, так і повітря яке необхідне для підняття тиску у впускному трубопроводі. При цьому пластина затвора витратоміра ненадовго вийде за межі свого нормального ходу, коли дросельна заслінка повністю відкрита. Це коливання затвора пластини витратоміра призводить до збільшення подачі палива (збагачення при прискоренні), тим самим оптимізуючи перехід до нового режиму роботи.

Оскільки цього збагачення суміші недостатньо при прогріванні двигуна, блок управління в цьому режимі роботи обробляє інший електричний сигнал, що відповідає швидкості, з якою рухається пластина затвора витратоміра.

Збагачення суміші у режимі повного навантаження

У режимі повного навантаження двигун видає максимальний крутний момент. Для цього необхідно збагатити робочу суміш в порівнянні з роботою в режимі часткового навантаження. Ступінь цього збагачення суміші програмується в блоці управління і залежить від типу двигуна. Дані про навантаження передаються на блок управління від датчика положення дросельної заслінки.

Датчик положення дросельної заслінки

Цей датчик (рис. 3.8) інформує блок управління про положення дросельної заслінки "холостий хід" і "повне навантаження". Він встановлений на корпусі дросельної заслінки і приводиться в рух від осі дросельної заслінки. Куліса, яка розташована на валу, в кінцевих положеннях "холостий хід" і "повне навантаження" замикає відповідні контакти.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

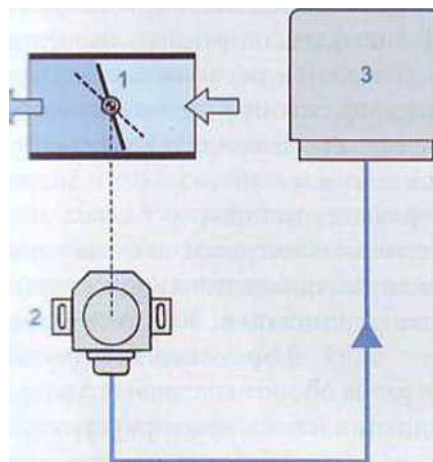


Рисунок 3.8 – Корегування складу суміші на режимах холостого ходу та повного навантаження

Регулювання частоти обертання колінчастого валу в режимі холостого ходу

Витратомір повітря має регульований перепускний канал, через який невелика кількість повітря проходить навколо пластини затвора. Регулювальний гвинт 4 (рис. 3.9) служить для встановлення основного коефіцієнта надлишку повітря суміші на холостому ходу шляхом зміни площі поперечного перерізу обвідного каналу.

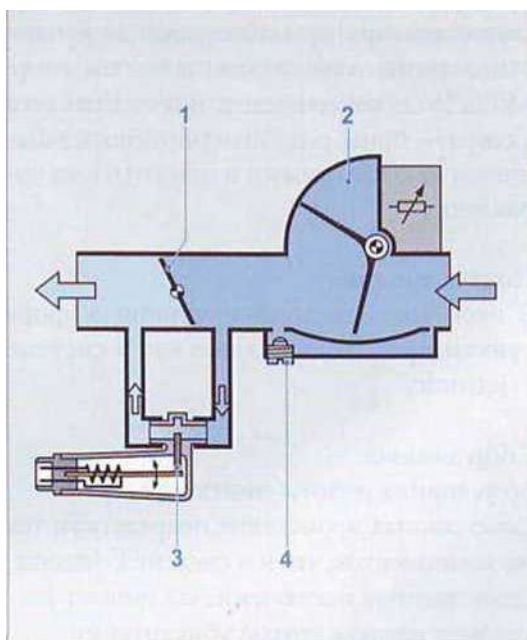


Рисунок 3.9 – Управління роботою двигуна у режимі холостого ходу

Для того щоб домогтися рівномірної частоти обертання колінчастого валу на холостому ходу, навіть при холодному двигуні, блок управління додатково збільшує частоту обертання колінчастого валу. Це, до того ж, забезпечує більш швидкий прогрів двигуна. Допоміжний пристрій подачі повітря з електричним підігрівом виходячи з температури двигуна, виконаний у вигляді переливного каналу в обхід дросельної заслінки, забезпечує більший забір повітря. Це зайве повітря враховується при вимірюванні кількості всмоктуваного повітря, і система L-Jetronic відправляє в двигун більше палива.

Точне регулювання можливе за допомогою пристрою подачі додаткового повітря з електричним підігрівом. При цьому температура двигуна визначає початкову кількість цього повітря, а електричний обігрів в основному визначає поступове зменшення цієї кількості.

Пристрій подачі додаткових порцій повітря

У цьому пристрої перфорована діафрагма змінює площу поперечного перетину перепускного каналу (байпаса). Завдяки цьому, в залежності від температури холодного старту, діафрагма відкриває цей канал або поступово закриває його, з підвищенням температури до повного його закриття.

Цей пристрій встановлюється в такому місці, щоб на нього могло впливати тепло двигуна, щоб пристрій не працював на прогрітому двигуні.

Корегування сумішоутворення у відповідності до температури навколишнього середовища

В залежності від температури навколишнього середовища корегується кількість палива, що впорскується. Від температури повітря на вході залежить кількість повітря, яке поступає у циліндри двигуна, що має безпосереднє значення для процесу згоряння. Враховуючи, що більш холодне повітря більш щільне, при однаковому положенні дросельної заслінки обсяг заповнення циліндрів зменшується зі збільшенням температури повітря.

Для обліку цього ефекту у впускному каналі витратоміра повітря встановлений датчик температури, який передає дані про температуру

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

всмоктуваного повітря на блок управління, який з урахуванням цієї інформації контролює дозування кількості палива.

3.4 Модифікації система L-Jetronic

3.4.1 Загальні відомості про систему, модифікації система L-Jetronic

Система L-Jetronic послужила основою для створення аналогічних систем впорскування. Одним з варіантів L-Jetronic була система L3-Jetronic, яка має наступні відмінності:

- електронний блок управління, призначений для розміщення в підкапотному просторі, розташований поруч з витратоміром повітря і таким чином не займає місця в автомобілі;
- модуль, що складається з блоку управління і витратоміра повітря з внутрішніми підключеннями, спрощує електромонтаж і знижує витрати на установку системи.
- Використання цифрової технології замість раніше використовуваної аналогової забезпечує кращі можливості для регулювання сумішоутворення

3.4.2 Система L3-Jetronic

Система L3-Jetronic може використовуватися як з лямбда-контролем, так і без нього (рис. 3.10). Обидві версії мають функцію аварійного спрацьовування, що дозволяє автомобілю доїхати до найближчого гаража в разі несправності в мікрокомп'ютері. Крім того, сигнали, що надходять на блок управління, перевіряються на достовірність, наприклад, сигнал про температуру охолоджуючої рідини системи охолодження двигуна нижче -40°C (за винятком районів Крайньої Півночі – ред.) ігнорується і замінюється блоком управління, що зберігається в пам'яті.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

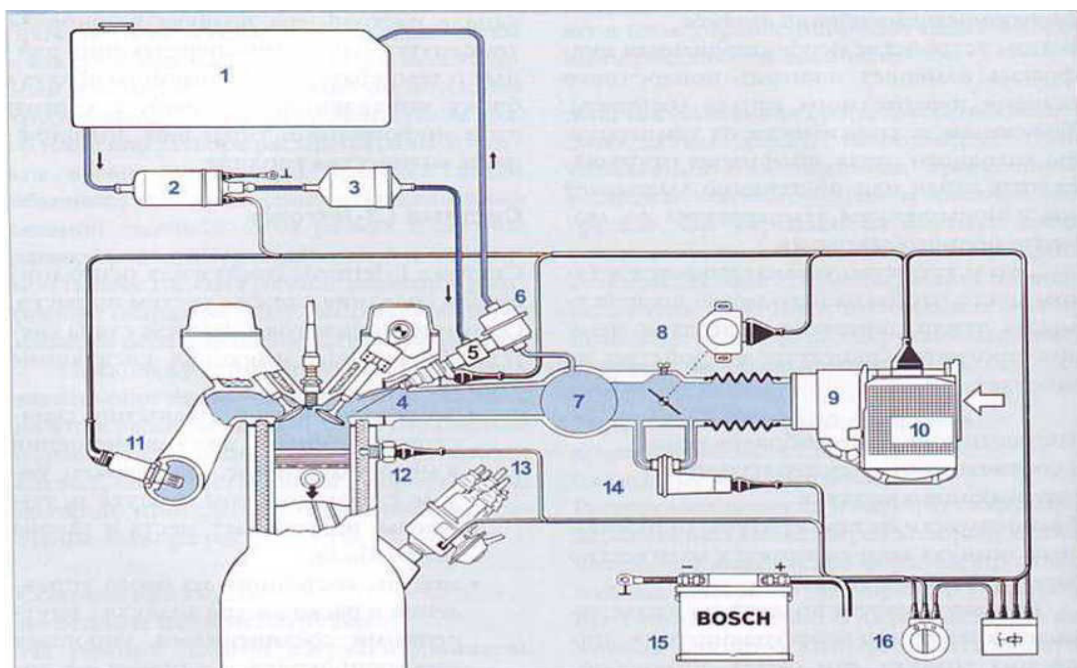


Рисунок 3.10 – Схема системи L3-Jetronic:

1 – паливний бак, 2 – паливний насос з електроприводом, 3 – паливний фільтр, 4 – форсунка, 5 – розподільна камера, 6 – регулятор тиску, 7 – впускний трубопровід, 8 – датчик положення дросельної заслінки, 9 – витратомір повітря, 10 – електронний блок управління, 11 – лямбда-зонд, 12 – датчик температури двигуна, 13 – розподільювач запалення, 14 – пристрій подачі додаткового повітря, 15 – АКБ, 16 – вимикач запалення.

Подача палива

У цій системі паливо подається до форсунок так само, як і в системі L-Jetronic.

Збір даних про умови експлуатації двигуна

Дані збираються за допомогою тих же компонентів, що і в системі L-Jetronic, єдиним винятком є витратомір повітря іншої конструкції.

Витратомір повітря

Блок управління і витратомір повітря об'єднані в один вимірювальний і керуючий модуль (рис. 3.11). Розміри корпусів витратоміра і блока управління зменшені настільки, що проектна загальна висота всього модуля не перевищує висоту попереднього витратоміра повітря системи L-Jetronic. Іншими

особливостями нового витратоміра повітря (рис. 3.12) є менша вага завдяки алюмінієвому корпусу (замість цинку), розширений діапазон вимірювання та покращені демпфіруючі властивості при різких змінах кількості повітря, що подається.

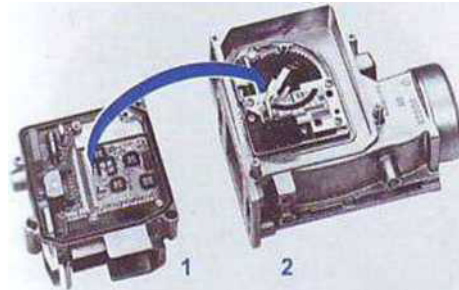


Рисунок 3.11 – Вимірювальний та керуючий модуль

1 – електронний блок керування, 2 – витратомір повітря з потенціометром

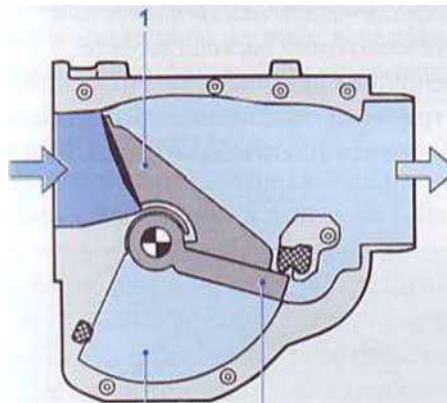


Рисунок 3.12 – Витратомір повітря

1 – затвор датчика, 2 – компенсаційний клапан, 3 – демпферуюча камера.

Дозування палива

Електромагнітні форсунки впорскують паливо на впускні клапани двигуна. Кожен циліндр має по одній форсунці, що діє один раз за оберт колінчастого валу. Для спрощення схеми всі форсунки підключаються в мережі паралельно.

Різниця між тиском палива та тиском у впускній колекторі підтримується постійним на рівні 2,5 або 3 бар, так що кількість палива, що впорскується, залежить тільки від тривалості роботи форсунок. Блок управління подає на

форсунки регулюючи імпульси, тривалість яких залежить від витрати повітря на вхіді, частоти обертання колінчастого валу та інших робочих параметрів, дані яких надходять з датчиків датчики і обробляються блоком системи управління.

На відміну від системи L-Jetronic, блок керування системи L3-Jetronic корегує коефіцієнт надлишку повітря за допомогою параметричної характеристики "навантаження-частота обертання колінчастого валу". На підставі даних, отриманих від датчиків, блок управління розраховує тривалість впорскування палива, що є мірою кількості палива, що надходить в двигун. Мікропроцесор в блоці управління забезпечує регулювання інших необхідних функцій. Блок керування, встановлений на витратомірі повітря, повинен мати мінімальні конструктивні розміри та лише невелику кількість електричних роз'ємів, а також бути стійким до впливу тепла, вібрації та вологості.

Ці вимоги задовольняються за рахунок використання спеціальної гібридної схеми і мініатюрної друкованої плати в блоці управління.

На гібридній схемі, крім мікрокомп'ютера, є 5 монолітних інтегральних мікросхем, а також 88 плівкових резисторів і 23 конденсатора. Зв'язок між інтегральними мікросхемами і товстоплівковою платою забезпечується провідниками із золота товщиною 0,033 мм.

Корегування сумішоутворення відповідно до режимів роботи

Система L3-Jetronic забезпечує коригування сумішоутворення за допомогою таких елементів, як датчик положення дросельної заслінки, пристрій подавання додаткового повітря, датчик температури двигуна і лямбда-зонда. Принцип роботи цих елементів описаний в попередніх розділах глави "Система L-Jetronic".

3.4.1 Система LH-Jetronic

Загальні відомості про систему. Різниця між системою LH-Jetronic (рис. 3.13) і системою L-Jetronic полягає в способі вимірювання кількості всмоктуваного повітря. У LH-Jetronic використовується тепловий вимірювач (термоанемометричний датчик) масової витрати повітря. Отриманий результат

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67

вимірювання не залежить від щільності повітря, на яку, в свою чергу, впливають температура і тиск.

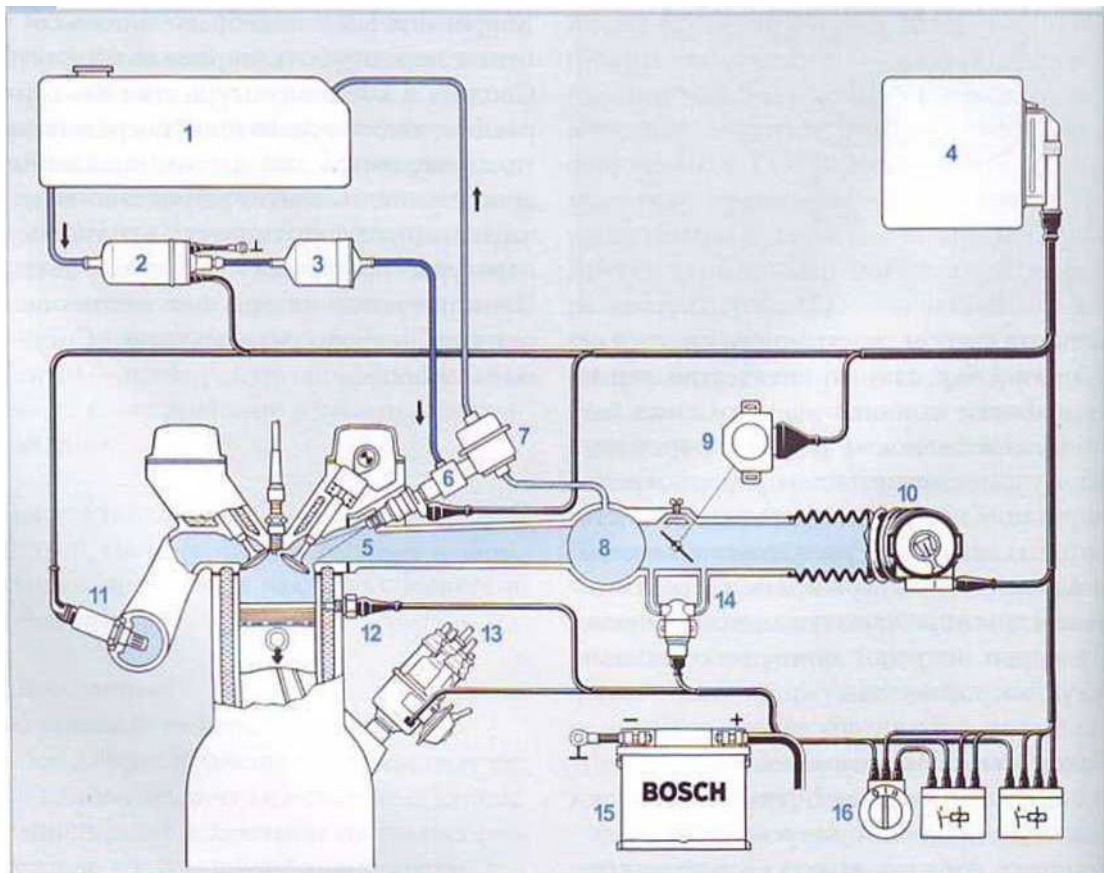


Рисунок 3.13 – Схема системи LH-Jetronic:

1 – паливний бак, 2 – паливний насос з електроприводом, 3 – паливний фільтр, 4 – електронний блок керування, 5 – форсунка, 6 – розподільна камера, 7 – регулятор тиску, 8 – впускний трубопровід, 9 – датчик положення дросельної заслінки, 10 – термоанемометричний датчик (з нагріваемою ниткою) масової витрати повітря, 11 – лямбда-зонд, 12 – датчик температури двигуна, 13 – розподілювач запалення, 14 – регулятор частоти обертів колінчастого валу, 15 – АКБ, 16 – вимикач запалення.

Подача палива

Подача палива аналогічна тій, що використовується в системі L-Jetronic.

Збір даних про двигун

Збір даних здійснюється так само, як і в системі L-Jetronic. Виключенням є вимірювання масової витрати повітря.

Масовий витратомір повітря

Датчики масової витрати повітря з нагрівальною ниткою і плівкою є термодатчиками і працюють за тим же принципом. Вони встановлюються між повітряним фільтром і дросельною заслінкою і вимірюють масу повітря, що всмоктується двигуном (в кг/год).

Термоанемометричний датчик масової витрати повітря з підігрівом нитки розжарювання

У цьому датчику (рис. 3.14 і 3.15) використовується електрично нагріваний елемент у вигляді платинової нитки товщиною 70 мкм. Температура всмоктуваного повітря вимірюється датчиком температури. Нагріта нитка розжарювання і датчик температури впускного повітря утворюють мостовий ланцюг, в якому вони виконують роль термочутливих резисторів. На блок управління подається сигнал напруги, який пропорційний повітря, що проходить крізь них.

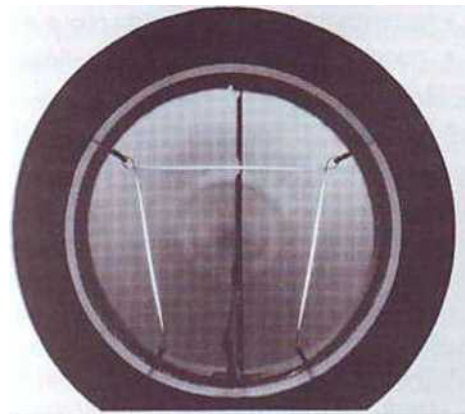


Рисунок 3.14 – Термоанемометричний датчик (з нагрівальною ниткою) масової витрати повітря

Всередині трубки Вентурі підвішена платинова нитка товщиною 70 мкм.

Термоанемометричний плівковий датчик масової витрати повітря

У плівковому датчику (рис. 3.15) в якості електрично підігріваного елемента використовується платиновий плівковий резистор. Температура нагрівального

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

елементу вимірюється термочутливим резистором (терморезистором). Напруга елемента, що нагрівається є мірою масової витрати повітря. Ця напруга перетворюється електронною схемою в плівковому датчику напругу за в плівковому датчику, у напругу на якій працює блок керування.

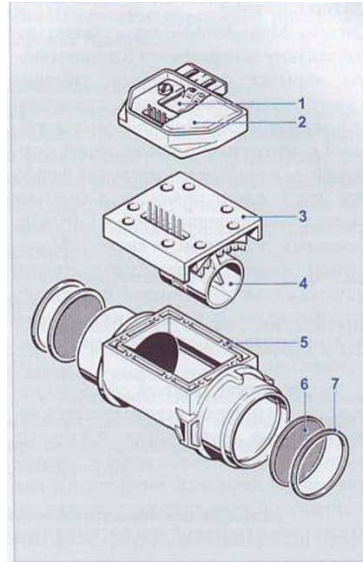


Рисунок 3.15 – Термоанемометричний датчик (з нагріваемою ниткою) масової витрати повітря

1 – гібридна схема, 2 – кришка, 3 – металевий вкладиш, 4 – трубка Вентурі з нагріваемою ниткою, 5 – корпус, 6 – захисна решітка, 7 – кріпильне кільце.

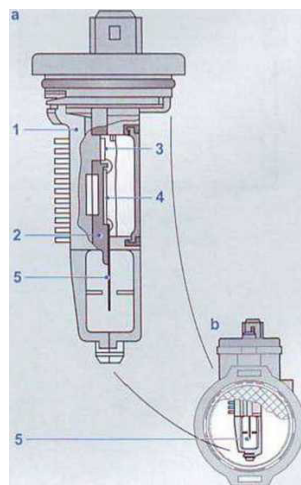


Рисунок 3.16 – Термоанемометричний плівковий датчик масової витрати повітря: а – плівковий датчик масової витрати повітря, б – трубка Вентурі із вбудованим плівковим датчиком, 1 – тепловідвідний елемент, 2 – проміжний модуль, 3 – задаюча ділянка, 4 – гібридна схема, 5 – сенсор (елемент, що нагрівається).

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		70

Дозування палива

Керування дозуванням палива відбувається так само як у системі L-Jetronic.

Корегування суміші у відповідності до зміни режимів роботи двигуна

Данні про різні режими роботи двигуна збираються і використовуються для корекції сумішоутворення тими ж методами, як і в системі L-Jetronic.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Охорона праці при експлуатації автомобільних двигунів

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Робота з автомобільними двигунами внутрішнього згоряння вимагає високого рівня безпеки, адже порушення правил експлуатації може призвести до травм, професійних захворювань або негативного впливу на довкілля.

Організація безпечного робочого середовища. Робоче місце повинно бути правильно організоване для зменшення ризиків. Основними умовами є освітлення, вентиляція, чистота. Зона роботи з двигунами повинна мати достатній рівень природного чи штучного світла для запобігання помилкам через погану видимість. Автосервіси та гаражі мають бути обладнані системами вентиляції для видалення вихлопних газів, які містять токсичні речовини (CO, NOx, вуглеводні). Робоча зона повинна залишатися чистою, без зайвих предметів, щоб уникнути спотикання чи механічних травм.

Для захисту працівників від небезпек, пов'язаних із роботою двигуна, необхідно використовувати робочий одяг, рукавички, окуляри респіратори. Одяг із негорючих матеріалів, який стійкий до мастил і високих температур. Захищає від порізів, опіків та контакту зі шкідливими речовинами. Окуляри захищають очі від бризок палива, мастил чи дрібних часток металу. Респіратори використовуються для захисту органів дихання від шкідливих газів та парів.

Робота з ДВЗ пов'язана з ризиками, тому працівники мають дотримуватись наступних правил:

– перед початком роботи обов'язково перевіряти стан інструментів та обладнання.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– ремонт або обслуговування двигуна проводити лише після його повного зупинення, за винятком регулювання, яке вимагає роботи двигуна.

– уникати контакту з рухомими елементами працюючого двигуна, такими як ремені чи шківи.

– використовувати ізольовані інструменти для роботи з електрообладнанням.

Попередження пожеж і вибухів

Автомобільні двигуни працюють із паливом і мастилами, які є легкозаймистими. Тому важливо уникати використання відкритого вогню поблизу двигуна. Своєчасно перевіряти герметичність паливної системи, щоб запобігти витокам. Забезпечити наявність вогнегасників у робочій зоні. Не допускати куріння поблизу зон роботи з двигуном.

Робота з ДВЗ може спричиняти хронічні захворювання через контакт із токсичними речовинами, такими як вихлопні гази чи мастильні матеріали. Для зниження ризику необхідно регулярно проводити медичні огляди працівників, забезпечити працівників засобами першої допомоги та навчити їх користуватися, створити умови для зниження стресу та перенапруження.

4.2 Захист навколишнього середовища при експлуатації автомобільних двигунів

Сучасний транспорт став невід'ємною частиною нашого життя, але разом із зручністю він приніс і серйозні виклики для екології. Автомобільні двигуни внутрішнього згоряння, що використовуються в більшості транспортних засобів, значно впливають на стан навколишнього середовища. Основними джерелами цього впливу є вихлопні гази, витoki паливно-мастильних матеріалів і неправильна утилізація відходів. Збереження довкілля вимагає комплексного підходу, який поєднує інноваційні технології, екологічно свідоме ставлення до експлуатації автомобілів та дотримання норм природоохоронного законодавства.

Автомобільні двигуни внутрішнього згоряння виробляють низку забруднювачів, що шкодять природі. Найбільш вагомими є вихлопні гази, які

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

містять оксиди азоту, чадний газ, вуглекислий газ та мікрочастинки. Оксиди азоту сприяють утворенню кислотних дощів, чадний газ є небезпечним для життя, а надмірна кількість вуглекислого газу спричиняє парниковий ефект. Не менш небезпечними є витоки мастил і пального, які можуть забруднювати ґрунт і воду.

Окрім цього, автомобілі створюють шумове забруднення, що негативно впливає на екосистеми та здоров'я людей. Сукупність цих факторів робить необхідним пошук ефективних рішень для мінімізації шкоди.

Науково-технічний прогрес пропонує низку рішень, які дозволяють зменшити екологічний слід автомобілів. Зокрема, каталітичні нейтралізатори стали важливим засобом зниження токсичності вихлопних газів. Системи рециркуляції вихлопів повертають частину газів у камеру згоряння, знижуючи викиди оксидів азоту.

Не лише технології, а й підхід до використання автомобілів може сприяти захисту довкілля. Регулярне технічне обслуговування – заміна фільтрів, перевірка герметичності паливної системи та справності двигуна – дозволяє мінімізувати шкідливі викиди.

Екологічне водіння, яке передбачає уникнення різких прискорень, плавну зміну швидкості та мінімізацію роботи двигуна на холостому ході, допомагає зменшити витрати пального та знизити викиди.

Також важливо створювати міські зони з обмеженням використання автомобілів із високим рівнем викидів, стимулюючи перехід на екологічно чистий транспорт.

Автомобільна індустрія генерує значну кількість відходів, серед яких – відпрацьовані мастила, фільтри, акумулятори та старі автомобілі. Правильна їх утилізація є важливим елементом захисту природи. Відпрацьовані матеріали мають здаватися на спеціалізовані пункти збору для подальшої переробки.

Старі автомобілі потребують відповідної утилізації з відокремленням металевих і пластикових деталей для повторного використання. Такий підхід зменшує навантаження на довкілля і сприяє сталому використанню ресурсів.

Значним кроком у напрямку зменшення впливу транспорту на екологію є екологічні стандарти, такі як Євро-6, що регламентують допустимий рівень викидів

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

шкідливих речовин. Уряди багатьох країн стимулюють перехід на екологічно чистий транспорт через податкові пільги, субсидії на придбання електромобілів та інвестиції в інфраструктуру для зарядки.

Захист навколишнього середовища під час експлуатації автомобільних двигунів є складним, але необхідним завданням. Інноваційні технології, свідомий підхід до водіння, відповідальне поводження з відходами та підтримка державних ініціатив формують основу для зменшення негативного впливу транспорту на довкілля. Тільки об'єднавши зусилля суспільства, виробників і влади, можна забезпечити сталий розвиток та зберегти природні ресурси для майбутніх поколінь.

ВИСНОВОК

У ході підготовки та написання даної кваліфікаційної роботи було проаналізовано конструктивні особливості чотирьохтактного автомобільного двигуна 4Ч0,76/0,66, проведено аналіз конструкції та особливостей обслуговування. Запропоновано модернізацію паливної системи шляхом використання примусового впорскування та електронного блоку управління. Запропоновано ряд схемних та конструктивних рішень, що дозволить забезпечити точний контроль над подачею палива, що оптимізує витрати й дозволяє досягти кращої економічності. Завдяки цьому двигун з системами впорскування споживають менше пального, що знижує експлуатаційні витрати. Крім того, більш точне дозування палива дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин і відповідати сучасним екологічним стандартам, які неможливо повноцінно забезпечити за допомогою карбюратора.

Ще однією перевагою є адаптивність системи впорскування, яка завдяки електронному блоку управління може автоматично підлаштовуватись під змінні зовнішні умови, такі як температура повітря, тиск чи висота над рівнем моря. Це забезпечує стабільну роботу двигуна та кращі динамічні характеристики, покращуючи потужність і прискорення автомобіля. Крім цього, системи впорскування потребують менше обслуговування і дозволяють використовувати альтернативні види палива, що знижує залежність від бензину та підвищує гнучкість у використанні ресурсів.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Automotive Handbook / R. Bosch . – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1996. – 896 p.
2. Ergonomie Automobile / H. Bubb, K. Bengler, R. E. Grünen, M. Vollrath. – Springer Vieweg, 2015. – XV, 707 p.
3. Automotive Technician Training: Theory / Denton Tom. Routledge, 2014. — 576 p.
4. ВАЗ. Керівництво по ремонту двигунів та їх систем / Алексанін І.М. – Київ: Шафа, 2009 – 379 с.
5. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми бензинового двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ». // Доценко С.М., Бельський Ф.В.- Первомайськ ППІ НУК, 2013. – 52с.
6. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу дизельного двигуна на альтернативних видах рідкого палива з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння». // Доценко С.М.– Первомайськ: ПФ НУК, 2021 - 50 с.
7. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми газового двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ». // Доценко С.М., Бельський Ф.В., Гірікович В.С.- Первомайськ ППІ НУК, 2010. – 36с.
8. Лукін, А.І. Конструкція суднових двигунів. [Текст]: Навчальний посібник / А.І. Лукін, Миколаїв, УДМТУ, 1999. – 62 с.
9. Пильов, Двигуни внутрішнього згоряння. Том 4. Основи САПР ДВЗ [Текст]: / В.О. Пильов, А.В. Шеховцев. – Х.: «Прапор», 2004. – 336 с.
10. Марченко, А.П. Двигуни внутрішнього згоряння. Том 5. Екологізація ДВЗ [Текст]: / А.П. Марченко, І.В. Пареданов, Л.Л. Товажнянський, А.Ф. Шеховцев. – Х.: «Прапор», 2004. – 360 с.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		77

11. Наливайко, В.С. Характеристики двигунів внутрішнього згоряння та споживачів. [Текст]: / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко – Миколаїв НУК, 2011. – 100 с.

12. Наливайко В.С. Режими роботи судових ДВЗ. [Текст]: / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко – Миколаїв НУК, 2011. – 100 с.

					ПННІ НУК 131.61.24.03.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		78