

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Тимчишин Іван Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.396

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення пристрою для комплексного контролю якості бензину та його

метрологічний аналіз

(назва роботи)

Метрологія та вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

175 Інформаційно-вимірювальні технології

(шифр і назва спеціальності)

Тимчишин І.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Витвицька Лідія Андріївна, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

О.Є Середюк.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу _____

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут _____ інформаційних технологій _____

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій _____

Освітній рівень магістр _____

Спеціальність 175 інформаційно-вимірювальні технології _____

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТ _____

Середюк О.Є. _____

« _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Тимчишину Івану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення пристрою для комплексного контролю якості бензину та його метрологічний аналіз

Керівник роботи Витвицька Лідія Андріївна, к.т.н., доцент _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "03" грудня 2024 року № 787/72.

Строк подання студентом роботи 13 грудня 2024 року _____

3. Вихідні дані до роботи Діапазон визначення октанового числа - 50-98

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз існуючих методів та пристроїв для контролю якості бензину

2. Розроблення пристрою для контролю якості бензину

3. Метрологічний аналіз пристрою для визначення октанового числа бензину

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Опис процесів в двигуні внутрішнього згоряння МР.МТТм-23-59.00.00.001

2. Зміна тиску в циліндрі в залежності від кута повороту колінчастого валу МР.МТТм-23-59.00.00.002

3. Індикаторна діаграма теоретичного циклу з підведенням теплоти при постійному об'ємі МР.МТТм-23-59.00.00.003

4. Схема нагромадження сумарної похибки МР.МТТм-23-59.00.00.004

5. Адитивні і мультиплікативні похибки засобу вимірювань МР.МТТм-23-59.00.00.005

6. Коефіцієнт ефективної тепловіддачі голчасто-штирєвого радіатора в умовах вільної конвекції МР.МТТм-23-59.00.00.006

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормо-контроль	Біліщук В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання 15.10.2024р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз існуючих методів та пристроїв для контролю якості бензину	15.10.-1.11.2024р.	
2.	Розроблення пристрою для контролю якості бензину	02.11.-19.11.2024р.	
3.	Метрологічний аналіз пристрою для визначення октанового числа бензину	20.11 – 28.11.2024р.	
4.	Висновки по роботі	29.11-30.11.2024р.	
5.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	01.12.-13.12.2024р.	

Студент

(підпис)

Тимчишин І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Витвицька Л.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота : 74 с., 14 рис., 2 табл., 2 додатки, 11 джерел, 6 аркушів креслень.

Об'єкт дослідження – процеси, які мають місце при моторному і дослідницькому методів визначення октанового числа бензину.

Мета роботи – розроблення пристрою для комплексного контролю якості бензину.

Метод дослідження – математичне моделювання процесів, які відбуваються у двигуні внутрішнього згорання при перетворенні суміші у механічний рух поршнів.

Проведено аналіз фізичних властивостей бензинів та їх вплив на якість бензину в загальному, проаналізовано існуючі методи та засоби визначення основних параметрів, за якими встановлюється якість бензинової суміші. Розроблено математичне моделювання процесів, які мають місце при визначенні якості бензину. Розроблено пристрій для визначення октанового числа, а також методика проведення контролю якісних показників на розробленому пристрої. Проведено метрологічний аналіз розробленого пристрою

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОКТАНОВЕ ЧИСЛО, БЕНЗИН, ДВИГУН, ДЕТОНАЦІЯ .

ABSTRACT

Master's thesis: 74 pages, 14 figures, 2 tables, 2 appendices, 11 sources, 6 sheets of drawings.

The object of research is the processes that take place during the motor method of determining the octane number of gasoline.

The purpose of the work is to develop a device for comprehensive gasoline quality control.

The research method is a mathematical modeling of the processes that take place in the internal combustion engine during the transformation of sumfish into the mechanical movement of pistons.

An analysis of the physical properties of gasoline and their influence on the quality of gasoline in general has been carried out, existing methods and means of determining the main parameters by which the quality of the gasoline mixture is determined have been analyzed. Mathematical modeling of the processes that take place when determining the quality of gasoline has been developed.

A device for determining the octane number has been developed, as well as a technique for controlling quality indicators on the developed device. A metrological analysis of the developed device was carried out

Key words: octane number, gasoline, engine, detonation.

KEYWORDS: GASOLINE ENGINE, OCTANE, DETONATION RESISTANCE, PULSE.

Зміст

Вступ.....	7
1. Аналіз існуючих методів та пристроїв для контролю якості бензину	9
1.1 Аналіз об'єкта контролю.....	9
1.2 Аналіз існуючих методів та засобів контролю якості бензину.....	13
1.3 Обґрунтування доцільності розроблення, та постановка задачі магістерської роботи.....	29
2. Розроблення пристрою для контролю якості бензину	30
2.1 Опис процесів в двигуні внутрішнього згорання.....	30
2.2 Математичне моделювання процесів перетворення енергії в двигуні внутрішнього згорання.....	40
2.3 Розробка конструкції пристрою для визначення октанового числа....	43
2.4 Розробка методики вимірювання.....	56
3. Метрологічний аналіз пристрою для визначення октанового числа бензину.....	63
3.1 Класифікація видів похибок.....	63
3.2 Аналіз факторів що впливають на результат вимірювання.....	66
3.3 Розрахунок сумарної похибки.....	69
4. Висновки.....	72
5. Перелік літературних джерел.....	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОЧ – октанове число

ОЧМ - октанове число моторне

ОЧД - октанове число дослідницьке

ТЕС - тетраетилсвинець

ДВЗ- двигун внутрішнього згорання

ВСТУП

Якість бензину в першу чергу визначається умовним показником, за яким встановлюється здатність палива забезпечити роботу двигунів внутрішнього згорання без їхньої детонації. Цей показник називається октановим числом (надалі ОЧ). Цей показник визначається методом порівняння характеристик горіння досліджуваного палива й еталонних сумішей ізооктану з н-гептаном. Залежно від режимів випробувань, жорсткому чи м'якому, визначається відповідно моторне і дослідницьке октанові числа (надалі ОЧМ і ОЧД). При жорсткому режимі частота обертання колінвалу складає 900 хв^{-1} , температура суміші 149°C , кут випередження запалювання змінюється, при м'якому режимі частота обертання колін валу рівна 600 хв^{-1} , температура повітря 52°C , кут випередження запалювання незмінний і рівний 13° . Різниця між моторним і дослідницьким октановими числами характеризує придатність бензину до різних умов роботи двигуна і називається чутливістю. Так, вважається, що ОЧД характеризує бензини при їзді машини в міських умовах, а ОЧМ – в умовах високих навантажень і швидкостей. Середнє арифметичне між ОЧМ і ОЧД називається октановим індексом, за яким визначається дорожнє октанове число, яке нормується стандартами багатьох країн (наприклад, США), як основна характеристика палива.

Майже до кінця минулого століття підвищення октанового числа бензину здійснювалося шляхом додавання до бензину тетраетилсвинцю (надалі ТЕС), спеціальної етилової рідини. Однак застосування каталітичних нейтралізаторів, які є чутливими до вмісту свинцю, привело до необхідності перегляду в різних країнах технічної політики щодо якості бензину. Тому були розроблені спеціальні програми щодо переходу на неетилізованого палива.

На даний час здійснюється модифікація компонентного складу товарних бензинів шляхом додавання сполук, які містять кисень. При цьому

одночасно знижується тиск насиченої пари бензину, зменшується концентрація бензолу і забезпечується повнота згоряння палива.

Як правило, якість бензину, який продається, визначається моторним октановим числом, тобто визначеним моторним методом, що не дає повної характеристики якості даного бензину. Тому актуальним є розроблення пристрою, який давав би можливість одночасно визначати октанове число як за моторним так і за дослідницьким методами. Такий пристрій доцільно було б використовувати на підприємствах, які займаються переробкою нафтопродуктів, а також в лабораторіях, де досліджують якість бензинів.

Тому об'єктом дослідження у даній роботі є процеси, які мають місце при моторному і дослідницькому методах визначення октанового числа бензину.

Предметом дослідження є антидетонаційна стійкість бензину.

Наукова новизна роботи полягає у наступному.

1. Вперше проаналізовані різні види бензину за їх антидетонаційними характеристиками.

2. Обґрунтовано доцільність розроблення комплексного методу контролю якості бензину

- 3 Вперше на основі теоретичного аналізу процесів, які мають місце при роботі двигуна внутрішнього згоряння, розроблено метод комплексного контролю якості бензину.

Практична цінність роботи визначається наступними положеннями:

1. Розроблена структурна схема пристрою для комплексного контролю якості бензину, а також конструктивні особливості основних вузлів пристрою

- 2 Розроблена методика проведення контролю при використанні розробленого пристрою

3. Проведено метрологічний аналіз розробленого пристрою, який підтвердив високу достовірність контролю

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БЕНЗИНУ

1.1 Аналіз об'єкта контролю

Бензин — це безбарвна або злегка жовтувата рідина з характерним запахом, густина якої становить $0,7-0,8$ г/см³. Він легко випаровується і може утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші в певних концентраціях. Основними елементами бензину є вуглець (85%) та водень (приблизно 15%), а також можуть бути присутні кисень, азот і сірка. Температура спалаху бензину становить менше -40 °С, а температура замерзання — нижче -60 °С. Близько 90% бензину добувається з нафти.

Автомобільний бензин — це легкозаймиста рідина, що складається з вуглеводнів, які випаровуються при температурі від 35 до 200 °С. Важливою властивістю бензину є його здатність у газоподібному стані запалюватися та згоряти зі швидкістю розповсюдження полум'я $25-35$ м/с. У деяких випадках процес згоряння може перейти в вибуховий, детонаційний режим, що є небажаним, оскільки спричиняє вібрації, перегрів деталей двигуна, передчасний знос та зниження потужності.

Розрізняють такі види бензину.

Бензин прямої перегонки: отримують прямою перегонкою нафти, відбираючи фракцію при температурах нижче 200 °С. Якість такого бензину залежить від характеристик нафти.

Крекінг-бензин: утворюється шляхом крекінгу важких нафтових фракцій (мазуту, солярного масла) при температурі вище 400 °С. Крекінг з використанням алюмосилікатних каталізаторів дозволяє отримати бензин високої якості. Приблизно половина бензину виробляється за допомогою цього методу.

Газовий бензин добувають з природних і нафтових газів, які містять пару бензинів. Щоб відокремити їх, гази стискають і охолоджують

(компресійний метод), або вбирають маслом чи активованим вугіллям. Газовий бензин хімічним складом схожий на отриманий прямою перегонкою, але містить більше легких фракцій.

Гідрогенізований бензин. Даний бензин також добувають гідрогенізацією (приєднання водню) нафти та вугілля, яку проводять під тиском 200 — 800 атм. Синтетичний бензин одержують, переробляючи водяний газ при наявності каталізаторів.

Бензин використовують як моторне паливо, розчинники для жирів, каучуку, смол, у медицині тощо [1]. Пари бензину отруйні, тому під час роботи в приміщеннях, де є пари бензинів, треба вживати запобіжних заходів.

Властивості автомобільних бензинів характеризуються теплотою згорання, детонаційною стійкістю, фракційним складом, хімічною стабільністю, вмістом сірки й інших шкідливих домішок.

Здатність бензину протистояти вибухоподібного горінню називається детонаційною стійкістю. Вона оцінюється октановим числом. Для будь-якого бензину октанове число визначають шляхом підбору суміші з двох еталонних вуглеводнів: ізооктану — октанове число 100, і нормального гептану з октановим числом, рівним 0, яка за детонаційними властивостями еквівалентна випробовуваному бензину. Процентний вміст в цій суміші ізооктану приймають за октанове число.

Одним із принципів класифікації різних марок бензину є октанове число. Існують два методи його визначення: дослідницький (ОЧД — октанове число по дослідницькому методу) і моторний (ОЧМ — октанове число за моторним методом). Моторний метод краще характеризує антидетонаційні властивості бензину в умовах форсованої роботи двигуна і його високої теплонапруженості, дослідницький — при експлуатації двигуна в місті, коли робота його пов'язана з відносно невисокими швидкостями, частими зупинками і меншою теплонапруженістю.

Поряд з октановим числом якість бензину формує його фракційний склад, тобто переважання тієї чи іншої групи вуглеводнів у природній нафті або в нафтопродуктах, а також присутність в них сірко-, азот- і кисневмісних сполук.

З фракційним складом бензину пов'язані такі характеристики двигуна, як його пуск, утворення парових пробок у системі живлення, прогрів і інерційність, економічність і довговічність роботи. Фракційний склад бензину оцінюють за показниками: температурою початку кипіння, температурою перегонки 10%, 50%, 90% об'єму, температурою кінця кипіння та залишку у колбі [1].

Пускові характеристики двигуна поліпшуються в міру збільшення вмісту в бензині низькокиплячих фракцій. Однак при цьому збільшується ймовірність утворення парових пробок. При нагріванні бензину в системі живлення двигуна, його низькокиплячі вуглеводні випаровуються, утворюючи пари, обсяг яких приблизно в 150–200 разів більше об'єму рідкого бензину. Подача бензину в циліндри, через зниження масової продуктивності зменшується, горюча суміш збіднюється, що призводить до втрати потужності двигуна або навіть до припинення його роботи.

Для бензину з високим вмістом низькокиплячих фракцій характерні великі втрати при зберіганні і транспортуванні. Такий бензин може призводити до обмерзання карбюратора, так як низькокиплячі фракції, швидко випаровуються, віднімають теплоту з повітря, в якому відбувається випаровування і від металевих деталей впускної системи карбюратора. Чим більше низькокиплячих фракцій в бензині, тим нижче температура паливо-повітряної суміші.

Від наявності в бензині важких фракцій вуглеводнів, значною мірою залежать довговічність двигуна і його економічність. Кількість важких фракцій вуглеводнів обумовлює температури кінця кипіння і перегонки 90% бензину. Якщо ці температури досить високі, то важкі фракції не встигають випаровуватися у впускній системі і надходять в циліндри двигуна в рідкому

вигляді. В результаті частина їх не встигає згоряти – економічність двигуна знижується.

Випаровуваність рідких речовин, що використовуються в якості палива, є однією з найважливіших характеристик, що визначають їх моторні властивості [2]. Винятково важлива роль випаровуваності, для нормального протікання процесу горіння палива в карбюраторних дизельних реактивних двигунах, так як процесу горіння палива в них передує процес його розпилення, що має на меті випаровування палива. Від випаровуваності палива залежить утворення пароповітряних пробок в трубопроводах двигунів і явище кавітації в насосах при перекачуванні палива. Облік випаровуваності дуже важливий при зберіганні палива. Випаровуваність визначається кількістю (об'ємом або масою) парів, що випаровуються з одиниці поверхні рідини в одиницю часу. Наближено про випаровуваності судять за фракційним складом, проте цього в багатьох випадках недостатньо.

У процесі зберігання бензин піддається різним хімічним перетворенням [2], що ведуть до погіршення його експлуатаційних властивостей. Здатність бензину протистояти цим хімічним перетворенням називають хімічною стабільністю. Хімічна стабільність бензину визначається головним чином, вмістом у ньому неграничних вуглеводнів, які, в силу їх хімічної структури, легко взаємодіють з киснем повітря, утворюючи високомолекулярні смолисті речовини. На процес окислення впливають також неуглеводневі з'єднання, що містяться в бензині.

Утворення нагару в двигуні зростає також із збільшенням вмісту в бензині тетраетилсвинцю, сірки і ароматичних вуглеводнів. Вміст свинцю і сірки в бензині строго регламентується. Ароматичні вуглеводні, внаслідок своєї високої детонаційної стійкості, є бажаною складовою бензину, але через підвищене утворення нагару їх кількість в бензині слід обмежити.

Новими нормативними документами передбачено посилення вимог до показників якості [2]. Бензин з поліпшеними екологічними властивостями повинен містити: бензолу 1 – 3%, сірки не більше 0,03%, ароматичних

вуглеводнів не більше 45%, олефінових вуглеводнів не більше 20% і застосовуватися тільки з миючими присадками.

1.2 Аналіз існуючих методів та засобів контролю якості бензину

Під фракційним складом багатокomпонентних сумішей, розуміють залежність температури википання окремих фракцій, від їх вмісту в пробі аналізованої речовини, або залежність вмісту цих фракцій у пробі аналізованої речовини, від температури їх википання.

Для отримання інформації про фракційний склад, використовується поділ (фракціонування) аналізованої речовини по температурах кипіння, шляхом перегонки, зазвичай при атмосферному тиску.

Зважаючи на те, що багатокomпонентні суміші при підвищенні температури киплять безперервно, для них і для їхніх окремих фракцій не можна визначити температури кипіння. Замість поняття «температура кипіння», частіше застосовують поняття «температура перегонки».

Розглянемо принцип вимірювання фракційного складу, що використовується в лабораторній практиці [3].

На рис. 1.1, а показані схеми лабораторної установки для визначення фракційного складу за стандартним методом. Вона дозволяє здійснювати перегонку до температури 320°C. Більш висококиплячі фракції на ній визначити не вдається, зважаючи на розкладання що починається.

Установка містить скляну колбу 1 (колба Енглера), скляний термометр 2 (закріплений на пробці, має шкалу від 0 до 360 °C), газовий пальник 6 (або електричний нагрівач), холодильник 4, що оснащується проточною водопровідною водою, і мірний циліндр 5 (на 100 см³). Розміри і конструкції всіх вузлів установки стандартизовані, що в поєднанні зі стандартизованою методикою проведення вимірювання, забезпечує отримання відтворюваних результатів. Для аналізу, в колбу 1 заливають 100 см³ зневодненої аналізованої речовини, що має температуру 20±3 °C, вставляють термометр 2

і розташовують пальник 6 під колбою 1. Витрату газу підбирають такою, щоб час попереднього нагрівання при перегонці бензину і лігроїну становив 5-10 хв, гасу, реактивного і легкого дизельного палива – 10-15 хв, важкого дизельного палива – 10-20 хв. Утворені при нагріванні в паровому об'ємі колби 1 пари аналізованої речовини, надходять в холодильник 4, конденсуються і у вигляді конденсату стікають в мірний циліндр 5. Температуру, при якій в мірний циліндр 5, з холодильника випадає перша крапля аналізованого речовини, називають температурою початку перегонки (початку кипіння) $t_{ин}$ (рис. 1.1, б, в).

Перегонка проводиться з приблизно постійною швидкістю (4-5 см³/хв). Для представлення результатів аналізу використовують один із двох способів.

Спосіб 1. Наперед задаються кількома значеннями концентрацій $c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n$ (рис. 1.1, б) і визначають температуру википають фракцій.

Спосіб 2. Задаються кількома значеннями температури $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$ і визначають концентрації фракцій, що википіли.

Розглянемо спочатку автоматичні аналізатори фракційного складу, побудовані відповідно до першої з названих тенденцій [3].

Відомо кілька різновидів автоматичних аналізаторів фракційного складу, що реалізують розглянутий вище стандартний метод аналізу. Ці аналізатори відрізняються один від одного, в основному, конструкцією вузла вимірювання кількості фракцій, що сконденсувалися після перегонки. На рис. 1.2 наведена принципова схема найбільш поширеного автоматичного аналізатора фракційного складу. Даний аналізатор є пристроєм циклічної дії і працює в двох режимах: «Підготовка» і «Аналіз».

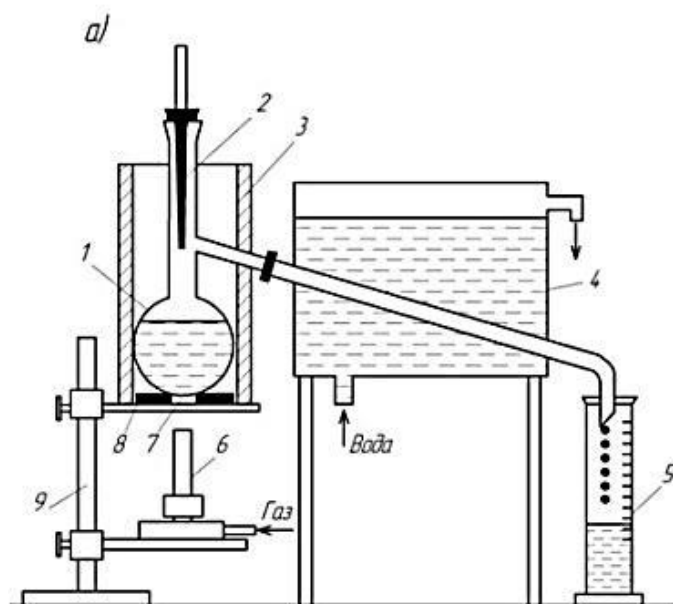
У режимі «Підготовка» аналізована речовина з блоку підготовки 1, де вона охолоджується і очищується від механічних домішок та води, надходить в металеву колбу 3, оснащену електронагрівачем 17 і термоелектричним чутливим елементом 4, через відкритий електрокерований клапан 2. Речовина виводиться з колби через сифонну трубку 5 і відкритий

електрокерований клапан 6. Для керування клапанами 2 і 6 і всім аналізатором в цілому служить блок керування 15.

У режимі «Підготовка», з колби видаляється залишок і вона охолоджується. Після цього по команді блоку 15 закривається клапан 2 і надлишки аналізованої речовини видаляються з колби за допомогою сифонної трубки 5. У колбі при цьому залишається 100см^3 аналізованої речовини. Потім закривається клапан 6, подається напруга живлення від блоку 15 до нагрівача 17 і аналізатор переходить в режим «Аналіз». Сигнал термоелектричного чутливого елемента сприймається нормуючим перетворювачем 7, перетворюється в уніфікований сигнал постійного струму, який при необхідності перетворюється за допомогою електропневматичного перетворювача 8 у пневматичний уніфікований сигнал і одночасно вимірюється і реєструється автоматичним потенціометром 9.

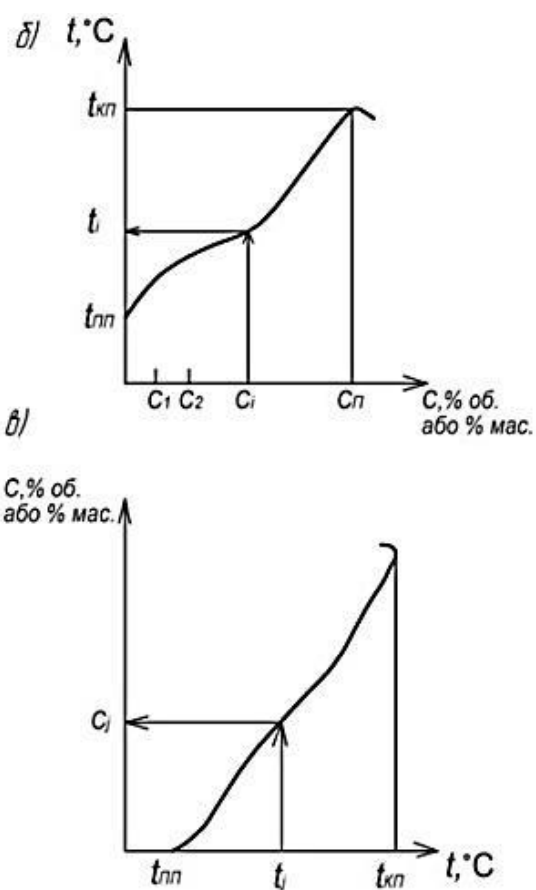
У режимі «Аналіз» пари, що утворюються при нагріванні, надходять у холодильник 10, і утворений конденсат стікає в вузол 12, що служить для вимірювання кількості википівших фракцій.

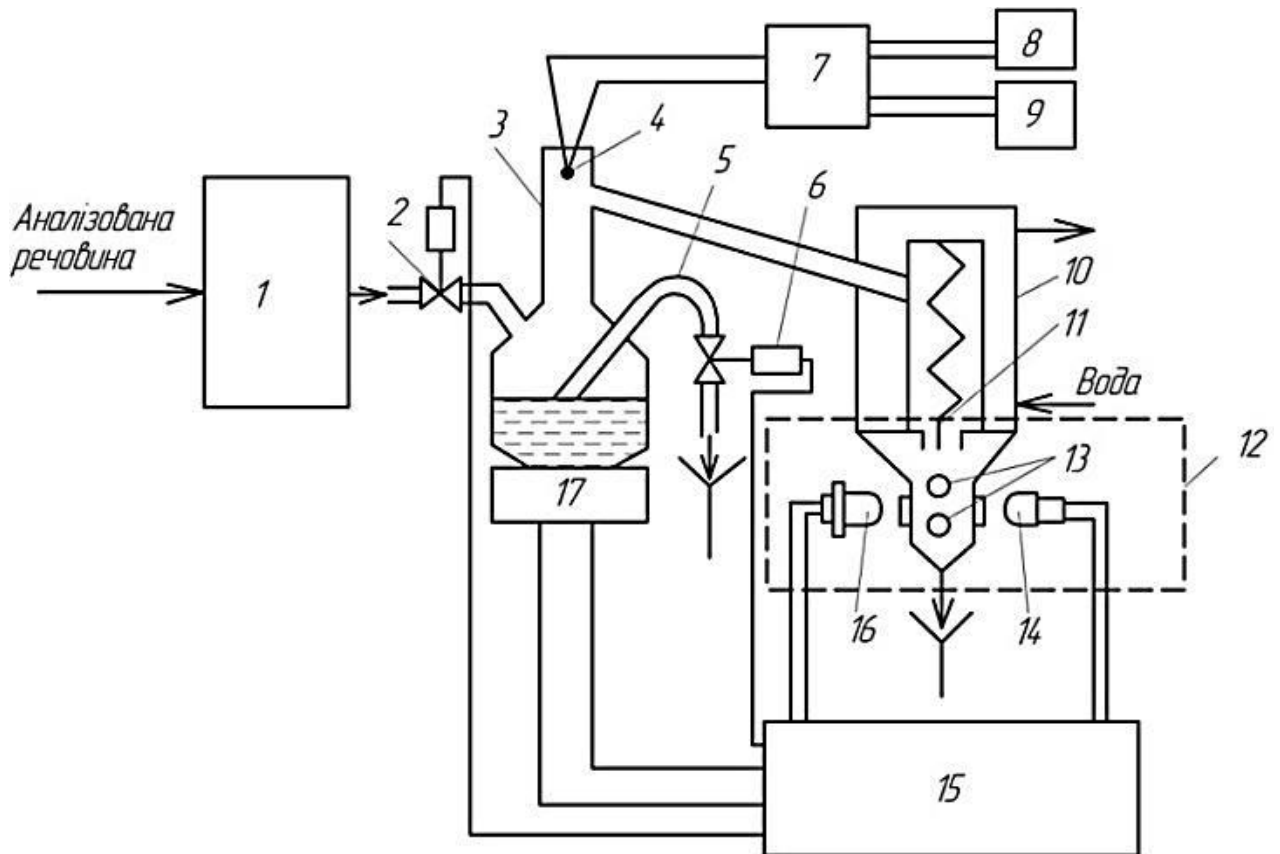
Тут за допомогою каплеформувача 11 потік конденсату перетвориться в окремі краплі 13, які, пролітаючи між лампою 16 і фотоелементом 14, змінюють фотопотік, що надходить від першої до другого.



- 1 – колба; 2 – скляний термометр; 3 – захисний кожух; 4 – холодильник;
 5 – мірний циліндр; 6 – горілка; 7 – азбестова прокладка; 8 – решітка;
 9 – штатив

Рисунок 1.1 – Схема установки для визначення фракційного складу стандартним методом (а) і криві фракційного складу (б,в)





- 1 – аналізована речовина; 2 – клапан; 3 – колба; 4 – терморезистор;
 5 – трубка; 6 – клапан; 7 – нормуючий перетворювач;
 8 – електропневматичний перетворювач; 9 – автоматичний перетворювач;
 10 – холодильник; 11 – каплеутворювач; 12 – вимірювач кількості;
 13 – каплі; 14 – фотоелемент; 15 – блок керування; 16 – лампа;
 17 – електронагрівач

Рисунок 1.2 – Схема автоматичного аналізатора фракційного складу

Таким чином, частота падіння крапель перетвориться в частоту електричних імпульсів, що надходять від фотоелемента в блок керування 15. Тут, за допомогою регулятора сталості швидкості перегонки, число імпульсів, що надходять в одиницю часу (витрата), порівнюється із заданим і відповідним чином змінюється значення напруги, що подається до нагрівача 17. Одночасно число імпульсів використовується в блоці 15 для керування стрічкопротяжним механізмом потенціометра 9, який включається в роботу, а потім вимикається, при поступленні в блок керування кількості імпульсів, що відповідають перегонці 10, 50 і 90% фракцій. Тривалість одного циклу

роботи приладу складає 55 хв. Похибка вимірювання температури википання фракцій ± 2 °С. Витрата аналізованої речовини на один цикл роботи 1500-2000 см³.

Інформація про температуру початку і кінця перегонки, а також про температуру перегонки проміжних фракцій, може бути отримана за допомогою більш простих аналізаторів, що володіють високою надійністю і малою інерційністю в порівнянні з розглянутими вище.

Для цілей керування процесами, пов'язаними з переробкою нафти і нафтопродуктів, часто буває необхідно мати інформацію про температури перегонки проміжних фракцій, наприклад 30, 50 або 90% фракцій. Схема аналізатора безперервної дії, застосовуваного для виміру цих температур, наведена на рис. 1.3 [3].

У цьому аналізаторі одноразове випаровування аналізованої речовини здійснюється за методом «падаючої плівки». Аналізована речовина з блоку підготовки 1 з постійними температурою і об'ємною витратою надходить в змійовик 7, де вона нагрівається до певної температури за рахунок енергії пари, що утворилася при випаровуванні попередніх порцій аналізованої речовини.

Потім аналізована речовина надходить у пристрій 6, що забезпечує її рівномірний розподіл по поверхні випарника 8. Речовина стікає плівкою 9 по поверхні випарника і частково випаровується. Пари конденсуються на стінці ємності 10, що оснащена водяною сорочкою 11, і виводяться з аналізатора по трубці 17. Фракції що залишилися на випарнику стікають в каплеутворювач 13, попередньо омиваючи спай термоелектричного чутливого елемента 12. З каплеутворювача, фракції що випарувалися у вигляді крапель певного розміру видаляються, перетинаючи при своєму падінні промінь, що надходить від лампи 16 через вікна 15 до фотоприймача 14, електричні імпульси якого надходять в електронний регулятор 5. Останній, змінюючи напругу, яка підводиться до випарника 8, підтримує постійним число крапель, що утворюються в одиницю часу. Сигнал термоелектричного

чутливого елемента 12 перетворюється нормуючим перетворювачем 2 в уніфікований, а сигнал останнього надсилається на електронний потенціометр 3 і електропневматичний перетворювач 4.

Шляхом зміни завдання регулятора 5, можна перенастроювати даний аналізатор для виміру температури перегонки проміжних фракцій, так як фактично регулятор підтримує задане значення фракції що випаровується.

Діапазон вимірювань температур перегонки даного аналізатора 110-360 °С, витрата аналізованого речовини 3000-4500 см³/г; похибка ± 2 °С; час реакції 3-5 хв.

На рис. 1.4 наведена схема автоматичного аналізатора випаровуваності [3]. Він реалізує евапорографічний метод аналізу випаровуваності і працює циклічно. У режимі роботи «Підготовка», аналізована речовина з блоку підготовки 1 поступає в автоматичний дозатор з мембранним приводом. При цьому рухома пластина 5, знаходиться в крайньому лівому положенні і отвір 6, який є дозованим об'ємом, промивається аналізованою речовиною. Після завершення режиму «Підготовка», під дією пневматичних сигналів P_1 і P_2 , що надходять від блоку керування 15, рухома пластина 8 переміщається в крайнє праве положення, отвір 6, заповнений аналізованою речовиною, поєднується з порожниною 5 в нерухомій пластині 3. Починається режим роботи «Аналіз». Потік газу-носія, що надходить з блоку підготовки газів 2, через сопло 4 перпендикулярно поверхні аналізованої рідини, поступово випаровує її при температурі, дещо меншій температури початку перегонки.

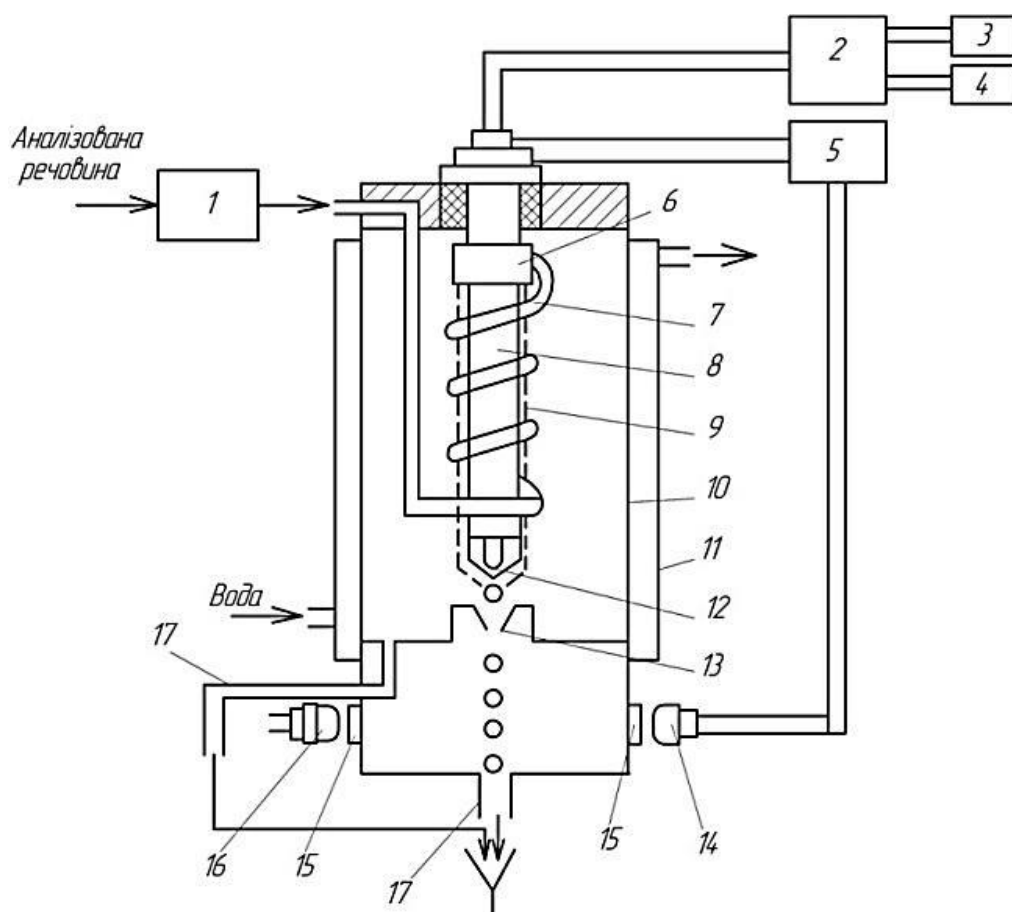
Фракції що випаровуються виводяться через штуцер 7 газом-носієм і транспортуються в рівночутливий газовий детектор 10. Сигнал U останнього, при постійній об'ємній витраті газу-носія і постійній площі поперечного перерізу отвору 6, пропорційний в кожен момент часу миттєвій об'ємній швидкості випаровування і для нафтових палив має форму кривої, що називається евапорограмою (рис. 1.4).

Обчислювальний пристрій 11 визначає площу сигналу, тривалість випаровування, тобто різницю $(\tau_2 - \tau_1)$, і відношення вказаної площі до тривалості випаровування.

Уніфікований вихідний сигнал обчислювального пристрою пропорційний середній за відрізок часу $(\tau_2 - \tau_1)$ об'ємній швидкості випаровування, що приймається в якості характеристики випаровуваності нафтових палив. Цей сигнал вимірюється і реєструється потенціометром або вторинним пневматичним приладом 12 (в залежності від електричного, або пневматичного виконання аналізатора). Дозатор і детектор розміщені в термостаті 16, температура в якому стабілізується регулятором 14, шляхом подачі електричної енергії або пари до нагрівача 13.

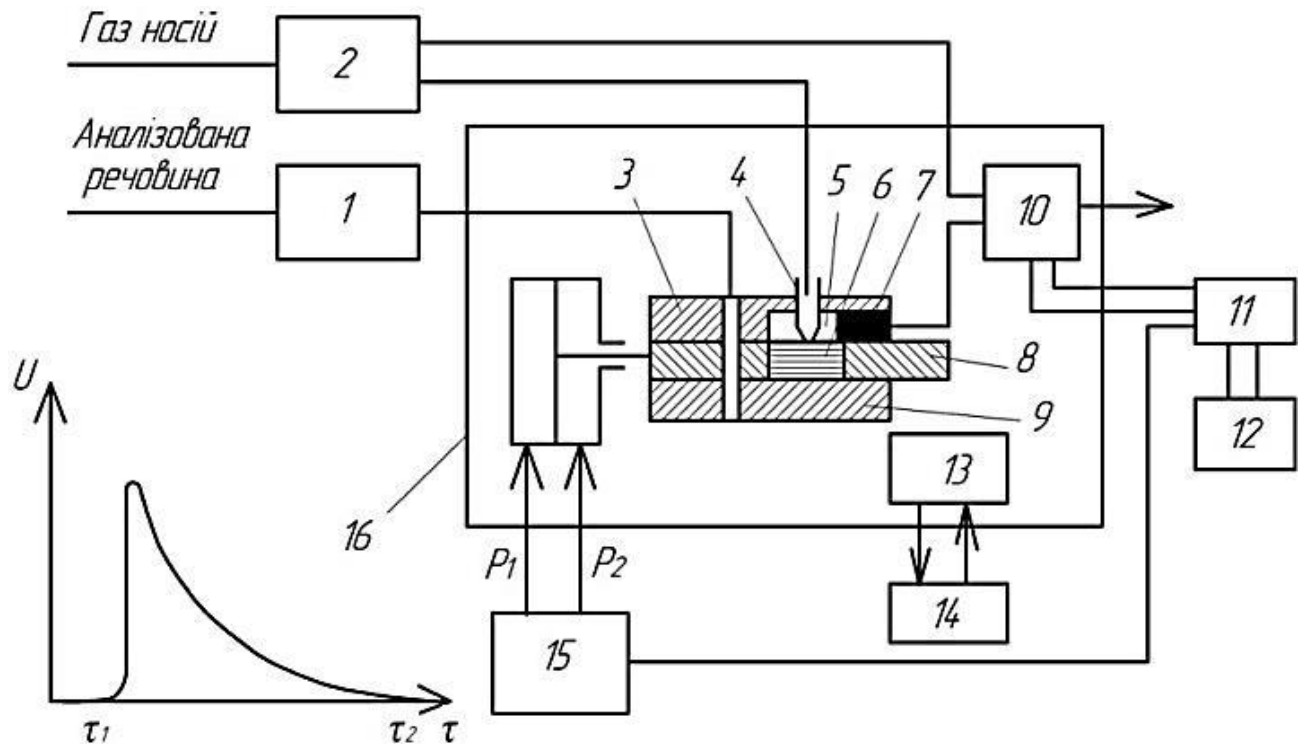
Витрата аналізованої речовини 4000-5000 см³/год, витрата газу-носія (повітря або водень) 2000-40000 см³/год (залежить від типу детектора), тривалість одного циклу 5хв, клас точності 3.

Температурою спалаху називають температуру рідини, при якій її пари, при певних умовах нагрівання, утворюють з навколишнім повітрям суміш, що спалахує при піднесенні до неї полум'я. У міру нагрівання рідких нафтопродуктів збільшується вміст їх парів в суміші «повітря-пар», що утворюється над поверхнею нафтопродукту.



- 1 – блок підготовки; 2 – нормуючий перетворювач; 3 – потенціометр;
 4 – електропневматичний перетворювач; 5 – електронний регулятор;
 6 – розподільник; 7 – змієвик; 8 – випарник; 9 – плівка; 10 – ємність для конденсату;
 11 – сорочка; 12 – термопара; 13 – каплеутворювач;
 14 – фотоелемент; 15 – блок керування; 16 – лампа; 17 – вивід

Рисунок 1.3 – Схема автоматичних аналізаторів температури википання проміжних фракцій



1 – блок підготовки; 2 – блок підготовки газів; 3 – пластина; 4 – сопло;
 5 – порожнина; 6 – отвір; 7 – штуцер; 8 – пластина; 9 – плівка; 10 –
 детектор; 11 – обчислювальний пристрій; 12 – пневматичний прилад; 13 –
 нагрівач; 14 – регулятор; 15 – блок керування; 16 – термостат

Рисунок 1.4 – Схема автоматичних аналізаторів випаровуваності

При піднесенні полум'я до цієї суміші відбувається вибух, а подальшого горіння нафтопродуктів не виникає, через відсутність, одразу після вибуху, його парів у повітрі. Для різних нафтопродуктів, спалах виникає приблизно при одних і тих же об'ємних концентраціях пари в суміші «повітря-пар».

В даний час температура спалаху є нормованим показником якості для мастильних масел, дизельних, машинних і реактивних палив, освітлювальних і тракторних гасів, бензинів-розчинників та інших продуктів. Цей показник якості найбільш часто визначається на нафтопереробних підприємствах.

По температурі спалаху визначають зміст низькокиплячих фракцій у нафтопродукті. Цей показник характеризує також вогнебезпечність нафтопродуктів. Зменшення температури спалаху, відповідає збільшенню

концентрації легких фракцій і збільшенню вогнебезпечності нафтопродуктів.

Температуру спалаху визначають шляхом аналізу у відкритому чи закритому тиглі [3]. Останній метод аналізу дає більш відтворені результати. Тому він використовується в автоматичному аналізаторі температури спалаху, схема якого показана на рис. 1.5.

Аналізована речовина з блоку підготовки 1, з постійною об'ємною витратою, надходить в попередній нагрівач 11, на виході якого до потоку аналізованої речовини домішується потік повітря, що поступає з постійною об'ємною витратою з блоку підготовки 2. Новоутворена суміш надходить в основний нагрівач 10, а з нього - в камеру спалаху 6. Якщо температура суміші, що надходить у камеру 6, досягає температури спалаху, то відбувається спалах пароповітряної суміші від електричної іскри, створюваної свічкою 5, до якої, від генератора 8, періодично (з інтервалом 7 с) подається високовольтна напруга.

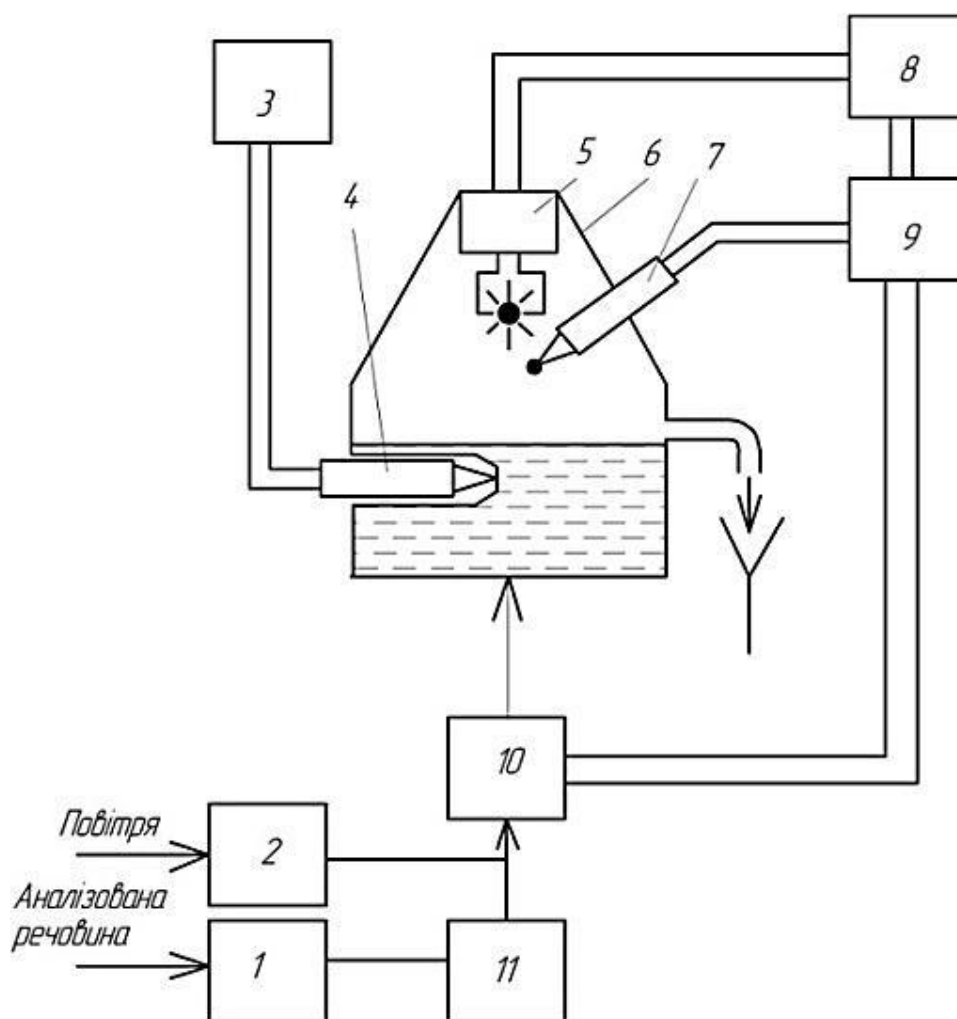
Наявність полум'я спалаху змінює температуру в паровому просторі камери 6, що сприймається термоелектричним чутливим елементом 7. Сигнал елемента 7 подається в блок керування 9, який відключає електроживлення основного нагрівача 10. Включення нагрівача 10 проводиться не раніше ніж буде подана іскра, що слідує за іскрою, яка викликає спалах. Якщо станеться кілька спалахів поспіль, то нагрівач 10 залишається відключеним. Включення нагрівача 10 відбудеться після першої іскри, при якій не виникне спалаху. Таким чином, у камері 6 автоматично підтримується температура аналізованої речовини на значенні, при якому відбувається спалах суміші «повітря - пар».

Температура аналізованої речовини в камері вимірюється термоелектричним чутливим елементом 4, сигнал якого сприймається електронним потенціометром, або нормуючим перетворювачем 3.

Витрата аналізованої речовини $5000 \text{ см}^3/\text{г}$, діапазони вимірювань температури спалаху $0-150, 150-300 \text{ }^\circ\text{C}$; основна похибка $\pm(1-3) \text{ }^\circ\text{C}$ (залежно від діапазону вимірювань), час реакції 15 хв.

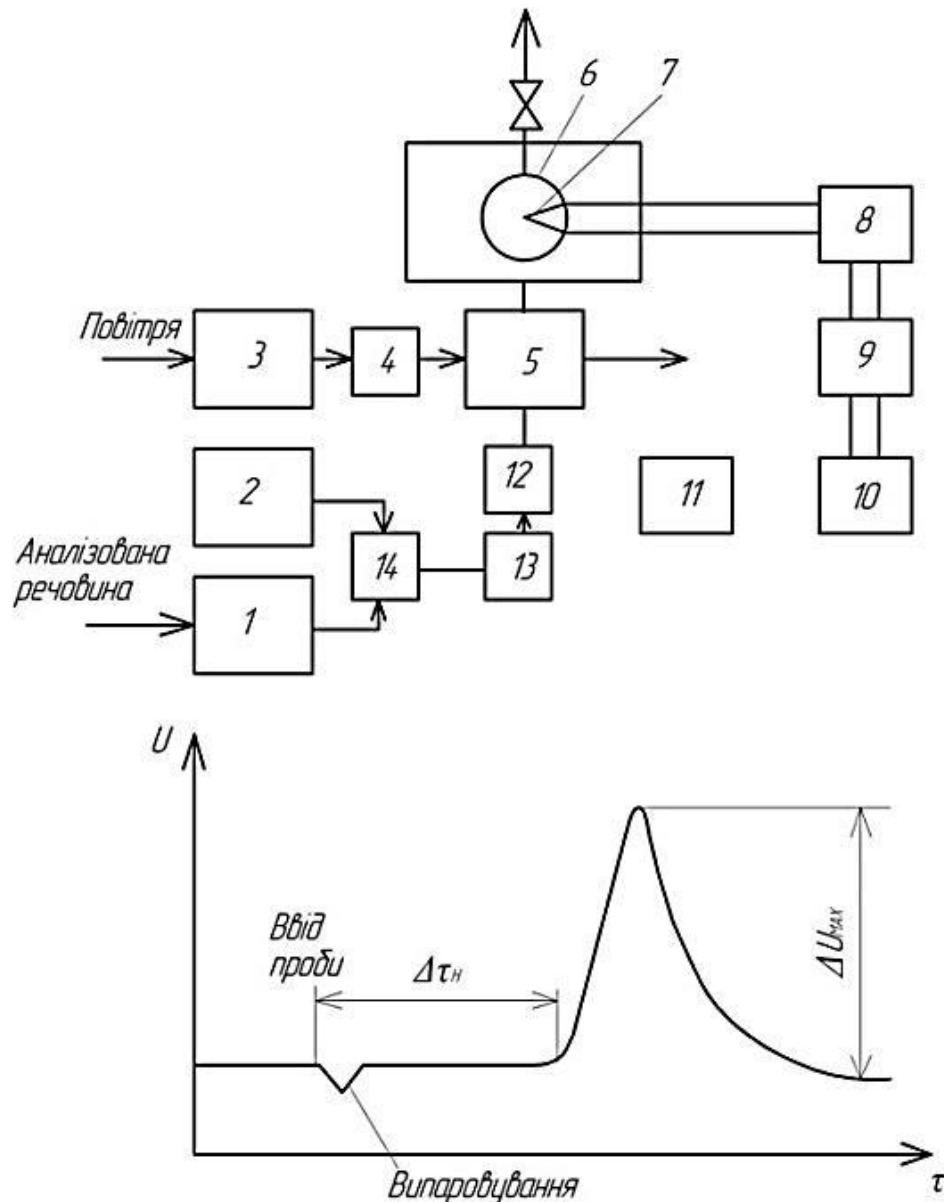
На рис. 1.6 показана схема автоматичного аналізатора октанового числа, заснованого на тепловому ефекті явища «холодного полум'я». Октанове число є характеристикою антидетонаційних якостей палив. Воно вимірюється в основному для бензинів, таким чином визначається придатність бензину для використання в двигунах внутрішнього згорання. За цим показником якості здійснюється процес компаундування (змішування) бензинів на підприємствах нафтопереробної промисловості.

Під октановим числом розуміють показник детонаційної стійкості палив (у тому числі бензину), чисельно рівний такому процентному (за об'ємом) вмісту ізооктану в суміші з нормальним гептаном, при якому детонаційні стійкості цієї суміші і порівнюваного з нею випробовуваного палива однакові.



1 – блок підготовки; 2 – блок підготовки ; 3 – нормуючий перетворювач;
 4 – термопара; 5 – свічка; 6 – камера спалаху; 7 – термопара; 8 – генератор;
 9 – блок керування ; 10 – нагрівач; 11 – нагрівач

Рисунок 1.5 – Схема автоматичного аналізатора температури спалаху



1 – блок підготовки; 2 – блок підготовки ; 3 – блок підготовки; 4 – нагрівач;
 5 – дозатор; 6 – реактор; 7 – термопара; 8 – перетворювач; 9 – пристрій
 обробки ; 10 – самописець; 11 – блок керування; 12 – нагрівач ; 13 – насос;
 14 – перемикач

Рисунок 1.6 – Схема автоматичного аналізатора октанового числа

У лабораторній практиці вимірювання октанового числа здійснюється так званими моторним і дослідницьким методами на спеціальних двигунах внутрішнього згоряння. Ці методи відрізняються в основному умовами проведення випробування. Наприклад, число обертів двигуна по моторному методу 900 об/хв, а по дослідницькому 600 об/хв; кут випередження запалювання в першому випадку буде змінний від 19° до 26° (в залежності

від ступеня стиснення), у другому – постійний 13° ; паливо–повітряна суміш при дослідницькому методі не підігрівається, а при моторному – повинна мати температуру 149° С і т.д. Ці відмінності в режимі роботи двигуна і обумовлюють різні величини октанових чисел бензинів за вказаними двома методами.

В основу роботи автоматичного аналізатора октанового числа покладено явище виникнення свічення - електромагнітного випромінювання (так зване «холодне полум'я») при нагріванні суміші повітря і пари нафтових палив до температури порядку 300° С. Це явище пов'язане з частковим окисненням парів палива. Причому свічення супроводжується виділенням невеликої кількості теплової енергії.

Дослідження цього явища дозволило встановити, що як саме свічення, так і виділення теплової енергії знаходяться в залежності від октанового числа.

В даному аналізаторі, аналізована речовина (бензин) надходить з блоку підготовки 1 через керований перемикач 14, мініатюрний насос 13 і нагрівач 12 в дозатор 5. В цей же дозатор 5 з блоку підготовки газу 3 і нагрівач 4 із постійною об'ємною витратою надходить повітря. Узгодження роботи всіх блоків аналізатора в часі здійснюється за допомогою пристрою керування 11 (зв'язки його з іншими блоками аналізатора не показані).

Аналізатор є пристроєм циклічної дії і має три режими роботи: «Підготовка», «Аналіз» та «Градування». Велику частину часу аналізатор працює в режимах «Підготовка» і «Аналіз». Перед початком режиму роботи аналізатора «Підготовка», по команді пристрою керування 11, дозатор встановлюється в режим відбору проби. У цей період реактор 6, розміщений в термостаті при температурі 300° С, продувається повітрям. Режим «Підготовка» триває 4 хв. Після його завершення по команді пристрою керування 11 дозатор і весь аналізатор перемикається в режим роботи «Аналіз». Проба аналізованої речовини вводиться потоком повітря в реактор, вихід реактора автоматично закривається і проба випаровується. В процесі

випаровування, температура в реакторі 6, вимірювана термоелектричним чутливим елементом 7, дещо зменшується, а потім відновлюється. На рис. 13.10,б показані зміни сигналу елемента 7 в часі за один цикл роботи аналізатора. Через відрізок часу Δt_n з моменту введення проби, званий індукційним періодом і триваючим кілька секунд, починається реакція часткового окислення парів бензину. При цьому температура суміші в реакторі збільшується, досягає максимуму, а потім поступово падає (рис. 1.6). Реакція часткового окислення триває 10-15 с.

Як значення Δt_n , так і максимальне значення зміни температури, що представлено зміною сигналу ΔU_{\max} термоелектричного чутливого елемента, пов'язані з октановим числом. В аналізаторі (рис. 1.6) для вимірювання октанового числа використовується інформація про максимальне збільшення температури в процесі реакції часткового окислення. Для цього сигнал термоелектричного чутливого елемента 7 перетворюється нормуючим перетворювачем 8 в уніфікований сигнал, який надходить в пристрій обробки інформації 9, принцип дії якого аналогічний принципу дії пристроїв для обробки хроматограм по висоті піків. Вихідний електричний або пневматичний сигнал (залежно від типу використовуваного пристрою 9) реєструється самопишучим приладом 10. Через кілька циклів вимірювання октанового числа аналізованої речовини, по команді пристрою керування 11, за допомогою перемикача 14, на вхід насоса 13 подається зразкове паливо з резервуару 2 і здійснюється його аналіз. За результатами вимірювання октанового числа зразкового палива автоматично коректується коефіцієнт перетворення перетворювача 8.

Тривалість одного аналізу 5 хв, діапазон вимірювань 3-10 одиниць октанового числа, похибка $\pm 0,2$ одиниці октанового числа; витрата аналізованого речовини $300 \text{ см}^3/\text{г}$, об'єм проби $12-103 \text{ см}^3$; витрата зразкового речовини $200 \text{ см}^3/\text{доб}$.

1.3 Обґрунтування доцільності розроблення пристрою та постановка задачі магістерської роботи

На основі аналізу основних властивостей бензинів, які характеризують їх якість, встановлено, що саме октанове число є основним якісним параметром, визначення якого є необхідним у всіх випадках використання бензину. При чому, як показав аналіз різних методів вимірювання октанового числа, тобто детонаційної стійкості бензину, доцільним є проведення вимірювання на основі декількох методів з порівнянням результатів. Тому, метою даної роботи є розроблення установки, яка б реалізувала принаймні два методи, зокрема моторний і дослідницький.

Для цього необхідно вирішити такі наступні задачі.

1. Проаналізувати фізичні процеси, що мають місце в двигуні внутрішнього згоряння, визначити параметри якими описуються дані процеси;
2. Розробити математичну модель процесу роботи двигуна внутрішнього згоряння, для встановлення взаємозалежностей між параметрами;
3. На основі розробленої математичної моделі розробити конструкцію пристрою для визначення октанового числа за двома методами. Для цього розробити функціональну схему установки, удосконалити конструкцію двигуна для обох методів;
4. Розробити конструкцію авторегулятора температури. Розробити конструкцію магнітострикційного давача, для точного встановлення моменту, та інтенсивності детонації;
5. Розробити методика вимірювання октанового числа за допомогою розробленого пристрою;
6. Здійснити метрологічний аналіз пристрою, проаналізувати вплив факторів на точність вимірювання, проаналізувати сумарну похибку на основі її складових.

2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БЕНЗИНУ

2.1 Опис процесів в двигуні внутрішнього згоряння

Реальні цикли, що відбуваються у циліндрах двигунів, значно відрізняються від теоретичних. У реальному циклі склад і кількість газу постійно змінюються. Після завершення кожного циклу відпрацьовані гази не повертаються до початкового стану і не залишаються в циліндрі, а виводяться, поступаючи місцем новому заряду паливно-повітряної суміші, що робить реальний цикл розімкнутим. Стискання та розширення газу відбуваються з урахуванням теплообміну зі стінками циліндра, тобто за політропними процесами зі змінними показниками. Згоряння суміші, що відбувається при змінних об'ємах і тисках, характеризується обмеженими швидкостями і завершується на етапі розширення.

Теплоємність робочого тіла в реальному циклі також змінюється. Крім того, у реальних циклах є теплові та гідравлічні втрати, які виникають під час наповнення циліндра свіжою сумішшю і видалення відпрацьованих газів. Графічно такі цикли зображують у вигляді індикаторних діаграм у координатах p - V , отриманих експериментально за допомогою індикаторів [4].

Реальний цикл чотиритактного двигуна включає процеси впуску, стиску, згоряння, розширення і випуску, що відбуваються за чотири такти (або чотири ходи поршня) і два оберти колінчастого валу [5]. На індикаторній діаграмі стискання і розширення відносяться до термодинамічних процесів, а впуск і випуск, пов'язані зі зміною маси робочого тіла, – до механічних.

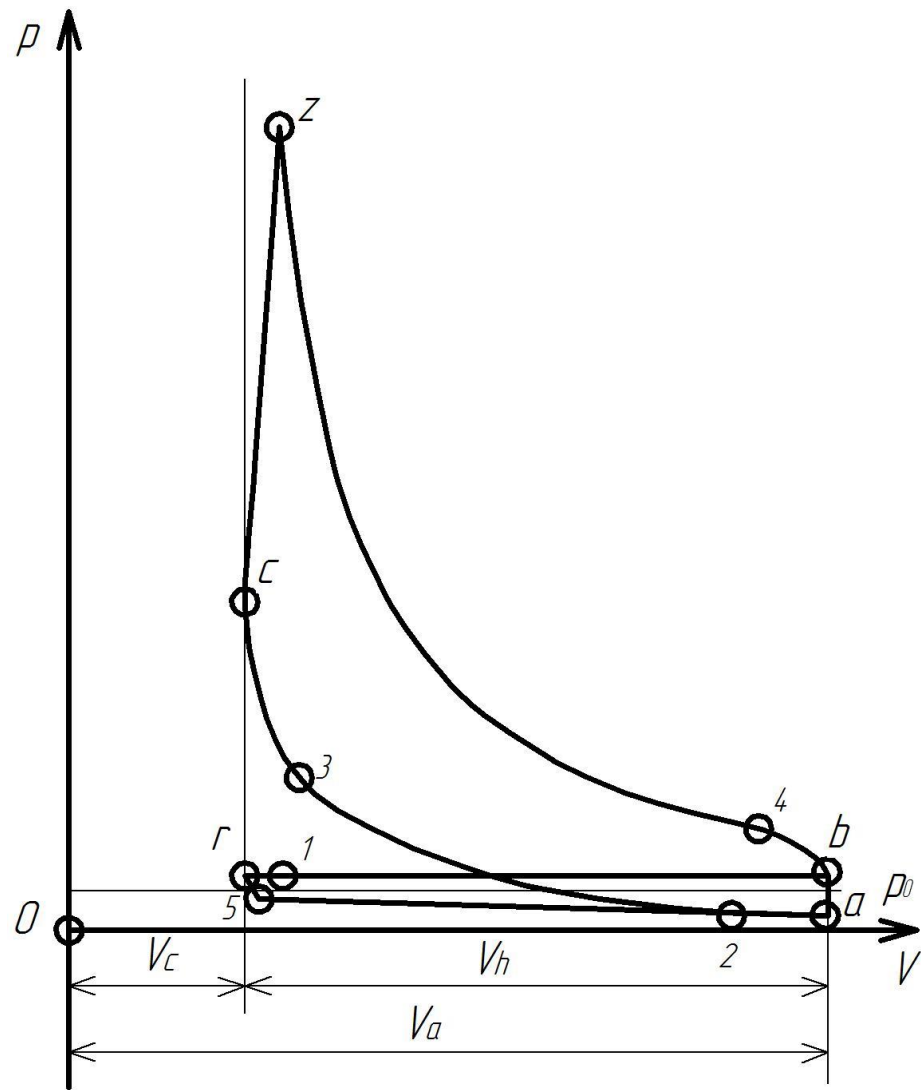


Рисунок 2.1 – Діаграма дійсного циклу роботи чотиритактного двигуна внутрішнього згорання

Процес впуску в двигунах забезпечує наповнення циліндрів паливно-повітряною сумішшю або тільки повітрям (у дизельних двигунах). Впускний клапан починає відкриватися трохи раніше верхньої мертвої точки (ВМТ) (точка 1), щоб до моменту приходу поршня в цю позицію збільшити прохідний переріз клапана.

Впуск свіжого заряду відбувається у два етапи. Під час першого етапу заряд надходить у циліндр при русі поршня від ВМТ до нижньої мертвої точки (НМТ) завдяки розрідженню, що виникає у циліндрі (відображається лінією $r-a$). На другому етапі суміш продовжує надходити при русі поршня назад – від НМТ до ВМТ, протягом кута $40-70^\circ$ обертання колінчастого вала,

завдяки різниці тисків ($p_0 - p_a$) і кінетичному напору заряду (лінія а–2). Завершення процесу впуску відбувається в момент закриття впускного клапана (точка 2).

На індикаторній діаграмі процес впуску відображається лінією r–a–2. Тиск у циліндрі наприкінці наповнення визначається станом процесу [6].

$$p_a = p_0 - \Delta p_a, \quad (2.1)$$

де p_0 – тиск у впускному тракті;

Δp_a – зменшення тиску в циліндрі внаслідок наявності гідравлічних опорів в системі пуску.

З деякими припущеннями величину Δp_a (МПа) можна визначити з рівняння Бернуллі [7] за формулою:

$$\Delta p_a = \frac{(1 + \xi_{в.с}) \rho w^2}{2} 10^{-6}, \quad (2.2)$$

де $\xi_{в.с}$ – коефіцієнт опору впускної системи;

w – швидкість руху свіжого заряду в прохідному перерізі клапана, м/с;

ρ – щільність свіжого заряду на впуску, кг/м³.

Великі значення мають карбюраторні двигуни, менші – дизелі.

Температура заряду в кінці впуску дорівнює:

$$T_a = T_0 + \Delta T_1 + \Delta T_2, \quad (2.3)$$

де другий доданок дорівнює 10...40 – підігрів свіжого заряду у впускному трубопроводі;

третій доданок – підігрів свіжого заряду від залишкових газів у циліндрі, залежить від коефіцієнта залишкових газів.

Для бензинових двигунів коефіцієнт залишкових газів 6 ... 16%, для дизелів – 3 ... 6%.

Температура в кінці такту впуску становить для бензинових двигунів 340 ... 400 К; для чотиритактних дизелів – 310 ... 350 К [7].

Ступінь достатності наповнення оцінюється коефіцієнтом наповнення, що представляє відношення дійсного кількості M_1 надходження

в циліндр свіжого заряду до теоретично можливої кількості M_T за даних умов на впуску:

$$\eta_V = \frac{M_1}{M_T}. \quad (2.4)$$

Для покращення наповнення циліндра свіжим зарядом намагаються знизити тиск наприкінці випускного такту, підвищити тиск в кінці випускного такту, зменшити підігрів свіжого заряду та регулюють фазу запізнювання закриття випускного клапана, щоб використати інерцію рухомого потоку горючої суміші або повітря.

Коефіцієнт наповнення для бензинових двигунів становить від 0,7 до 0,85.

Процес стиснення в поршневих двигунах внутрішнього згорання не тільки створює оптимальні термодинамічні умови для згорання робочої суміші, але й розширює температурні межі робочого циклу, що підвищує термічний ККД двигуна.

Стиснення здійснюється при закритих клапанах і завершується моментом запалення робочої суміші (точка 3 на індикаторній діаграмі). На діаграмі цей процес зображується як політропа $a-2-3-c$. Середнє значення показника політропи для бензинових двигунів становить від 1,32 до 1,39, для дизельних — від 1,36 до 1,42. Тиск робочої суміші наприкінці стиснення для бензинових двигунів коливається між 0,7 і 1,8 МПа, а температура для карбюраторних двигунів — від 600 до 750 К.

Процес згорання та наступне розширення газів є основними етапами робочого циклу двигунів внутрішнього згорання. Саме на цих етапах хімічна енергія палива перетворюється спочатку на теплову, а потім на механічну роботу.

Процес згорання палива є реакцією окиснення, в ході якої хімічні елементи палива взаємодіють з киснем з повітря. Основними хімічними елементами, що складають рідке паливо, є вуглець (С), водень (Н) і кисень (О). При повному згоранні вуглець реагує з киснем, утворюючи вуглекислий

газ (CO₂), водень перетворюється на водяну пару (H₂O), а кисень палива разом із киснем повітря бере участь в окисленні вуглецю та водню. Теоретично, для повного згоряння 1 кг палива потрібно певну кількість повітря, яка складає [8]:

$$L'_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} gC + 8gH - gO \right), \quad (2.5)$$

$$L''_0 = \frac{1}{\rho L'_0}, \quad (2.6)$$

де gC , gH , gO – масові частки відповідно вуглецю, водню і кисню в 1 кг палива (для бензину $gC = 0,85$ кг, $gH = 0,45$ кг, $gO = 0$ кг);

ρ – щільність повітря; $\rho = 1,29$ кг/м³.

Кількість повітря в молях можна розрахувати за формулою:

$$L_0 = \frac{L'_0}{m_B} = \frac{1}{0,23 \cdot 29} \left(\frac{8}{3} gC + 8gH - gO \right), \quad (2.7)$$

де m_B – молярна маса повітря (29 г/моль).

У дійсних умовах роботи двигуна на кожен кілограм палива, що надходить в циліндр, приходиться кількість повітря, відмінна від теоретичної. Відношення дійсної кількості повітря L , що надходить в циліндр двигуна, до теоретично необхідного L_0 для повного згоряння 1 кг палива називається коефіцієнтом надлишку повітря:

$$\alpha = \frac{L}{L_0}. \quad (2.8)$$

При значенні $\alpha=1$ повне згоряння палива можливе лише за умови ідеального перемішування з повітрям. У реальних умовах роботи двигунів повне згоряння досягається тільки при $\alpha > 1$ (бідна суміш). Для бензинових двигунів коефіцієнт надлишку повітря α може бути меншим за 1, що призводить до багатой суміші. У такому випадку відбувається неповне згоряння палива, і частина вуглецю перетворюється на чадний газ (CO). Згоряння багатой суміші забезпечує більшу потужність двигуна, але знижує економічність. Втрату енергії при неповному згорянні можна обчислити за формулою:

$$\Delta H_u = 119950(1-\alpha) L_0.$$

Для автомобільного бензину повне згорання характеризується теплотворною здатністю $H_u = 44$ кДж/кг. При номінальних потужностях карбюраторних двигунів значення α варіюють від 0,8 до 1,15. Для розрахунку теплового балансу процесу згорання використовується рівняння першого закону термодинаміки, яке дозволяє сформулювати рівняння згорання та визначити температуру на завершальному етапі процесу для бензинового двигуна за умови повного згорання.

$$T_z = \frac{1}{\beta \cdot m \cdot c_v'} \left[\frac{\xi \cdot H_u}{M_1 \cdot (1 + \gamma_r)} + m \cdot c_v \cdot T_c \right], \quad (2.10)$$

де β – коефіцієнт молекулярної зміни робочої суміші:

$$\beta = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}, \quad (2.11)$$

де M_1 – кількість молів паливо-повітряної суміші свіжого заряду:

$$M_1 = \alpha L_0 + \frac{1}{m_r} \approx \alpha L_0, \quad (2.12)$$

γ_r – коефіцієнт залишкових газів:

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}, \quad (2.13)$$

m_T – молярна маса рідкого палива; $m_T = (110-200$ г/моль);

ξ – коефіцієнт використання теплоти на ділянці згорання (для бензинового двигуна 0,85-0,95);

M_2, M_r – кількість продуктів згорання і залишкових газів, в молях;

m_{c_v}, m_{c_v}' – середні молярні теплоємності свіжої порції і продуктів згорання відповідно;

T_c – температура закінчення стиснення.

Для визначення тиску наприкінці згорання потрібно записати рівняння Клапейрона – Менделєєва для початку і кінця згорання [9], і перетворити їх:

$$p_z = p_c \beta \frac{T_z}{T_c}. \quad (2.14)$$

Тиск в кінці згорання для бензинових двигунів зазвичай знаходиться в межах 3,5... 5,5 МПа. Процес згорання в бензиновому двигуні можна досліджувати за допомогою індикаторної діаграми, яка є графіком зміни

тиску в циліндрі в залежності від кута повороту колінчастого валу. Цей процес починається з моменту запалення суміші в точці 1 такту стиснення. Кут повороту колінвалу від моменту запалення до приходу поршня у верхню мертву точку (ВМТ) називається кутом випередження запалювання (КВЗ).

Процес згоряння складається з трьох періодів:

1. Період затримки запалення – температура і тиск практично не змінюються, відбувається передполум'яне окислення палива.
2. Період видимого згоряння – тиск досягає максимального рівня, і 80-90% палива згорає.
3. Період догорання – триває під час розширення і завершується через 40-80° після ВМТ.

На процес згоряння значно впливає склад робочої суміші. Занадто багаті ($\alpha=0,3\dots0,5$) або занадто бідні ($\alpha=1,2\dots1,3$) суміші не горять. Максимальна швидкість поширення полум'я та потужність двигуна досягаються при $\alpha=0,9$.

При підвищенні температури робочої суміші її межі займистості розширюються, тоді як збільшення тиску, навпаки, сприяє їх звуженню. Кількість залишкових газів у суміші також впливає на ці межі: їх збільшення (наприклад, через зменшення відкриття дросельної заслінки) звужує межі займистості.

Кут випередження запалювання (КВЗ) відіграє важливу роль у процесі згоряння. У бензинових двигунах оптимальне значення КВЗ забезпечується регулюванням частоти обертання колінчастого валу (за допомогою відцентрового регулятора) і навантаження двигуна (за допомогою вакуумного регулятора). У сучасних моделях двигунів цей параметр контролюється мікропроцесорними системами управління.

Форма й об'єм камери згоряння, а також зміни навантаження та частоти обертання колінвалу впливають на ефективність процесу згоряння. Одним із недоліків бензинових двигунів є погіршення якості згоряння на малих навантаженнях, що змушує збагачувати суміш, призводячи до

перевитрати палива. У той же час збільшення частоти обертання колінвалу сприяє інтенсифікації вихрового руху в камері згоряння, що прискорює поширення полум'я.

Надмірно високі температури й тиски, характерні для застосовуваного палива, можуть спричинити детонаційне згоряння. Детонація виникає через проміжні продукти окислення молекул палива, зокрема активні перекисні сполуки. Ці нестабільні речовини мають велику енергетичну надлишковість, що провокує ланцюгові реакції, за яких окислюється значна кількість молекул одночасно.

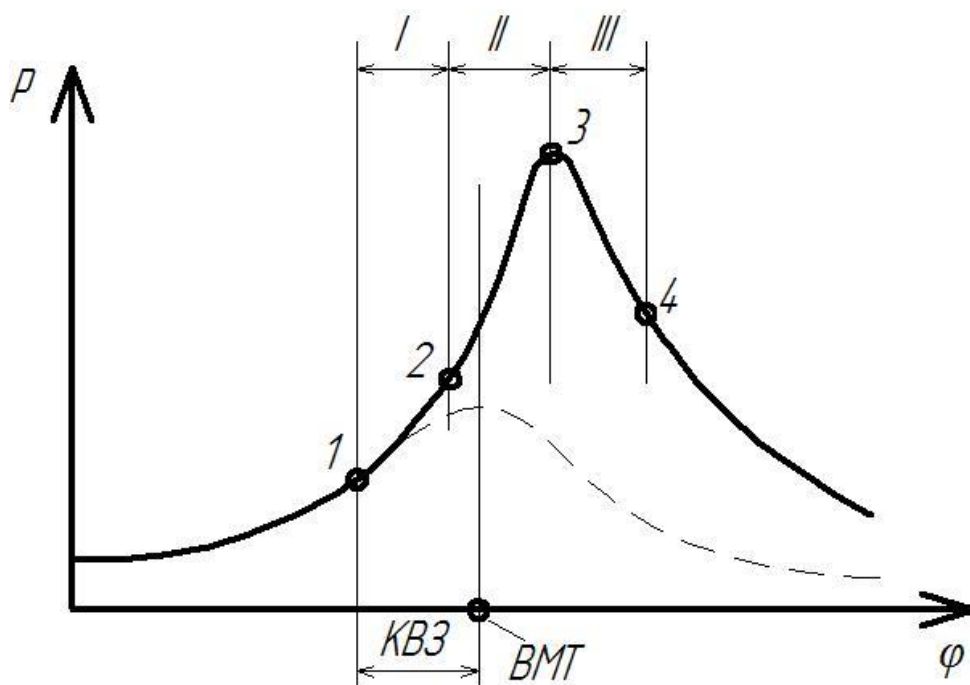


Рисунок 2.2 - Зміна тиску в циліндрі в залежності від кута повороту колінчастого валу

Під час згоряння палива з великою швидкістю різко підвищуються температура та тиск, що призводить до виникнення ударної хвилі. Швидкість цієї хвилі може досягати 1500–2000 м/с. Ударні хвилі, які багаторазово відбиваються від стінок циліндра, головки блоку та поршнів, викликають їх вібрацію, що супроводжується металевими стуками. Це явище називається детонацією.

Детонація підвищує температуру поршня, збільшує тепловідвід у охолоджуюче середовище, зменшує потужність двигуна і погіршує його економічність. Тривала робота двигуна з детонацією є шкідливою і неприпустимою.

Схильність палива до детонації визначається октановим числом. Детонація залежить від конструктивних факторів двигуна, таких як ступінь стиснення, конструкція камери згорання та розташування свічки запалювання. Підвищення діаметра циліндра також може сприяти детонації. Для зменшення детонації можна збільшити обороти колінвалу, зменшити КВЗ, обмежити відкриття дросельної заслінки або збільшити вологість всмоктуваного повітря.

Під час розширення внутрішня енергія продуктів згорання перетворюється в механічну роботу. Цей процес починається, коли в циліндрі досягається максимальний тиск. Він на графіку індикаторної діаграми відображається політропною кривою. Для бензинових двигунів середнє значення показника політропи розширення становить $n_2 = 1,23 \dots 1,30$. Тиск і температуру знаходять за формулами, Менделєєва – Клапейрона [9].

Для бензинового двигуна:

$$p_b = p_z \cdot \frac{1}{\varepsilon^{n_2}}, \quad (2.15)$$

$$T_b = T_z \cdot \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}}. \quad (2.16)$$

Середнє значення p_b складає $0,4 \dots 0,6$ МПа, $T_b - 1300 \dots 1700$ К.

Процес випуску газів з циліндра здійснюється після згорання палива і є важливою частиною робочого циклу двигуна внутрішнього згорання. Під час випуску відпрацьовані гази викидаються в атмосферу, і цей процес підпорядковується вимогам другого закону термодинаміки. Випуск відпрацьованих газів починається, коли відкривається випускний клапан (точка 4), і завершується при його закритті (точка 5). Під час цього етапу

відбувається значне розсіювання теплоти, оскільки гази, що виходять із двигуна, повертаються в стан, відмінний від навколишнього середовища.

Якість очищення циліндра від залишкових газів (див. рисунок 2.1) покращується, якщо випуск починається раніше (ділянка 4–b) або затримується (ділянка r–5). Кількість залишкових газів в циліндрі оцінюється коефіцієнтом залишкових газів, який є відношенням кількості відпрацьованих газів (M_r) до кількості свіжого заряду (M_1). Цей коефіцієнт є важливим для оптимізації роботи двигуна, адже зменшення залишкових газів дозволяє поліпшити ефективність згорання та знизити витрату палива.

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}. \quad (2.17)$$

Для чотиритактних бензинових двигунів коефіцієнт залишкових газів приймає значення 0,06 ... 0,16 [10].

Коефіцієнт ВГ збільшується при збільшенні обсягу камери згорання, зі зменшенням ступеня стиснення і при підвищенні тиску в процесі випуску.

Середній тиск за весь такт випуску (P_r) становить 0,105...0,125 МПа [10].

Температура газів (T_r) в кінці процесу випуску для бензинових двигунів 900 ... 1100 К [10].

У перший період випуску, при відкритті випускного клапана, швидкість витікання газів становить 600...750 м/с. Таке витікання газів супроводжується характерним звуковим ефектом, для гасіння якого на двигуні встановлюється глушник.

2.2 Математичне моделювання процесів перетворення енергії в двигуні внутрішнього згорання

Автомобільні карбюраторні двигуни, а також газогенераторні, газобалонні та двигуни з уприскуванням легкого палива працюють за циклом, у якому горюча суміш, що потрапляє в циліндр під час впуску,

спочатку стискається. Потім ця суміш підпалюється іскрою, і в момент, коли поршень знаходиться в близькості до верхньої мертвої точки (ВМТ), вона швидко згоряє, при майже незмінному об'ємі. Індикаторна діаграма цього теоретичного циклу зображена на рис. 2.3.

Теоретичний цикл, при якому тепло надходить за постійного об'єму, відбувається наступним чином: коли поршень рухається від верхньої мертвої точки (НМТ) (точка а на діаграмі), газ, що заповнює циліндр, починає стискатися. Для мінімізації теплових втрат стінки циліндра повинні бути повністю тепло-повітряно ізольованими, що створює ідеальні умови для адіабатичного стиснення, коли вся механічна робота, витрачена на стиск, йде на підвищення внутрішньої енергії газу.

Тиск газу в циліндрі наприкінці процесу стиснення (точка с) рівний:

$$P_c = P_a \xi^k, \quad (2.18)$$

де k – показник адіабати ідеального газу.

Температура газу в циліндрі в кінці процесу стиснення (точка с) дорівнює:

$$T_c = T_a \xi^{k-1}. \quad (2.19)$$

В кінці стиснення, з приходом поршня в ВМТ, відбувається не процес згоряння, як в дійсному циклі, а просте миттєве надходження теплоти Q_1 робочому тілу; результатом цього буде підвищення його температури і тиску при постійному об'ємі (ізохори cz). При положенні поршня у ВМТ (точка z діаграми) надходження теплоти припиняється.

Ступінь підвищення тиску газу в циліндрі в кінці процесу підведення теплоти:

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}, \quad (2.20)$$

де P_z – тиск газу в циліндрі в кінці процесу підведення теплоти.

Температура газу в циліндрі в кінці процесу підведення теплоти (точка z):

$$T_z = \lambda \cdot T_c = \lambda \cdot \xi^{k-1} T_a. \quad (2.21)$$

Потім газ адіабатно розширюється, його внутрішня енергія частково перетворюється в зовнішню механічну роботу. У НМТ (точка b діаграм) процес розширення, графічно зображений адіабати zb, закінчується.

Тиск газу в циліндрі наприкінці процесу розширення:

$$P_b = \frac{P_z}{\xi^k}. \quad (2.22)$$

Температура газу в циліндрі наприкінці процесу розширення:

$$T_b = \frac{T_z}{\xi^{k-1}} = \lambda T_z. \quad (2.23)$$

Для повторення циклу треба повернути газ в початковий стан, що характеризується точкою a індикаторної діаграми. Для цього необхідно охолодити газ, розміщений в циліндрі, тобто відняти теплоту, що представляє собою частку Q_2 від раніше введеної теплоти Q_1 . Таким чином, навіть при здійсненні теоретичного циклу частина введеної теплоти втрачається і, отже, не може бути повного перетворення теплоти в роботу.

Ступінь перетворення теплоти в роботу будь-якого теоретичного циклу оцінюється термічним ККД, який являє собою відношення теплоти, перетвореної в корисну роботу газів, до підведеної теплоти Q_1 .

У теоретичному циклі, додаткові теплові втрати, за винятком кількості теплоти Q_2 , відсутні.

Тому в корисну роботу перетворюється різниця кількостей теплоти $Q_1 - Q_2$, тоді термічний ККД можна виразити формулою:

$$\eta_T = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (2.24)$$

У циклі з надходженням теплоти при постійному об'ємі, вводиться кількість Q_1 теплоти і відводиться Q_2 , які пропорційні його ізохорній теплоємності C_v і відповідним різницям температур:

$$Q_1 = C_v(T_z - T_c), \quad (2.25)$$

$$Q_2 = C_v(T_b - T_a). \quad (2.26)$$

Термічний ККД можна визначати, підставивши знайдені значення температур:

$$\begin{aligned}
 \eta_T &= \frac{T_z - T_c - T_b - T_a}{T_z - T_c} = \frac{\lambda \xi^{k-1} T_a - \xi^{k-1} T_a - \lambda T_a + T_a}{\lambda \xi^{k-1} T_a - \xi^{k-1} T_a} = \\
 &= \frac{\lambda \xi^{k-1} - \xi^{k-1} - \lambda + 1}{\lambda \xi^{k-1} - \xi^{k-1}} = \frac{\xi^{k-1}(\lambda - 1) - (\lambda - 1)}{\xi^{k-1}(\lambda - 1)} = \frac{\xi^{k-1} - 1}{\xi^{k-1}} = \\
 &= 1 - \frac{1}{\xi^{k-1}}. \tag{2.27}
 \end{aligned}$$

Згідно із рівнянням термічного ККД, економічність циклу з підведенням теплоти при постійному об'ємі зростає, при збільшенні ступеня стиснення і показника адіабати ідеального газу.

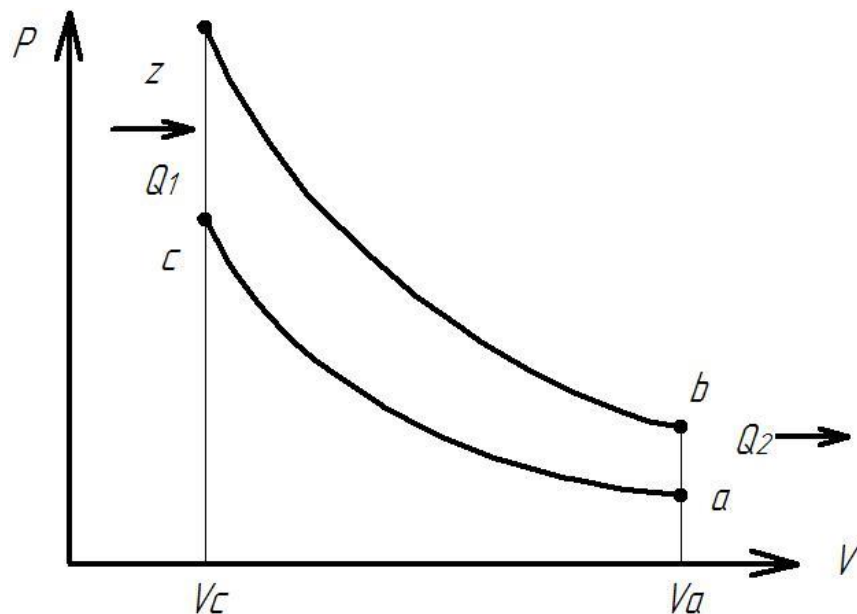


Рисунок 2.3 - Індикаторна діаграма теоретичного циклу з підведенням теплоти при постійному об'ємі

2.3 Розробка конструкції установки для визначення октанового числа

Установка складається з одноциліндрового чотиритактного карбюраторного двигуна внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, а також приводу на основі асинхронного двошвидкісного електромотора змінного струму, який відповідає за запуск і підтримання стабільних обертів двигуна. До складу установки входять пульт управління з контрольно-вимірювальною апаратурою та допоміжне обладнання.

Для приготування паливо-повітряної суміші використовується трьохбачковий карбюратор, що дає можливість поперемінно працювати на трьох різних паливних сумішах. Повітря до двигуна подається з атмосфери через спеціальну колону з льодовими плитами, що тануть, що забезпечує необхідну вологість повітря на впуску.

Інтенсивність детонації вимірюється за допомогою електронного детонометра з магніострикційним датчиком і покажчиком детонації.

При розробці установки було використано базову модель УИТ-85, що дозволило запозичити деякі деталі та вузли для уніфікації виробництва основних елементів, які широко застосовуються у попередніх установках. Однак для підвищення точності, поліпшення експлуатаційних характеристик і зовнішнього вигляду були застосовані нові конструктивні рішення, завдяки яким ця установка відрізняється від усіх попередніх установок для визначення октанових чисел палива.

2.3.1 Розробка функціональної схеми пристрою

Головні компоненти пристрою включають одноциліндровий чотиритактний карбюраторний двигун з іскровим запалюванням та пульт управління, обладнаний контрольно-вимірювальною апаратурою. Двигун складається з картера, блоку циліндра, кривошипно-шатунного механізму та системи живлення.

Основу вимірювальної апаратури становить детонометр з датчиком для виявлення детонації. Датчик має магніострикційну конструкцію і закріплюється в циліндрі двигуна, передаючи сигнал на детонометр. Датчик підсилює сигнал, перетворює його в постійну напругу, яка пропорційна ступеню детонації, і передає цей сигнал на покажчик детонації. Імпульс, що надходить від датчика, проходить через фільтр низьких частот детонометра, який пропускає частоти від 0 до 2,8 кГц, блокуючи високочастотні складові,

що виникають через вібрацію стінок циліндра, стуки клапанів і коливання стержня датчика.

Після фільтра сигнал передається через резистори для налаштування підсилення до попереднього підсилювача-обмежувача, де сигнал обмежується і підсилюється кілька разів, після чого потрапляє в розширювач імпульсів. У розширювачі імпульсів сигнал розтягується до 120 мс. Оскільки сигнали на вході датчика можуть мати значні коливання за величиною, для отримання стабільного результату необхідно обчислювати середнє значення сигналів за певний проміжок часу. Це завдання виконує інтегратор, який перетворює імпульсний сигнал в постійну напругу, пропорційну амплітуді сигналу.

Після цього сигнал постійного струму подається на кінцевий підсилювач-обмежувач з регульованим рівнем обмеження, що позначений як "Діапазон". Живлення детонометра здійснюється від мережі змінного струму (220 В, 50 Гц), при цьому в самому детонометрі розташований стабілізатор, який забезпечує стабільну напругу. Перевірка функціонування детонометра здійснюється через сигнал-генератор, підключений до схеми детонометра.

2.3.2 Розробка конструкції двигуна

Одноциліндровий чотиритактний бензиновий ДВЗ з рідинним термосифонно-випарувальним охолодженням та системою для безступінчастого регулювання ступеня стиснення є основним елементом установки для визначення октанового числа. Ключовими частинами двигуна є картер, блок циліндра, кривошипно-шатунний механізм та різні системи живлення.

Кривошипно-шатунний механізм, який поєднує поршень з пальцем і кільцями, шатун та колінчастий вал з маховиком, забезпечує перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертальний рух колінчастого вала. Двигун встановлюється на спеціальну підставку, яка закріплена на

фундаментній плиті. Чавунний литий картер має жорстку коробчасту конструкцію і є основною силовою ланкою двигуна.

Всередині картера розміщуються кривошипно-шатунний механізм та розподільний кулачковий валик.

На оброблену верхню поверхню картера монтується блок циліндра, який закріплюється п'ятьма шпильками, вкрученими в картер. В центральний отвір цієї поверхні входить нижня частина головки циліндра, а два бічні отвори використовуються для установки направляючих з штовхачами. Картер має передні та задні окремі кришки, а також дві бічні. Передня кришка закриває механізм газорозподілу та привід мастилонасоса, який знаходиться в передній частині картера. Ззовні до кришки кріпляться механізм випередження запалювання (з приводом від розподільного валу), корпус іскропоказчика, щиток і масляний редукційний клапан. У задній кришці картера розташований задній підшипник колінчастого валу, а в передній – передній підшипник.

Верхні частини передньої та задньої стінок картера мають підшипники для розподільного валу. Підшипники колінчастого та розподільного валів є прорезиненими, що полегшує їх заміну. Кількість мастила в картері регулюється за допомогою показчика рівня, розташованого в передній частині картера. Для ефективнішого зливу мастила з картера, його дно має нахил у бік зливного крана.

Колінчатий вал є механічно обробленою поковкою з легованої сталі, на якій розташовані одна шатунна і дві корінні шийки, а також дві щоки для кріплення противаг. Кожна щока і противага мають відповідне маркування. Передня та задня опори колінчастого валу в картері представлені прорезиненими підшипниками ковзання. Для подачі мастила до корінних і шатунної шийки в валу передбачені внутрішні свердління. На задньому кінці колінчастого вала є посадковий конус для встановлення маховика, закріплення якого здійснюється контргайкою.

Маховик через клиноременеву передачу забезпечує привід при запуску та гальмуванні двигуна, а також зменшує нерівномірність обертання колінчастого вала під час роботи двигуна. Зовнішня поверхня маховика має дві клиновидні канавки для приводних ременів, що з'єднують його зі шківом двошвидкісного електродвигуна.

Шатун має стержень двотаврового січення, оснащений верхньою та нижньою головками. Верхня головка з бронзовою втулкою за допомогою пальця з'єднується з поршнем, а нижня — із підшипниковими вкладишами, що залиті свинцевою бронзою, з'єднує шатун з шатунною шийкою колінчастого вала.

Поршнева група включає поршень, компресійні та мастилоз'ємні кільця, поршневий палець із заглушками. Поршень, відлитий з чавуну, має п'ять канавок для кілець, чотири з яких для компресійних кілець, а одна — для мастилоз'ємного. Зовнішній діаметр поршня оброблений на конус від канавки мастилоз'ємного кільця до днища для запобігання заїданню поршня в циліндрі через нагрівання. На внутрішній поверхні поршня є ребра для підвищення жорсткості.

Блок циліндра складається з головки та механізму для зміни ступеня стиснення. Циліндр виготовлений з легованого чавуну, при цьому головка і циліндр відлиті разом. Для підвищення зносостійкості робоча поверхня циліндра проходить азотування. Охолоджувана порожнина, об'ємом від 1055 до 1150 мл, охоплює робочу частину циліндра та простір над камерою згоряння.

На головці циліндра розташований клапанний механізм закритого типу. Впускний і випускний клапани встановлені в направляючих, які разом з сідлами клапанів запресовані в головку з натягом. Тарілки клапанів, що утримують пружини клапанів на верхньому упорі, закріплені за допомогою спеціальних замків, що складаються з двох конічних півкілець. Тарілка випускного клапана має конструкцію для автоматичного обертання клапана під час роботи. Мастило штоків клапанів забезпечується фетровими

сальниками. Свічка запалювання вкручена в бічну частину камери згоряння. Коромисла клапанів, встановлені на осі та приводяться в рух кулачками розподільного вала, розташовані в замкнутому важільному механізмі, який компенсує зазор при зміні ступеня стиснення.

Важільний механізм включає траверсу, стійки траверси, рамку та дві різьбові вилки, що вкручуються в головку циліндра. Мастило для змащення деталей клапанного механізму подається під тиском через глибокі отвори в картері та по трубці до стійки траверси, а потім через спеціальні отвори потрапляє на поверхні, що труться. На картері перед трубкою розташований контрольний краник, який дозволяє контролювати подачу мастила до клапанного механізму. Між стійками траверси та коритом встановлено спеціальне резинове ущільнення. Механізм зміни ступеня стиску складається з направляючої та черв'ячної передачі, які дозволяють переміщати головку та регулювати ступінь стиснення в межах від 4 до 10. Ступінь стиснення вимірюється індикатором, розташованим на платиці головки циліндра. Упор ніжки індикатора фіксується до нерухомої направляючої.

Для фіксації циліндра після налаштування потрібного ступеня стиснення направляюча має неперервний поздовжній розріз. Затискування циліндра в направляючій здійснюється за допомогою спеціального ексцентрикового затискача. У направляючу вкручені упорні гвинти, які обмежують максимально допустимий рівень затиску циліндра. Знизу на циліндр встановлена опорна прокладка. Ущільнення між циліндром і картером забезпечується двома прокладками з мідної фольги товщиною 0,25 мм кожна. Вимірювання октанових чисел за моторним і дослідницьким методами здійснюється завдяки ряду вдосконалень, таких як зміна кількості обертів двигуна, регулювання кута випередження запалювання та підігрів досліджуваної суміші.

Число обертів двигуна регулюється за допомогою електродвигуна, який здатний працювати на різних оборотах за хвилину і з'єднаний з

маховиком двигуна через пасову передачу. Для моторного методу встановлюється 900 об/хв, а для дослідницького — 600 об/хв.

Механізм випередження запалювання розташований у передній кришці картера і дозволяє змінювати кут від 19° до 26° (залежно від ступеня стиснення) для моторного методу, і від 13° до ВМТ для дослідницького методу.

Досліджувана суміш при дослідницькому методі не підігрівається, а при моторному підігрівається до 149°C . Для цього використовується терморегулятор, який підтримує задану температуру суміші.

Ці відмінності у роботі двигуна визначають різні значення октанових чисел бензинів за кожним із методів.

2.3.3 Розробка електричної принципової схеми авторегулятора температури

2.3.3.1 Опис роботи схеми

Загальна електрична схема Вона включає авторегулятор температури, спеціально розроблений для підігріву суміші та підтримання її на заданому рівні при використанні дослідницького методу. Авторегулятор (ДП.ПНК-01.02.01.000 Е3) складається з мікроконтролерного блоку, який виконує вимірювання опору терморезистора, керує силовою частиною та виводить поточне значення температури на семисегментний індикатор, а також включає силову частину.

У даній схемі використовується 8-мітний мікроконтролер AVR ATmega8 виробництва Atmel, який має 8 кбайт флеш-пам'яті, шестиканальний 10-розрядний АЦП, три восьмибітні порти вводу-виводу та вбудований ШИМ.

Резистор R4 разом із терморезистором утворюють подільник напруги, чий спад залежить від опору терморезистора. Для підсилення цього сигналу використовується операційний підсилювач DA1. Підстроювальний резистор

R3 дозволяє здійснити калібрування сигналу до потрібного рівня. Після цього підсилений сигнал подається на вхід АЦП мікроконтролера. Як опорна напруга застосовується внутрішнє джерело напруги контролера на 2,5 В. Мікроконтролер перетворює вимірний сигнал в температуру у градусах Цельсія та відображає її на тризначному семисегментному індикаторі. Індикатор підключений до порту D мікроконтролера, а інформація виводиться через динамічну індикацію. Живлення мікроконтролера здійснюється через

Оскільки нагрівач має інерційність як навантаження, регулювання його потужності здійснюється шляхом зміни кількості пропущених півперіодів. Силовий модуль управляється дискретно. Симістор залишається закритим, коли на вхід подається «1» (+5 В), і відкривається при подачі «0», причому відкриття симістора відбувається при проходженні напруги живлення через нуль. Для цього використовується досить великий період повторення імпульсів (1 сек), з можливістю регулювання їх тривалості за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). Це дозволяє змінювати кількість півхвиль напруги живлення, що проходять в навантаження, а отже регулювати середню потужність, яка надходить на нагрівач. При періоді 1 секунда ми можемо регулювати потужність з точністю до 1%, оскільки в 1 секунду припадає 100 півперіодів змінного струму. Коли тривалість імпульсу перевищує 0,01 секунди, в навантаження подається один півперіод кожну секунду, що забезпечує потужність на рівні 1% від номіналу. Якщо ширина імпульсу перевищує 0,02 секунди, то в навантаження подається два півперіоди, і потужність зростає до 2% від номіналу, і т.д.

2.3.3.2 Розрахунок блоку підсилення

Сигнал з датчика детонації, після проходження через фільтр, підсилюється за допомогою підсилювача. Схема підсилюючої ланки приведена на рис. 2.4. В якості перед кінцевого підсилюючого каскаду

використовується каскад на транзисторі VT1. Потужність в навантаженні $P_H=0,5$ Вт а опір навантаження складає $R_H=10$ Ом. Джерело сигналу має параметри $E_r=100$ мВ і $R_r=10$ Ом.

Визначимо потужність яку повинні виділяти транзистори обох плечей каскаду:

$$P \geq 1,1P_H = 0,55 \text{ Вт.} \quad (2.28)$$

Знаходимо потрібне максимальне значення колекторного струму:

$$I_{KC} = \sqrt{\frac{2P}{R_H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,55}{10}} = 0,33 \text{ А.} \quad (2.29)$$

Мінімальна напруга в колі колектор-емітер визначається по вихідних характеристиках транзисторів. Залишкова напруга $U_{зал}$ повинна відсікати нелінійну частину характеристик. Прийmemo $U_{зал} \sim 1$ В.

Потрібну амплітуду напруги на навантаженні $U_{вих}$ знаходимо по формулі:

$$U_{вих} = \frac{2P}{I_{KC}} = \frac{2 \cdot 0,55}{0,33} = 3,32 \text{ В.} \quad (2.30)$$

Необхідна напруга джерела живлення:

$$E_K \geq U_{зал} + U_{вих} = 1 + 3,32 = 4,32 \text{ В.} \quad (2.31)$$

Вибираємо напругу живлення рівну 5 В.

Вибираємо транзистори VT2 і VT3 за значенням потужності що віддається P і максимальною напругою на колекторі. Підходящими транзисторами з протилежним типом провідності (комплементарна пара) є транзистори типу КТ814А і КТ815А.

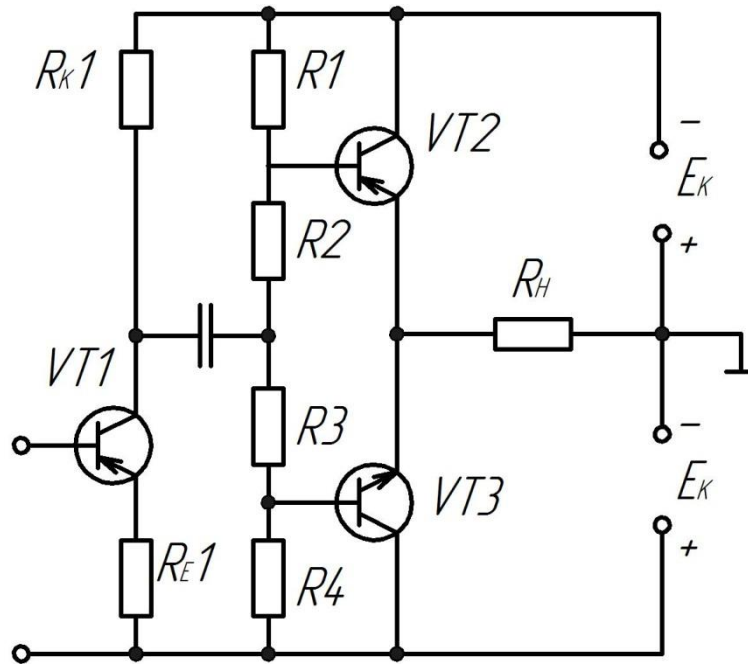


Рисунок 2.4 – Електрична принципова схема підсилювача

Прийmemo, що середню значення коефіцієнтів підсилення по струму $\beta=25$. Тоді:

$$I_{bc} = \frac{I_{kc}}{\beta} = \frac{0,33}{25} = 0,013 \text{ А.} \quad (2.32)$$

Розраховуємо коло базового подільника R1–R4. Потенціал бази транзистора VT2 в стані спокою виберемо, виходячи із необхідного початкового струму через транзистори VT2 і VT3 і виду вихідних характеристик. Нехай $I_{к.поч} = 10 \text{ мА}$, тоді $I_{б.поч} = 0,4 \text{ мА}$. Із вихідних характеристик знаходимо $U_{бс.поч} = 0,45 \text{ В}$. Приймемо струм подільника рівний $I_{п} 0,8 \text{ мА}$, тоді:

$$R1 = R4 = \frac{E_k - U_{бс.поч}}{I_{д} + I_{б.поч}} = \frac{5 - 0,45}{0,8 + 0,4} = 3,79 \text{ кОм}, \quad (2.32)$$

$$R2 = R3 = \frac{U_{бс.поч}}{I_{д}} = \frac{0,45}{0,8} = 560 \text{ Ом.} \quad (2.33)$$

Вибираємо в якості R1, R4 резистори МЛТ-0,125 3,9 кОм, R2, R3 – МЛТ-0,125 560 Ом.

Розраховуємо каскад попереднього підсилення на транзисторі VT1. Коефіцієнт підсилення каскаду на VT1 рівний:

$$K_{U1} = \frac{\beta_1 \frac{R_{K1} \cdot R_{BK2}}{R_{K1} + R_{BK2}}}{R_r + R_{BK1}}, \quad (2.35)$$

де β – коефіцієнт передачі струму бази транзисторів VT2 і VT3; $\beta=25$;

$$R_{BK1} = r_{b1} + (r_{e1} + R_{e1})(1 + \beta_1), \quad (2.36)$$

$$R_{BK2} \approx \beta_2 R_H + R_2. \quad (2.37)$$

З іншого боку, каскад на транзисторі VT1 повинен забезпечувати наступну умову:

$$K_{U1} = \frac{U_{ВНХ}}{E_r} = \frac{3,32}{0,1} = 33,2, \quad (2.38)$$

Із формули (3.35) при $r_{e1}=5$ Ом і $\beta_1=50$ знаходимо опір емітерного резистора R_{e1} . Значення опору $R_{e1}=47$ Ом забезпечить необхідний коефіцієнт підсилення каскаду попереднього підсилення на VT1.

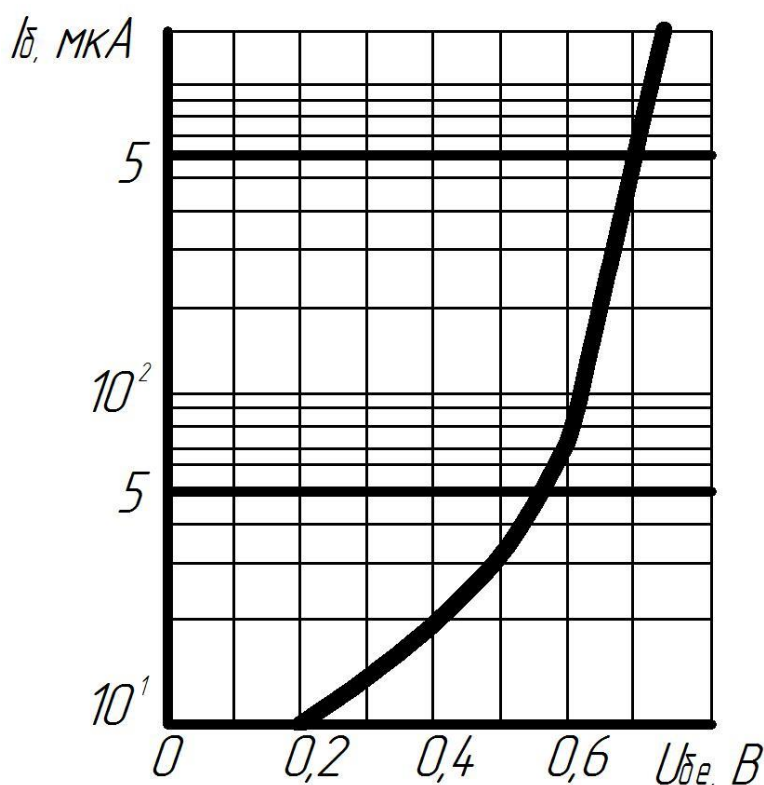


Рисунок 2.5 – Вихідні характеристики транзисторів KT814A і KT815A

Амплітуда вхідного струму транзистора VT1 рівна:

$$I_{\text{вх.с}} = \frac{U_{\text{вх.с}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{вх1}}} \approx \frac{E_{\Gamma}}{\beta_1 (r_{e1} + R_{e1})} = \frac{0,1}{50(5+47)} = 0,38 \cdot 10^{-4} \text{ А} = 3,8 \text{ мА}. \quad (2.39)$$

Коефіцієнт підсилення по потужності для розраховуваного підсилювача рівний:

$$K_P = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{2P_{\text{в}}}{U_{\text{вх.с}} I_{\text{вх.с}}} = \frac{2 \cdot 0,55}{0,1 \cdot 0,38 \cdot 10^{-4}} = 2,9 \cdot 10^5. \quad (2.40)$$

2.3.5 Розробка конструкції та розрахунок конструктивних розмірів радіатора

Основне призначення радіатора полягає в покращенні тепловіддачі елементів, перегрів яких може спричинити зміни їхніх характеристик. У авторегуляторі температури таким елементом є інтегральний стабілізатор напруги LM7805, оскільки його перегрів призводить до відхилень від нормального значення вихідної напруги, яка забезпечує роботу всіх елементів схеми. Щоб знизити перегрів стабілізатора напруги, необхідно збільшити тепловіддачу, що досягається встановленням елемента на радіатор.

Розрахунок радіатора був виконаний відповідно до [12]. Потужність, яку потрібно розсіювати, становить 1,7 Вт. Гранична температура елемента у робочій області складає 100 °С, а температура навколишнього середовища – 20 °С. Внутрішній тепловий опір між елементом і радіатором дорівнює 5 К/Вт. Площа контактної поверхні складає 0,0001 м².

Визначаємо перегрів місця кріплення елемента з радіатором наступним чином:

$$t_k - t_0 = (t_P - t_0) - P \cdot (R_{\text{вн}} - R_{\text{к}}), \quad (2.41)$$

де $R_{\text{к}}$ – тепловий опір контакту між елементом і радіатором:

$$R_{\kappa} = \frac{2,2 \cdot 10^4}{S_{\kappa}} = \frac{2,2 \cdot 10^{-4}}{0,0001} = 2,2 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.42)$$

Тоді із формули (2.41):

$$t_k - t_0 = (100 - 30) - 1,7 \cdot (5 - 2,2) = 75,24 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.43)$$

Звідси:

$$t_k = 75,24 + t_0 = 95,24 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.44)$$

Визначаємо в першому наближенні середній перегрів основи радіатора:

$$\Delta t_s = 0,83(t_k - t_0) = 0,83 \cdot (95,24 - 20) = 62,45. \quad (2.45)$$

Вибираємо голчасто-штирвовий тип радіатора в умовах вільної конвекції. Визначаємо коефіцієнт ефективної тепловіддачі радіатора. Для обчисленого вище значення середнього перегріву основи радіатора, визначаємо коефіцієнт ефективної тепловіддачі $\alpha_{\text{еф}}$ з графіка, представленого на рис. 2.6. $\alpha_{\text{еф}} = 63 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$.

Визначаємо площу основи радіатора:

$$S_P = \frac{P}{\alpha_{\text{еф}} \cdot \Delta t_s} = \frac{1,7}{63 \cdot 62,45} = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (2.46)$$

Визначаємо середній перегрів основи радіатора в другому наближенні при цьому вибираємо як матеріал радіатора алюміній, у якого $\lambda_p = 208 \text{ Вт/мК}$. Товщину основи виберемо рівною $\delta_p = 5 \text{ мм}$.

$$\Delta t_{s0} = \frac{\frac{\Delta t_k \cdot S_{\kappa}}{S_P}}{\left[\frac{\text{sh} \cdot \left(q \cdot \sqrt{\frac{S_{\kappa}}{S_P}} \right)}{q - \text{ch} \cdot \left(q \cdot \sqrt{\frac{S_{\kappa}}{S_P}} \right) + 1} \cdot \text{ch}^2 \cdot \frac{q}{2} \right]^2}, \quad (2.47)$$

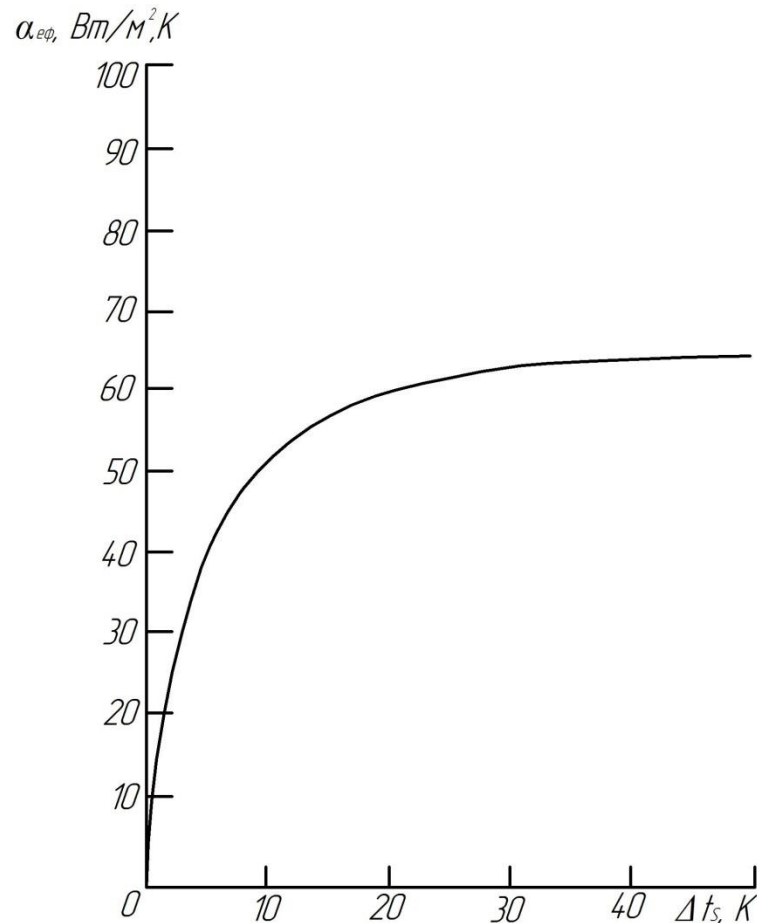


Рисунок 2.6 – Коефіцієнт ефективної тепловіддачі голчато-шпирьового радіатора в умовах вільної конвекції

$$q = \sqrt{B \cdot \left[1,5 - \left(\frac{\text{sh}(2 \cdot \sqrt{B})}{2 \cdot \sqrt{2}} \right)^{-1} \right]}, \quad (2.48)$$

$$B = \frac{\alpha_{eff} \cdot S_P}{\lambda_p \cdot \delta_p}. \quad (2.49)$$

Із формул (2.48) і (2.49) визначаємо коефіцієнти $B=0,057$ та $q=0,239$. Підставивши ці коефіцієнти у формулу (2.47), знаходимо середній перегрів основи радіатора в другому наближенні $\Delta t_{s0}=62.5$ К.

Уточнюємо площу основи радіатора:

$$S_{p0} = \frac{P}{\alpha_{eff} \cdot \Delta t_{s0}} = \frac{1.7}{63 \cdot 62.5} = 4.32 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (2.50)$$

2.4 Розробка методики вимірювання

Для визначення октанового числа бензину за моторним та дослідницьким методом, необхідно підтримувати стандартні умови роботи двигуна установки, представлені в таблиці 2.1.

Визначення складу робочої суміші на максимальну інтенсивність детонації зводиться до знаходження такого рівня палива по мірному склу карбюратора, при якому спостерігаються максимальні відхилення стрілки показчика детонації. Порядок регулювання складу робочої суміші при проведенні випробувань по моторному і дослідницькому методах однаковий і полягає в наступному:

а) залити в паливний бачок № 1 випробовуване паливо і перевести кран карбюратора на роботу двигуна з цього бачка. Потім встановити ступінь стиснення з таким розрахунком, щоб інтенсивність детонації була трохи нижче стандартної величини (40-45 поділок за шкалою показчика детонації).

Таблиця 2.1 – Стандартні умови досліджень.

Параметри	Моторний метод	Дослідницький метод
1	2	3
1. Число оборотів двигуна	900 ± 9 об/хв.	600 ± 6 об/хв.
2. Степінь стиснення	Від 4 до 10	Від 4 до 10
3. Кут випередження запалювання	Встановлюється автоматично в залежності від показань індикатора ступеня стиснення М 26 ⁰ до ВМТ при М=9,6 24 ⁰ до ВМТ при М=12,3 22 ⁰ до ВМТ при М=14,9 20 ⁰ до ВМТ при М=17,6 19 ⁰ до ВМТ при М=18,9	Постійний 13 ⁰ до ВМТ в такті стиснення

	18 ⁰ до ВМТ при М=20,2 17 ⁰ до ВМТ при М=21,6 16 ⁰ до ВМТ при М=22,9 15 ⁰ до ВМТ при М=24,2	
4. Зазор між електродами свічки запалювання	0,5 ± 0,1 мм	0,5 ± 0,1 мм
5. Зазор між штоками і коромислом клапанів на прогрітому двигуні	0,20 ± 0,05 мм	0,20 ± 0,05 мм
6. Мастило		
7. Тиск мастила в магістралі під час роботи двигуна	МС-20 ГОСТ 1743-76 (1,96 ± 0,3) · 10 ⁵ Па (2,00 ± 0,3 кгс/см ²)	МС-20 ГОСТ 1743-76 (1,96 ± 0,3) · 10 ⁵ Па (2,00 ± 0,3 кгс/см ²)
8. Температура мастила в картері	60 ± 10 ⁰ С	60 ± 10 ⁰ С
9. Температура охолоджуючої рідини	100 ± 2 ⁰ С	100 ± 2 ⁰ С
10. Температура повітря в карбюраторі	50 ± 5 ⁰ С	52 ± 1 ⁰ С

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
11. Вологість повітря що всмоктується	3,5-7,0 г/кг Забезпечується пропусканням повітря через шар льоду що тане	3,5-7,0 г/кг Забезпечується пропусканням повітря через шар льоду що тане
12. Температура паливо-повітряної суміші	149 ± 1 ⁰ С	Не фіксується
13. Склад паливо-повітряної суміші	Встановлюється на максимальну інтенсивність детонації	Встановлюється на максимальну інтенсивність детонації
Інтенсивність детонації	Стандартна (55 ± 3 поділки по показнику детонації)	Стандартна (55 ± 3 поділки по показнику детонації)

Після того як покази покажчика детонації встановляться, записують їх величину і рівень палива по мірному склу;

б) збагатити паливо-повітряну суміш, підвищуючи рівень палива по мірному склу через інтервал в одну поділку, і для кожного нового положення рівня палива записати відповідні покази покажчика детонації. Збагачення суміші продовжувати до тих пір, поки покази покажчика детонації не впадуть принаймні на 3-4 поділки порівняно з максимальним значенням;

в) встановити рівень палива в положення, що відповідає максимальному показанню покажчика детонації. Повторити операцію, збіднюючи суміш опусканням рівня палива через інтервал у одну поділку, до тих пір поки показання покажчика детонації не впадуть принаймні на 3-4 поділки від максимального значення. Весь час фіксувати покази покажчика детонації;

г) встановити рівень палива або на ту поділку, при якій спостерігалася найбільша інтенсивність детонації, або між поділками, при яких спостерігалася максимальна детонація однакової інтенсивності. Знайдене положення рівня палива відповідає регулюванню складу суміші на максимальну інтенсивність детонації.

Отримане регулювання перевірити, змінюючи положення рівня палива в обидві сторони від знайденої величини на одну-дві поділки по мірному склу.

Якщо показання покажчика детонації збільшуються, то регулювання невірне і всю операцію необхідно повторити спочатку. При проведенні регулювання необхідно стежити за тим, щоб всі відліки за вказівником детонації бралися після того, як стрілка приладу прийде в стан рівноваги. Регулювання складу паливо-повітряної суміші на максимальну детонацію необхідно проводити на паливі що випробовується і на кожній еталонній суміші.

Після підбору рівня палива, що відповідає максимуму детонації для палива що випробовується, шляхом зміни ступеня стиснення добиваються такого положення, при якому показання стрілки покажчика детонації будуть рівні 55 поділкам.

Якщо покази покажчика детонації при роботі на паливі що випробовується і регулюванні складу суміші на максимальну інтенсивність детонації відповідають 55 ± 3 поділкам, можна вважати, що встановлена стандартна інтенсивність детонації і подальшого регулювання не потрібно.

Якщо ж показання покажчика детонації виходять за вказані вище межі, слід зміною ступеня стиснення довести покази покажчика детонації до 55 ± 3 поділок і при цьому ще раз переконатися в тому, що рівень палива відповідає максимальному показанню покажчика детонації. Встановлену зазначеним способом ступінь стиснення зберегти незмінною протягом усього визначення октанового числа. Величина стандартного ступеня стиснення повинна відповідати для моторного і дослідницького методу даним, наведеним у спеціальних таблицях. Встановлюючи ступінь стиснення, слід враховувати поправку на барометричний тиск.

При барометричному тиску, відмінному від 760 мм.рт.ст., показання індикатора в міліметрах, що відповідають даному октановому числу обчислюють за формулою:

$$M = M_{760} - (P - 760) \cdot 0,03 \quad (2.51)$$

де M_{760} – показники індикатора що відповідають тиску 760 мм.рт.ст ;
 P – барометричний тиск в момент випробовування в мм.рт.ст.

Випробування можна проводити, якщо показання індикатора, що приведені до нормального барометричного тиску M_{760} , відрізняються не більше ніж на 0,5 від величин, зазначених у спеціальних таблицях залежності показів ступеня стиснення і октанового числа при барометричного тиску 760 мм.рт.ст.

Октанове число по моторному або дослідницькому методу визначається шляхом порівняння палива що досліджується із сумішами

еталонних палив. Після встановлення ступеня стиснення, відповідної стандартної інтенсивності детонації при роботі на зразку що досліджується підбирають два еталонних палива одне з яких детонує сильніше, а інше слабше ніж паливо що досліджується на тому же ступені стисненні.

Підбір першого еталонного палива. Виходячи з припущеного октанового числа зразка що випробовується складають суміш первинних еталонних палив (хімічно чистий ізооктан і нормальний гептан), яку ретельно перемішують і заливають в другий бачок карбюратора. Потім, не міняючи ступеня стиснення, переключають двигун на роботу від цього бачка і регулюють рівень палива в поплавковій камері на мінімум детонації.

Підбір другого еталонного палива полягає у виборі суміші таких еталонних палив, щоб максимальні покази детонації, отримані на досліджуваному паливі, знаходилися між показниками, отриманими для еталонних сумішей. Після ретельного змішування обраної суміші її заливають у третій бачок карбюратора, і переводять двигун на роботу з цього бачка. При цьому ступінь стиснення залишається незмінним, а рівень палива регулюється до максимуму детонації. Якщо октанові числа двох еталонних палив відрізняються не більше ніж на дві одиниці, випробування можна продовжувати. В іншому випадку слід приготувати додаткові суміші для виконання цього умови.

Реєстрація показів детонації здійснюється після того, як рівень палива у кожній з трьох поплавкових камерах карбюратора відрегульовано на максимальну інтенсивність детонації. Для цього проводяться вимірювання показів детонації, працюючи на досліджуваному паливі та двох еталонних сумішах. Кожний відлік здійснюється після того, як стрілка покажчика детонації стабілізується. Вимірювання проводяться поперемінно для кожного палива не менше трьох разів, при цьому знімаються покази в певному порядку, що дозволяє мінімізувати похибки. При переході між різними паливами необхідно дотримуватись пауз, щоб досягти стабільності режиму роботи двигуна і рівноваги стрілки покажчика.

При обробці результатів вираховують середнє значення показів детонації для досліджуваного палива та еталонних сумішей.

Октанове число палива що досліджується (A) визначають методом інтерполяції за формулою:

$$A = A_1 + (A_2 - A_1) \frac{\alpha_1 - \alpha}{\alpha_1 - \alpha_2}, \quad (2.52)$$

де A_1 – об'ємна частка ізооктану в суміші еталонних палив, що детонує сильніше випробовуваного палива, %;

A_2 – об'ємна частка ізооктану в суміші еталонних палив, що детонує слабше випробовуваного палива, %;

α – середнє арифметичне з відліків за показчиком детонації для випробовуваного палива;

α_1 – середнє арифметичне результатів з відліків за показчиком детонації для суміші первинних еталонних палив A_1 ;

α_2 – середнє арифметичне результатів з відліків за показчиком детонації для суміші первинних еталонних палив A_2 ;

Октанове число обчислене з похибкою до другого десяткового знака, округлюють до першого десяткового знака. Октанове число що закінчується на 0,05 округлюють до найближчої парної цифри.

Висновки до розділу

На основі проведеного аналізу процесів які мають місце при роботі чотирьохтактного двигуна внутрішнього згорання розроблено удосконалений комплексний метод контролю якості бензину який поєднує як моторний, так і дослідницький підхід до визначення октанового числа. Розроблена конструкція пристрою який реалізує даний комплексний метод, розраховані основні конструктивні параметри елементів. Розроблена методика проведення вимірювання, встановлення основні вимоги при проведенні розрахунку октанового числа.

3 МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНУ

3.1 Класифікація видів похибок

Інструментальними похибками засобів вимірювань називаються ті, що характерні для конкретного засобу, їх можна визначити під час випробувань і вони заносяться до паспорта цього засобу вимірювань.

Окрім інструментальних похибок, існують й інші похибки, які не можна віднести до інструментальних саме цього засобу вимірювань, а вони пов'язані з методикою проведення вимірювань. Такі похибки називаються методичними (13).

Похибки, що можуть бути як у засобах вимірювань, так і в методах вимірювань, поділяються на статичні та динамічні залежно від того, як швидко змінюється вимірювана величина в часі. Статичні похибки не залежать від швидкості зміни вимірюваної величини, тоді як динамічні похибки з'являються, коли швидкість зміни величини зростає, і відсутні, коли ця швидкість практично дорівнює нулю. Отже, динамічні похибки є різновидом додаткових похибок, що виникають через швидкість зміни вимірюваної величини в часі.

Систематичними похибками називаються ті, які змінюються з часом і є функціями певних параметрів. Основна характеристика систематичних похибок полягає в тому, що вони можуть бути передбачені і, завдяки цьому, майже повністю усунені шляхом застосування відповідних коригувань.

Прогресуючими (або дрейфуючими) похибками називаються непередбачувані похибки, які повільно змінюються з часом. Зазвичай ці похибки виникають через старіння компонентів вимірювальних приладів, таких як резистори, конденсатори, механічні частини тощо.

Випадкові похибки — це ті, які неможливо передбачити ані за знаком, ані за величиною (або вони недостатньо вивчені). Вони виникають через сукупність причин, які важко проаналізувати. Випадкові похибки, на відміну від систематичних, зазвичай виявляються при повторних вимірюваннях у вигляді варіацій результатів. Головною їх особливістю є непередбачуваність від одного вимірювання до іншого. Тому опис випадкових похибок проводиться з використанням теорії ймовірностей і математичної статистики.

Абсолютна похибка не може бути єдиним показником точності вимірювань, оскільки одне і те ж значення абсолютної похибки, наприклад $\Delta x = 0,05$ мм, може свідчити про високу точність при $x = 100$ мм, але про низьку точність при $x = 1$ мм. Тому для оцінки точності вимірювань використовують поняття відносної похибки, яке виражається у відсотках або в інших відносних одиницях.

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x} \approx \frac{\Delta y}{y}, \quad (3.1)$$

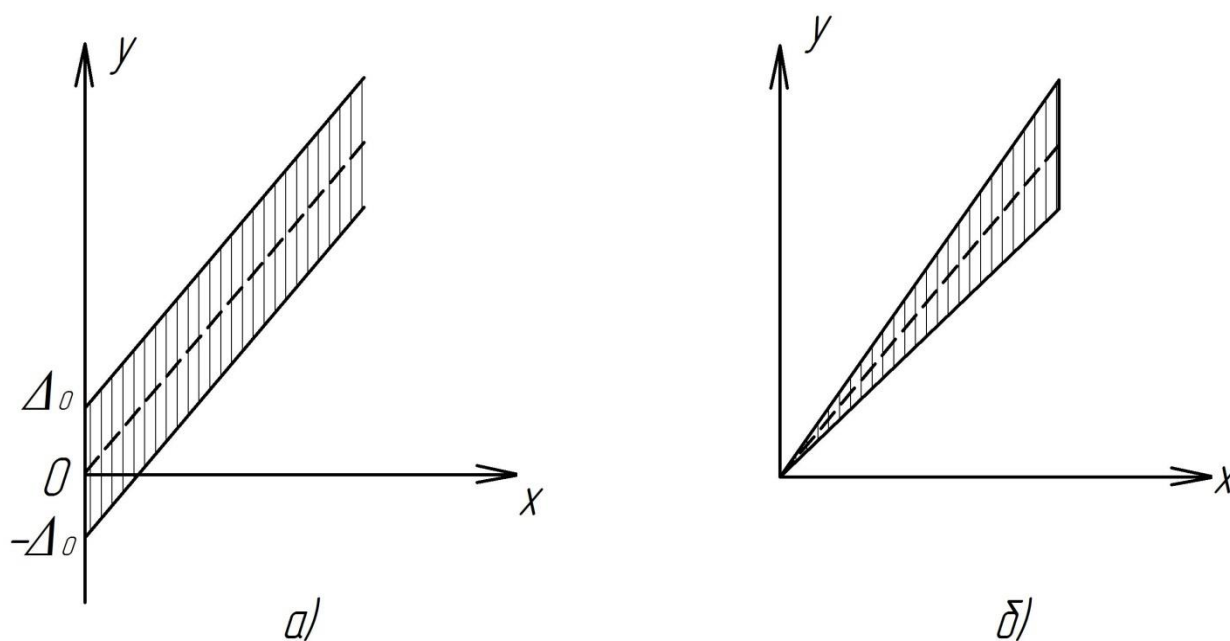
де x і y – поточні значення вхідної і вихідної величин засобу вимірювань.

Однак відносна похибка не завжди є зручною для нормування похибки вимірювального приладу, оскільки вона може змінюватися в залежності від значення величини x , зокрема досягати значення $\gamma = \infty$ при $x = 0$. Тому для нормування похибки вимірювального засобу використовують так звану приведену похибку $\gamma_{\text{пр}}$, яка визначається як відношення абсолютної похибки (вираженої в одиницях вхідної Δx або вихідної Δy величин) до діапазону зміни відповідно вхідної x_k або вихідної y_k величин приладу. Ця величина виражається у відносних одиницях або у відсотках.

Адитивні та мультиплікативні похибки застосовуються для опису форми меж смуги похибок вимірювальних приладів. Під час перевірки чи калібрування вимірювального засобу отримують кілька значень вхідної величини x_i та відповідних їм вихідних значень y_i . Якщо ці дані відобразити на графіку з координатами x і y , то точки будуть розміщені в межах певної смуги (див. рис. 3.1).

Якщо точки знаходяться в межах ліній, що паралельні одна одній, як показано на рис. 3.1 а, тобто абсолютна похибка вимірювального засобу на всьому діапазоні зміни вхідної величини є сталою і не залежить від миттєвого значення вхідної величини x (крива 1 на рис. 3.1 б), то така похибка називається адитивною або похибкою нуля. Це визначення застосовується як до випадкових, так і до систематичних похибок.

Якщо смуга похибок має форму, як показано на рис. 3.1, тобто її ширина збільшується пропорційно зростанню вхідної величини x , і при $x = 0$ ця ширина дорівнює нулю, то така похибка називається мультиплікативною або похибкою чутливості. Вона також може бути як систематичною, так і випадковою.



а – адитивна похибка; б – мультиплікативна похибка

Рисунок 3.1 – Адитивні і мультиплікативні похибки засобу вимірювань

3.2 Аналіз факторів що впливають на результат вимірювання

Оскільки розроблювана установка є складною та багатофункціональною, неможливо застосувати прилад з більшою точністю для проведення повірки. Тому виникає необхідність аналізувати чинники, що впливають на процес вимірювання, що дозволить оцінити точність вимірів.

Такий аналіз дозволяє розробити схему накопичення похибок, зображену на рис. 3.2. Ця схема включає такі похибки:

- похибка моторного методу ($\Delta_{\text{мот.мет.}}$);
- похибка дослідницького методу ($\Delta_{\text{досл.мет.}}$);
- похибка підбору еталонного палива ($\Delta_{\text{ет.пал.}}$);
- похибка роботи двигуна внутрішнього згорання ($\Delta_{\text{ДВЗ.}}$);

- похибка показчика детонації ($\Delta\PiД.$).

На результати вимірювань впливає багато факторів, які визначають як методичні, так і інструментальні похибки. Оскільки розроблювана установка дозволяє визначати октанове число бензину за моторним і дослідницьким методами, методична похибка буде включати похибки обох методів. Похибка моторного методу складає $\Delta_{\text{мот.мет.}} = 1,0\%$, а похибка дослідницького методу $\Delta_{\text{досл.мет.}} = 0,8\%$. Ці значення похибок визначено на основі експериментальних даних, отриманих для подібних установок. Похибка може виникнути через порушення порядку роботи та правил експлуатації.

Також до методичної похибки відноситься похибка підбору еталонного палива, оскільки саме з ним порівнюється детонаційна стійкість досліджуваного палива. В якості еталонного палива використовується суміш толуолу, чистого ізооктану та нормального гептану, від точності концентрації яких залежить результат вимірювань. Тому перед початком визначення октанових чисел зразка, а також через кожні 7 годин безперервної роботи установки, необхідно перевіряти октанове число контрольного палива. Результат не повинен відрізнятись більш ніж на $\pm 0,5$ октанові одиниці. Похибка підбору еталонного палива становить $\Delta_{\text{ет.пал}} = 0,15\%$.

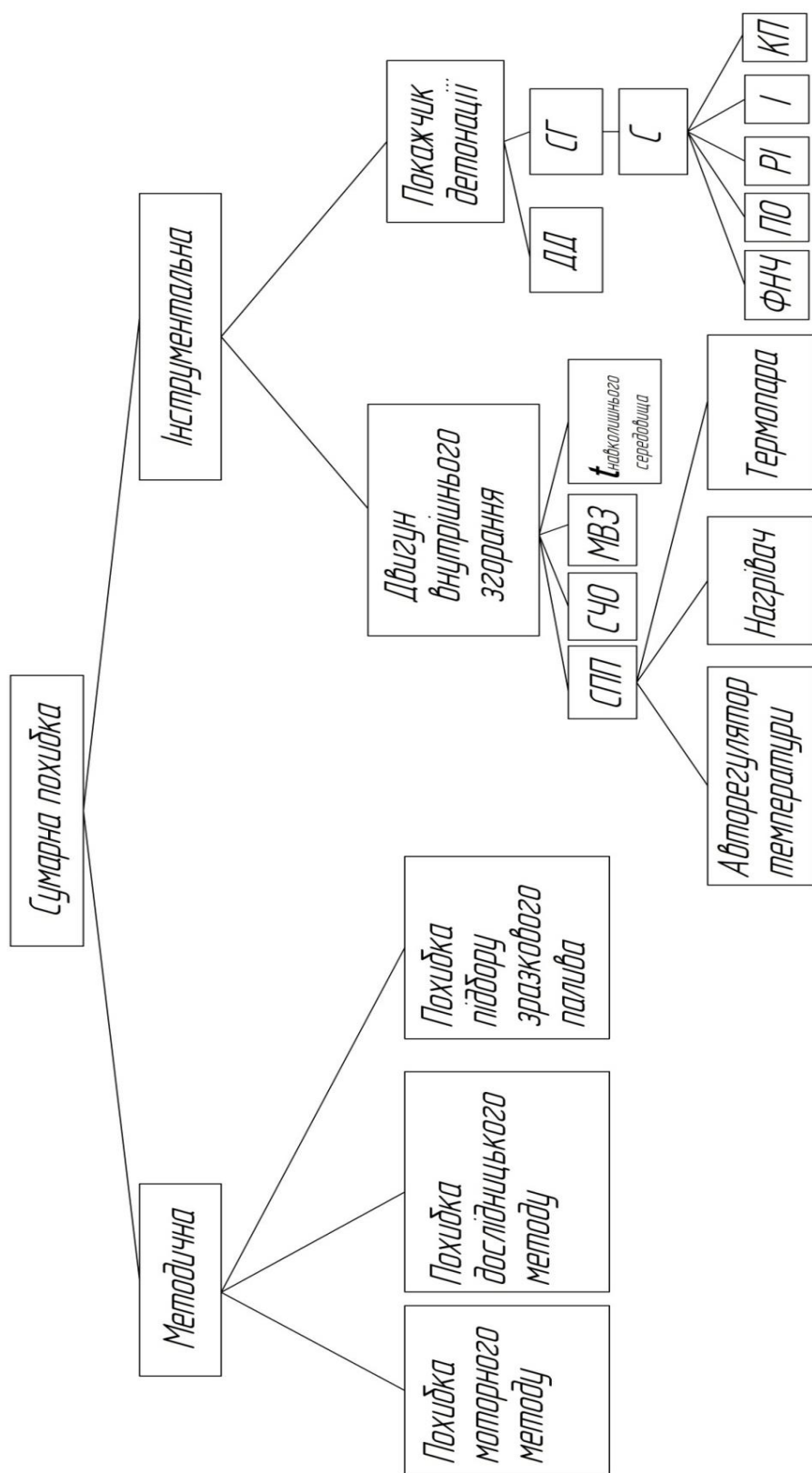


Рисунок 3.2 – Схема нагромадження сумарної похибки

До інструментальної похибки належать похибки, що виникають через роботу двигуна внутрішнього згорання, показчика детонації та системи автоматичного регулювання температури суміші.

Покази детонації залежать від сигналу, який перед його подачею на показчик проходить через низькочастотний фільтр ($\Delta\text{ФНЧ} = 0,1\%$), обмежувальний підсилювач ($\Delta\text{ПО} = 0,15\%$), розширювач імпульсів ($\Delta\text{РІ} = 0,1\%$), інтегратор ($\Delta\text{І} = 0,15\%$) та кінцевий підсилювач ($\Delta\text{ПК} = 0,1\%$). Оскільки всі ці блоки є електронними, точність їх роботи залежить від стабільності джерела живлення та точності електронних компонентів. Стабільність напруги живлення забезпечує стабілізатор з похибкою $\Delta\text{С} = 0,15\%$. Для налаштування цих блоків використовується генератор сигналів, який імітує сигнал від датчика детонації при налаштуванні установки. Точність цього генератора визначає точність налаштування установки і, відповідно, отримані результати. Похибка генератора $\Delta\text{СГ}$ складає $0,1\%$.

Під час роботи установки інтенсивність детонації вимірюється датчиком детонації. Цей датчик магнітострикційного типу, і на його вихідний сигнал впливають не лише вібрації магнітострикційного стержня, але й температура самого датчика, яка може коливатися в широкому діапазоні через безпосередній контакт з камерою згоряння суміші. Крім того, вібрації, що передаються датчику, можуть бути спричинені не тільки детонацією паливної суміші, а й вібрацією деталей двигуна установки під час її роботи. Похибка датчика детонації становить $0,15\%$. На роботу ДВЗ впливають температура навколишнього середовища, робота механізму випередження запалювання, система зміни кількості обертів і система підігріву досліджуваної суміші.

Температура навколишнього середовища впливає на температуру двигуна, що, в свою чергу, позначається на ефективності роботи системи охолодження. Похибка в цьому випадку не перевищує $\Delta\text{ТНС} = 0,7\%$.

Точність роботи механізму випередження запалювання безпосередньо впливає на тиск у камері згоряння під час спалаху суміші, а також на ступінь детонації. Запалювання повинно відбуватися саме в момент, коли поршень знаходиться в верхній мертвій точці. Похибка механізму випередження складає $\Delta\text{МВЗ} = 0,2\%$.

Оскільки кількість обертів колінчастого валу визначена для кожного методу, робота системи зміни числа оборотів також впливає на точність вимірювань. Ця система складається з електродвигуна, який з'єднаний з маховиком за допомогою пасової передачі. Точність регулювання обертів залежить від стабільності напруги живлення електродвигуна та якості пасової передачі. Похибка цієї системи становить 0,5%.

Система підігріву складається з електронагрівача, електронної системи регулювання потужності та терморезистора, який вимірює температуру суміші. Нагрівальним елементом у електронагрівачі є електрична спіраль, і будь-які дефекти її виготовлення, наприклад, нерівна товщина, можуть вплинути на точність підігріву. Похибка електронагрівача становить 1,5%. Терморезистор також вносить похибку ($\Delta_{\text{терм}} = 1\%$), оскільки його опір змінюється нелінійно з температурою. На точність роботи електронної системи регулювання потужності впливають стабільність джерела живлення та точність компонентів електричної схеми.

3.3 Розрахунок сумарної похибки

3.3.1 Розрахунок похибки пристрою

В результаті аналізу складових загальної похибки була розроблена схема накопичення сумарної похибки, представлена на рис. 3.2 (ДП.ПНК–01.00.00.003). Ця схема дає загальне уявлення про можливі джерела похибок. Для визначення їх точних значень необхідно під час метрологічних досліджень з'ясувати природу кожної складової, знайти їх числові значення, визначити можливість і доцільність застосування поправок на систематичні похибки, а також встановити закон розподілу випадкових складових. При цьому слід врахувати взаємкореляційні зв'язки між різними складовими. Загальна відносна інструментальна похибка буде визначена за формулою:

де – сумарна відносна похибка покажчика детонації;

– сумарна відносна похибка двигуна внутрішнього згорання.

Загальна відносна похибка показчика детонації дорівнює сумі відносних похибок фільтра низьких частот, попереднього підсилювача, розширювача імпульсів, інтегратора та кінцевого підсилювача, до яких додаються відносні похибки сигналу генератора, стабілізатора та давача детонації. Сумарна відносна похибка показчика детонації обчислюється за формулою:

де відносна похибка стабілізатора;

- відносна похибка сигнал генератора;
- відносна похибка фільтра низької частоти ;
- відносна похибка попереднього підсилювача;
- відносна похибка розширювача імпульсів;
- відносна похибка інтегратора;
- відносна похибка кінцевого підсилювача;
- відносна похибка давача детонації;
- відносна похибка температури навколишнього середовища;

Сумарна відносна похибка двигуна внутрішнього згорання рівна сумі відносних похибок системи підігріву палива, системи зміни числа оборотів, а також механізму випередження запалювання:

де – відносна похибка системи зміни числа оборотів;

- відносна похибка механізму випередження запалювання;
- відносна похибка системи підігріву пального:

де – відносна похибка авторегулятора;

- відносна похибка нагрівача;
- відносна похибка терморезистора.

Розрахували похибку показчика детонації, вона становить 4,39%, похибка системи підігріву палива рівна 0,15%, похибка двигуна внутрішнього згорання дорівнює 1%, загальна інструментальну похибку визначили і вона дорівнює 0,8%:

Розраховуємо загальну похибку пристрою:

$$\Delta = 4,39 + 0,15 + 1 + 0,8 = 6,34\%.$$

Отже, похибка пристрою складає 6,34%.

Висновки до розділу

На основі проведеного аналізу факторів впливу на процес вимірювання визначено основні складові похибки, розроблена сума нагромадження похибок, розраховано сумарну відносну похибку пристрою яка підтвердила доцільність його розроблення

ВИСНОВКИ

Аналіз основних характеристик бензинів, які характеризують їх властивості і визначають їх якість, встановлено, показник, який визначає октанове число бензину, є основним якісним показником. Тому визначення октанового числа, що характеризує детонаційну стійкість бензину, є необхідним при використанні бензину для якісної роботи двигунів. На основі аналізу різних методів вимірювання октанового числа, встановлено, що доцільним є проведення вимірювання на основі декількох методів і порівняння отриманих результатів. Тому, в даній магістерській роботі розроблений пристрій, який дає можливість визначати октанове число і за двома методами: моторним і дослідницьким.

Були проаналізовані фізичні процеси, за якими здійснюється перетворення енергії в двигуні внутрішнього згоряння, а також встановлені параметри, за якими описуються ці процеси. На основі розробленої математичної моделі процесу роботи двигуна внутрішнього згоряння встановлені взаємозалежності між цими параметрами.

Розроблена конструкція пристрою для визначення октанового числа та визначені конструктивні особливості авторегулятора температури, Розроблена удосконалена конструкція магнітострикційного давача для визначення ступеня детонації двигуна.

Розроблена методика проведення вимірювань.

Метрологічний аналіз пристрою встановив доцільність її розроблення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Хімічний склад та показники експлуатаційних властивостей бензинів
https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%80%D1%96%D0%B9%2C%20%D0%A0%D0%B5%D1%87%D1%83%D0%BD/page10.html
2. Тепловий розрахунок двигуна
<https://studfile.net/preview/9792979/page:7/>
3. Параметри процесу впуску та стиснення
<https://studfile.net/preview/5607933/page:2/>
4. Методи визначення октанового числа бензину методи визначення октанового числа бензину
<https://yak.koshachek.com/articles/metodi-viznachennja-oktanovogo-chisla-benzinu.html>
5. Визначення октанового числа розрахунковим методом – студопедія
<https://yak.koshachek.com/articles/viznachennja-oktanovogo-chisla-rozrahunkovim.html>
6. Визначення октанового числа з цифровою панеллю керування ХСР
<https://soctrade.ua/obladnannya/katalog/cfr-f1-f2/>
7. Гурєєв А.А. Автомобільні бензини. Властивості і використання. К. : Нафта і газ, 2016. – 444 с. – ISBN 465-699-1322-421-41.
8. Ємельянов В.Е. Автомобільний бензин. Властивості, асортимент, застосування. – К.: АСТ, 2003. – 383с. – ISBN 954-272-243-534-2.
9. Дяченко В.Г. Теорія двигунів внутрішнього згоряння. К.: Нафта і газ, 2009. – 500с. – ISBN 758-124-254-21-3.
10. Кісіль І.С. Конструювання вузлів вимірювальних приладів [Текст]: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / І.С. Кісіль. – Івано-Франківськ.: Факел, 2004. – 328с. – ISBN 966-694-014-8.
11. Кісіль І.С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань [Текст]: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / І.С. Кісіль. – Івано-Франківськ.: Факел, 2002. – 400с. – ISBN 966-7327-80-9.

Бібліографічна довідка

Тема магістерської роботи : «Розроблення пристрою для комплексного контролю якості бензину та його метрологічний аналіз».

Пояснювальна записка містить : 74 ст., 14 рис., 2 табл., 2 додатки, 11 джерел, 6 аркушів креслень.

Перелік креслень графічної частини:

1. Давач детонації МР.МТТм-23-59.00.00.001
2. Опис процесів в двигуні внутрішнього згоряння МР.МТТм-23-59.00.00.002
3. Зміна тиску в циліндрі в залежності від кута повороту колінчастого валу МР.МТТм-23-59.00.00.003
4. Індикаторна діаграма теоретичного циклу з підведенням теплоти при постійному об'ємі МР.МТТм-23-59.00.00.004
5. Схема нагромадження сумарної похибки МР.МТТм-23-59.00.00.005
6. Коефіцієнт ефективної тепловіддачі голчато-штирьового радіатора в умовах вільної конвекції МР.МТТм-23-59.00.00.006

Дата закінчення виконання магістерської роботи

“ 13 ” 12 2024 р.

_____ Тимчишин І.В.
(підпис)

ДОДАТКИ

Параметри	Моторний метод	Дослідницький метод
1	2	3
1. Число оборотів двигуна	900 ± 9 об/хв.	600 ± 6 об/хв.
2. Степінь стиснення	Від 4 до 10	Від 4 до 10
3. Кут випередження запалювання	Встановлюється автоматично в залежності від показань індикатора ступеня стиснення М 26° до ВМТ при М=9,6 24° до ВМТ при М=12,3 22° до ВМТ при М=14,9 20° до ВМТ при М=17,6 19° до ВМТ при М=18,9 18° до ВМТ при М=20,2 17° до ВМТ при М=21,6 16° до ВМТ при М=22,9 15° до ВМТ при М=24,2	Постійний 13° до ВМТ в такті стиснення
4. Зазор між електродами свічки запалювання	0,5 ± 0,1 мм	0,5 ± 0,1 мм
5. Зазор між штоками і коромислом клапанів на прогрітому двигуні	0,20 ± 0,05 мм	0,20 ± 0,05 мм
6. Мастило	МС-20 ГОСТ 1743-76	МС-20 ГОСТ 1743-76
7. Тиск мастила в магістралі під час роботи двигуна	(1,96 ± 0,3) · 10 ⁵ Па (2,00 ± 0,3 кгс/см ²)	(1,96 ± 0,3) · 10 ⁵ Па (2,00 ± 0,3 кгс/см ²)
8. Температура мастила в картері	60 ± 10°С	60 ± 10°С
9. Температура охолоджуючої рідини	100 ± 2°С	100 ± 2°С
10. Температура повітря в карбюраторі	50 ± 5°С	52 ± 1°С

1	2	3
11. Вологість повітря що всмоктується	3,5-7,0 г/кг Забезпечується пропусканням повітря через шар льоду що тоне 149 ± 1°С	3,5-7,0 г/кг Забезпечується пропусканням повітря через шар льоду що тоне Не фіксується
12. Температура паливо-повітряної суміші		
13. Склад паливо-повітряної суміші	Встановлюється на максимальну інтенсивність детонації	Встановлюється на максимальну інтенсивність детонації
14. Інтенсивність детонації	Стандартна (55 ± 3 поділки по показнику детонації)	Стандартна (55 ± 3 поділки по показнику детонації)

