

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.АТ - 35.00.00.000 ПЗ

Група АТм – 24-2

Семенюк Олександр

2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Міністерство освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Семенюк Олександр Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 653.13.07

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: «Дослідження параметрів роботи ДВЗ від зміни кута випередження запалювання»

(назва роботи)

Автомобільний транспорт

(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Криштопа Святослав Ігорович

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Криштопа С.І.

(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 – 2025

Інститут інженерної механіки
Кафедра автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: „Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завкафедрою АТ

_____ С.І. Криштопа
„_____” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Магістр _____ Семенюк Олександр Ярославович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові)

- Тема проекту:** «Дослідження параметрів роботи ДВЗ від зміни кута випередження запалювання»
затверджена наказом по університету від _____ № _____
- Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 21.12.2025 р.
- Вихідні дані до проекту: Покращення використання гідравлічних рульових підсилювачів нафтогазового технологічного транспорту.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
Вступ. 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ. 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА. 3. МЕТОДИКА, ДІАГНОСТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. 4. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
- Перелік аркушів презентаційного графічного матеріалу:
 - Тема МР
 - Електронні елементи системи управління двигуном
 - Діагностичне обладнання для визначення зміни кута випередження запалювання
 - Електронне регулювання кута випередження запалювання
 - Теоретичні дослідження теплового балансу двигуна за коректного і некоректного кутів випередження запалювання.
 - Дослідження взаємозв'язку кута випередження запалювання із робочими характеристиками бензинового двигуна
 - Характеристики бензинового двигуна за зміни кута випередження запалювання
 - Інтерфейс програмного забезпечення «ЕЛЕКТЮД»
 - Результати досліджень
 - Порівняльний тепловий баланс бензинового двигуна
 - Висновки

Керівник _____ /С. Криштопа/
Особистий підпис Розшифровка підпису

Завдання прийняв до виконання _____
Особистий підпис Розшифровка підпису

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи на тему: «Дослідження параметрів роботи ДВЗ від зміни кута випередження запалювання» складається із 76 аркушів формату А4, на яких містяться 5 розділів, 7 таблиць, 25 рисунків.

Описано методику проведення комп'ютерної діагностики автомобіля з електронним блоком керування за використання віртуального середовища «Electude».

Розраховано тепловий баланс бензинового двигуна за некоректно встановленого електронним блоком керування кута випередження запалювання.

Представлено обладнання, для комп'ютерної діагностики автомобіля, комплектованого інжекторним двигуном.

Доведено, що положення кута випередження запалювання по циліндрах, суттєво залежить від швидкісного режиму бензинового двигуна.

Описано заходи, спрямовані на забезпечення безпеки праці під час проведення комп'ютерної діагностики автомобіля в режимі холостого ходу та під час його руху.

Розраховано економічні витрати, в процесі переходу двигуна на аварійний режим роботи, що склали близько 23578,83 грн./рік.

Ключові слова: кут випередження запалювання, двигун внутрішнього згорання, тепловий бензинового двигуна, комп'ютерна діагностика автомобіля.

THE ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis on the topic: "Study of the parameters of the internal combustion engine from changing the ignition advance angle" consists of 76 sheets of A4 format, which contain 5 sections, 7 tables, 25 figures.

The method of conducting computer diagnostics of a car with an electronic control unit using the virtual environment "Electude" is described.

The heat balance of a gasoline engine is calculated with an incorrectly set ignition advance angle by the electronic control unit.

The equipment for computer diagnostics of a car equipped with an injection engine is presented.

It is proved that the position of the ignition advance angle in the cylinders significantly depends on the speed mode of the gasoline engine.

Measures aimed at ensuring occupational safety during computer diagnostics of a car in idling mode and while it is moving are described.

The economic costs during the transition of the engine to emergency operation mode were calculated, which amounted to about 23578.83 UAH/year.

Keywords: ignition advance angle, internal combustion engine, thermal gasoline engine, computer diagnostics of the car.

ЗМІСТ

| | с. |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ | 9 |
| 2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА | 24 |
| 3 МЕТОДИКА, ДІАГНОСТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 35 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ..... | 45 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... | 55 |
| ВИСНОВКИ..... | 58 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 60 |
| ДОДАТКИ. ПРЕЗЕНТАЦІЯ..... | 62 |

| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|---------|
| Змін | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Семенюк О. | | | Дослідження параметрів роботи ДВЗ від зміни кута випередження запалювання | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Криштопа С.І. | | | | | 5 | 76 |
| Реценз. | | | | | | ІФНТУНГ, АТм-24-2 | | |
| Н. контр. | | Прунько І.Б. | | | | | | |
| Затверд. | | Криштопа С.І. | | | | | | |

ВСТУП

На початку XXI століття спостерігається подальший розвиток автомобілебудування у багатьох країнах світу. Видатні компанії все частіше розміщують свої виробництва у розвинутих країнах Європи, Азії та інших континентах. Протягом цього часу, ведеться інтенсивна конкурентна боротьба за забезпечення автомобілів надійністю, тривалістю, економічністю та екологічністю. Тому конструктори постійно працюють над покращенням деталей, вузлів, агрегатів та систем, щоб відповідати зростаючим вимогам до об'єктів виробництва. Вони широко використовують найновіші досягнення науково-технічного прогресу в галузі матеріалів та технологій, які забезпечують якість та технічні характеристики всіх вузлів та елементів автотранспортних засобів.

За останні роки, розвиток електроніки та мікропроцесорної техніки привів до змін і покращень у багатьох системах автомобілів. Особливою це стосується системи керування двигуном. Традиційні автомобільні системи, такі як батарейне запалювання і переривач-розподільник, замінені на нові системи безпосереднього впорскування палива та безконтактного запалювання. Робота цих систем забезпечується, за допомогою електронних блоків керування та різних датчиків, що контролюють складні процеси, які відбуваються під час роботи двигуна та його систем. Крім того, електронні блоки керування проводять самодіагностику, що полегшує виявлення та усунення несправностей.

Використання електроніки в системах керування двигуном дозволяє отримати оптимальну суміш (паливо-повітря) на всіх режимах роботи двигуна, що покращує його динаміку та економічність, а також знижує кількість викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище.

На сьогоднішній день, електронні системи використовується майже у всіх галузях техніки [4]: робототехніка; устаткування для автоматизації технологічних процесів; військова техніка; автомобілебудування та багатьох інших галузях.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Електронне управління автомобілем, забезпечується завдяки сукупності електронних елементів та систем, що керуються електронними блоками управління.

Автомобільна електроніка ґрунтується на застосуванні: фізики, механіки, гідротехніки, електрики, загальної теорії управління, інформатики, технології давачів та виконавчих механізмів. Саме, завдяки електронній системі інтегрується широкий спектр завдань для покращення характеристик автотранспортного засобу, а саме: безпечного руху, паливної економічності, комфортності керування, оптимізації реакцій та ваги трансформуючих елементів автомобіля та багато інших функцій.

Існують конкуруючі поняття – виконавчі (виконуючі) пристрої [4] і виконавчі механізми. Як визначити фізичні границі електронної системи і складових мехатронних об'єктів? Деякі автори додержуються установки, що електронна система, це система керування до складу якої входять електромеханічні перетворювачі (виконавчі пристрої, мехатронні модулі). Дехто вважає, що електронна система - це сукупність електронної системи керування з засобами моніторингу виконавчих механізмів.

Відповідно, що до електронного керування кутом випередження запалювання (тобто вчасного займання робочої суміші у циліндрах двигуна), даний процес суттєво залежить від частоти обертання колінчастого валу та температурного режиму бензинового двигуна. Дані показники, під час експлуатації автомобіля (за різних дорожніх умов), можуть зазнавати збоїв, що у подальшому двигун починає працювати у аварійному режимі, викликаючи тим самим, збільшену норму споживання палива та підвищення викидів отруйних речовин у навколишнє середовище.

Тому, своєчасна комп'ютерна діагностика електронного блоку керування, дасть можливість вчасно відновити якісну роботу електронних елементів та належну експлуатацію автомобіля.

Метою кваліфікаційної роботи, є дослідження зміни кута випередження запалювання, залежно від частоти обертання і температурного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

режиму двигуна з електронним блоком керування (ЕБК).

Необхідно:

1. Дослідити літературні джерела, стосовно електронних систем керування двигунами.
2. Розрахувати тепловий баланс бензинового двигуна за неякісно скорегованого кута випередження запалювання.
3. Отримати результати досліджень зміни кута випередження запалювання від дії зовнішніх факторів.
4. Представити техніку безпеки та змодельовати попереджувальні випадки з охорони праці.
5. Розрахувати економічні втрати, у випадку переходу двигуна у аварійний режим роботи.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Особливості електронних систем керування автомобілем

Електронні системи управління двигуном використовуються для керування роботою двигуна автомобіля або іншого транспортного засобу. Вони включають в себе різні електронні елементи, такі як: датчики, керуючі пристрої, блоки управління й інші.

Основна функція електронної системи управління двигуном, полягає в контролі і регулюванні параметрів роботи двигуна: подача палива, час запалювання, оберти колінчастого валу та інші.. Це дозволяє забезпечити оптимальну роботу двигуна внутрішнього згоряння з максимальною ефективністю й найнижчим рівнем викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Електронна система отримує інформацію від різних датчиків, що вимірюють: оберти колінчастого валу, температуру охолоджуючої рідини, тиск палива й інші. Ці дані обробляються блоком управління, який у подальшому приймає рішення про зміну параметрів роботи і передає необхідні електричні імпульси до керуючих пристроїв.

У свою чергу, керуючі пристрої відповідають за оптимізацію параметрів роботи двигуна, що ґрунтується на основі отриманих від блоку управління сигналів. Тобто, керуючі елементи, мають здатність керувати подачею палива (регулювання впорскування рідинного палива) або керувати функціонуванням системи запалювання, яка визначає момент запалювання паливно-повітряної суміші у циліндрі двигуна.

Блок управління, який входить до складу електронної системи управління двигуном, відповідає за обробку та аналіз інформації, отриманої від датчиків, і приймає рішення щодо необхідних змін параметрів роботи автомобіля. Він розроблений з використанням спеціалізованих комп'ютерних програм, які забезпечують його функціонування.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | 9 | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Ця система управління, дозволяє покращити роботу двигуна, зменшити споживання палива, забезпечити найефективніше функціонування двигуна в різних умовах і знизити рівень викидів шкідливих речовин у атмосферу. Крім того, вона спрощує процес діагностики та обслуговування автомобіля, завдяки вбудованим системам контролю [15]-[21].

1.2 Основи діагностики електронних систем автомобіля

Методи діагностики автомобілів, їх агрегатів і вузлів можуть бути розподілені відповідно до способу зміни та фізичної сутності діагностичних параметрів, які використовуються, залежно від мети та глибини діагностики. Серед цих методів, слід відзначити використання технічного обладнання, яке створює імітацію різних режимів руху та навантаження автомобіля для визначення вихідних параметрів за певних умов.

Крім того, існують методи, що оцінюють герметичність робочих об'ємів, засновані на об'єктивній оцінці геометричних параметрів при статичному навантаженні.

1.3 Характеристика датчиків і виконавчих пристроїв

Перелік деяких основних датчиків електронної системи управління двигуном [15], представлено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Електронні датчики двигуна з ЕБК:

а – кількості обертів колінчастого валу; б – розподільчого валу; в – детонації;
 г – швидкості руху транспортного засобу; д – кількості кисню; е – кількості повітря у впускній магістралі; ж – положення дросельної заслінки; к – температури двигуна; л – вакууметричного тиску у впускній магістралі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Давачі можна поділити, залежно від принципу їхньої роботи, на пасивні і активні. Пасивні давачі вимагають зовнішнього електроживлення, тоді, як активні давачі, самі генерують електричний сигнал.

Для прикладу, давач положення колінчастого валу, рис. 1.2 (а), являється активним давачем індукційного типу, який використовує інкрементне вимірювання. Він активується, завдяки обертанню зубчастого вимірювального диска, пов'язаного з колінчастим валом.

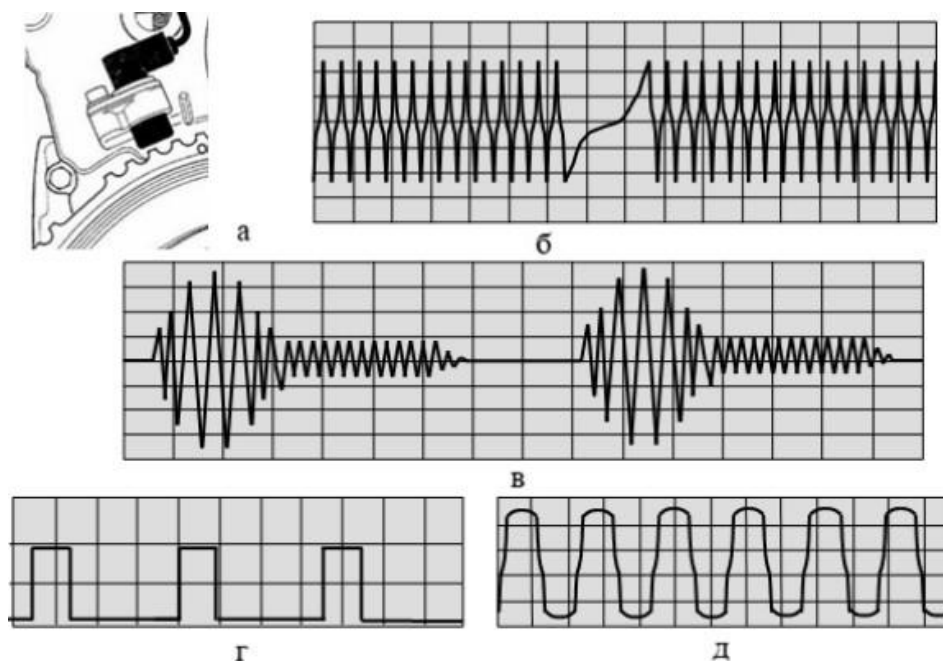


Рисунок 1.2 – Електричні імпульси давачів [12]:

а – зв'язок давача положення колінчастого валу із зубчастим диском; б – форма сигналу давача КВ; в – сигнал явища детонації; г – форма сигналу швидкості руху автомобіля; д – електричний сигнал кількості кисню у відпрацьованих газах

Давач встановлено з відстанню приблизно 1 мм від зубців диска. Диск налічує 60 виступів, що розділяються на шість градусних інтервалів, із двома відсутніми зубцями. Така конструкція диска веде до генерації 58 імпульсів знакозмінної напруги на один оберт колінчастого валу, як сигнал кутового положення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Крім того, вона дозволяє виявити подвійний період сигналу, коли давач проходить через зону диска з відсутніми зубцями (див. рис. 2.2 б).

Відповідно, синхронізуючий сигнал співпадає з положенням поршня у верхній мертвій точці. В такий спосіб, сигнал від датчика положення колінчастого валу надає інформацію про частоту обертання колінчастого валу, його кутове положення (положення поршня) та момент проходження поршнем першого циліндра ВМТ. Частота та амплітуда імпульсів сигналу датчика пропорційні частоті обертання колінчастого валу та кількості зубців на вимірювальному диску, і визначені в певних значеннях у швидкісному діапазоні двигуна [3]-[8].

У деяких системах керування, в якості ДПКВ, використовуються оптичні (фотоелектричні) давачі або давачі на основі цифрових мікросхем Холла. Давач положення розподільного валу, побудований на основі цифрової мікросхеми Холла з відкритим колектором на виході. Використовується для ідентифікації положення першого циліндра (тобто відрізнити ВМТ парних циліндрів) в системах керування з індивідуальними котушками запалювання або фазованими форсунками впорскування палива у двигуні внутрішнього згорання. Давач в основному розміщений у верхній частині біля випускного розподільного валу, де на шківі є магнітна пластина, яка активізує сам давач. До давача подається напруга живлення $U = 5...18$ В, а від нього, знімається вихідний сигнал двох рівнів $U_c = 4,9/0,1$ В.

Давачі колінчастого і розподільного валів спільно налаштовані так, що наявність імпульсу від ДПРВ під час проходження синхронізуючого сигналу від давача колінвалу вказує на ВМТ першого циліндра, в той час як відсутність імпульсу від ДПРВ вказує на ВМТ парного (четвертого) циліндра.

Давач детонації (ДД), п'єзоелектричний, розміщується у верхній частині блока циліндрів бензинового двигуна внутрішнього згорання. У

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

випадку надмірної вібрації двигуна, давач генерує електричні імпульси (див. рис. 1.2, в), рівень яких (значення напруги) підвищується, під час інтенсивніших детонаційних процесів.

Амплітудні значення напруги сигналу не перевищують $U_C < 10$ В а за наявності детонаційних процесів становлять не менше, ніж $U_C > 1$ В.

Давач швидкості руху автомобіля - роторний за конструкцією, в основі якого є цифрові мікросхеми Холла (ансамбль Холла). Статор давача закріплений на штуцері коробки передач, а сам ротор контактує із приводним тросиком спідометра. До нього, подається стабілізована напруга $U = 5$ В, відповідно від нього, отримується цифровий вихідний сигнал з параметрами амплітуди $U_C = 4,9$ В та розрізненістю імпульсів (див. рис. 1.2, г). Частота імпульсів сигналу давача пропорційна швидкості обертання передніх коліс.

Давач кількості кисню, принцип роботи якого базується на електрохімічних процесах (активний), застосовується у системах управління зворотнім зв'язком, для контролю надлишку повітря у паливній суміші. Він встановлюється на приймальній трубі глушника і може бути обладнаний вбудованим обігрівачем, для підвищення активності електрохімічних реакцій.

Сигнал від давача, регулюється за рівнем напруги на його виході, яка залежить від парціального тиску кисню у випускних газах. За роботи двигуна на багатій суміші ($\alpha < 1$), на виході давача створюється стала напруга високого рівня $U_C = 0,7 \dots 1,0$ В. Коли переходять на суміш із зайвим паливом ($\alpha > 1$) і підвищується парціальний тиск кисню - вихідна напруга давача різко знижується до рівня $U_C = 0,05 \dots 0,1$ В. Дана різка зміна напруги (див. рис. 2.2, д) дозволяє визначити стехіометричний склад паливної суміші і генерує періодичний сигнал.

У різних системах управління, можуть використовуватися давачі кисню на основі хімічної резистивності або термоелектричного принципу, в основі яких можуть бути цирконієві або титанові перетворювачі, що

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

різнятися за наявністю виводів.

Давач масової витрати повітря, термоанемометричний і пасивний за природою сигналу, розташований між повітряним фільтром і впускною магістраллю. Він об'єднує у собі терморезистори та нагрівальний елемент, що утворюють вимірювальний міст. У процесі збільшення витрати повітря, напруга у активних елементах розбалансовується і підсилюється електронікою.

Давач від'єднується до стабілізованої напруги $U_{\text{д}} = 5,0$ (для живлення вимірювальної частини і бортової мережі $U_{\text{б}} = 12,6$ В для живлення нагрівального елемента). Сам рівень сигнальної (вихідної) напруги давача змінюється пропорційно витраті повітря.

Для систем Motronic, можуть встановлюватися термоанемометричні масметри, у яких робочим елементом є чутлива пластина, що створює частотно-імпульсний вихідний сигнал. У простіших системах керування, використовуються витратоміри потенціометричного виду з повітряною заслінкою або витратоміри лопатного типу. У більш передових системах, використовують вихрові інфрачервоні масметри повітря.

Давач положення дросельної заслінки, є потенціометричним (поворотній), розташований на бічній стороні дросельного патрубку. Механічно контактує з віссю дросельної заслінки і живиться від стабілізованої напруги $U_{\text{д}} = 5$ В. Вихідна напруга залежить від кута повороту дросельної заслінки у діапазоні від 0,3 до 4,6 В.

Граничне значення напруги – закриті положення (0% відкриття) або повністю відкрите - 100% відкрите положення дросельної заслінки. У деяких системах керування двигуном, використовують давачі оптоелектронного виду (з кодуєчим диском). Такі давачі використовуються у електронних системах керування газом (для визначення положення педалі акселератора).

Давач температури охолоджуючої рідини, працює за допомогою термістора з негативним температурним коефіцієнтом опору. Встановлюється у впускному патрубку головки циліндрів та живиться

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

напругою від стабілізатора 5 В, через обмежувачий резистор. Опір давача, являється показником вимірювання температури двигуна, що формує вихідну напругу від 0,7 до 4,9 В, залежно від зміни температури.

До переліку складових виконавчих пристроїв комплексних систем управління двигуном внутрішнього згоряння, в першу чергу слід віднести наступні елементи: котушки системи запалювання, форсунки, регулятори обертів холостого ходу, електроклапани різних призначень, електродвигуни вентиляторів системи охолодження і бензонасоси.

Сучасні системи управління запалюванням використовують котушки, які у свою чергу забезпечують розподіл високої напруги по свічках запалювання, рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Котушки запалювання для сучасних ДВЗ [17]: а – модуль запалювання; б - двовиводні; в – індивідуальні для СОР систем; г – інтегровані котушки запалювання.

Системи з холостим запалюванням використовують котушки і модулі з двома та чотирма виводами. Індивідуальні котушки незалежно керують запалюванням в кожному циліндрі з фіксованим часом накопичення енергії.

Котушки з рампами дозволяють використовувати обидва варіанти керування запалюванням та ефективно охолоджують обмотки трансформатора. На відміну від попередніх двох варіантів, у останніх відсутні високовольтні провідники, що знижує рівень електромагнітних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

перешкод.

Модуль запалювання, відповідно до котушок, включає в себе моноблок транзисторних ключів (переривників). У таких модулях, окрім напруги живлення первинної обмотки $U_{ж}=12$ В, використовуються сигнальні імпульси керування виконавчими транзисторами $U_{с}=5$ В.

Паливні форсунки для бензинових двигунів внутрішнього згорання виконують процеси дозування та розпилу палива по циліндрах. Вони представляють собою електромагнітні клапани з голчастим запірним елементом в паливній магістралі. Сама конструкція форсунок може відрізнитися залежно від типу системи впорскування, рис. 1.4.



Рисунок 1.4 - Паливні форсунки різного типу впорскування [13]: а – центральні; б – розподільні; в - безпосередні; г – для подачі газу.

Центральні паливні форсунки зі збільшеним діаметром корпусу (див. рис. 1.4, а), що слугує для зберігання додаткового обсягу палива під час його розпилення під великим навантаженням двигуна. Масова кількість палива надходить і розподіляється у магістралі через бокові отвори.

У системах багатоточкового впорскування, на відміну від центрального, кількісний об'єм палива утримується в рампі і розподіляється до кожної форсунки. Вхідна подача палива подається до штуцера, через верхній торець корпусу (див. рис. 1.4, б).

Для систем безпосереднього впорскування бензину в циліндри двигуна, необхідний подовжений хвостовик сопла (див. рис. 1.4, в).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Особливістю газової форсунки являється її скорочений корпус і зменшений діаметр хвостовика (див. рис. 1.4, г). В основному, форсунки газобалонного обладнання встановлюються у пакетах з характерними отворами в нижній частині корпусу, для подачі газу в форсунку. Усі вони керуються комунікаційним струмом в їхніх обмотках, за допомогою ключових драйверів (відключення масового проводу) за напруги живлення бортової мережі $U_{ж}=12$ В.

Виробництво двигунів внутрішнього згорання поділяється на декілька основних напрямків: підвищення екологічних характеристик, пального ресурсу і ефективності використаного продукту[10]. За перевантаження і використання неякісного палива, виникає явище детонації, що сприяє вибуховому згоранні паливно-повітряної суміші. Також даний процес може виникати, при підвищеній температурі в камері згорання, раннє відкриття клапанів, високі навантаження при низьких обертах колінчастого валу і багато інш.

Детонація може призвести до зниження крутного моменту та збільшення навантаження на спряжені деталі двигуна, приводячи його до відмови. Для боротьби з детонацією, часто використовуються методи, такі, як зменшення кута випередження запалювання, зменшення навантаження на двигун і підвищення детонаційної стійкості палива. Використання палива з вищим октановим числом, яке забезпечує більшу стійкість до детонації, може призвести до збільшення витрат палива. Використовуючи альтернативні палива, можна досягти більшу детонаційну стійкість, навіть порівняно з високооктановим бензином, а також гнучке керування кутом випередження запалювання.

Більшість сучасних систем запалювання, використовують принципи теорії автоматичного регулювання. Головним критерієм в таких системах, є відсутність детонації в робочому режимі двигуна за обов'язкового дотримання норм, щодо викидів отруйних газів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Електронна система постійно коригує кут випередження запалювання, відповідно до сигнальних імпульсів від давача зі зворотнім зв'язком.

Зазвичай давачі детонації, що встановлюються на двигуни, налаштовані на частоту 5-8 кГц, що забезпечує його максимальну чутливість. Системи працюють наступним чином: Блок керування двигуном, встановлює свій базовий кут випередження запалювання (для кожного навантаження та числа обертів за відповідною специфікацією). Якщо давач детонації не фіксує виникнення детонації, система збільшує кут випередження запалювання на один дискретний крок у сторону кута на «+». Це призводить до збільшення потужності та зниження витрат палива.

Кожне наступне збільшення кута випередження, проводиться в кожному робочому циклі на один дискретний крок. Якщо внаслідок збільшення кута випередження запалювання, в одному або декількох циліндрах виникає явище детонації, то даний процес фіксується давачем. Отримавши сигнали від давача детонації, блок управління вже до наступного такту стиску в цьому циліндрі зменшує кут випередження запалювання близько на 1° - 2° положення колінчастого валу.

А у циліндрі, де детонація відсутня, кут випередження запалювання залишається незмінний, що був раніше. Цей алгоритм дозволяє системі реагувати на виникнення детонації та забезпечувати максимальну потужність, зменшуючи при цьому витрати палива, рис. 1.5.

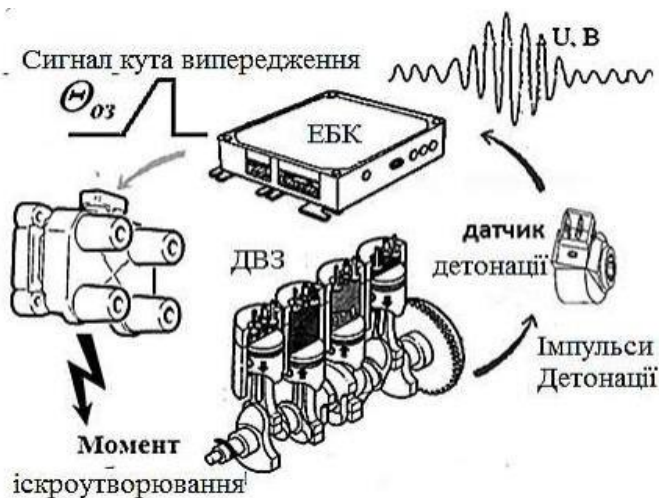


Рисунок 1.5 – Електронне регулювання кута випередження запалювання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

Якщо виникає детонація під час згорання паливно-повітряної суміші, електронний блок керування зменшує кут випередження запалювання ще на один крок у тому самому циліндрі. І лише після того, як детонація більше не проявляється протягом кількох послідовних тактів, блок починає поступово повертати значення кута до значень, збережених у базовій "матриці". Цей процес відбувається дуже повільно і з невеликими ($0,2^{\circ}$ – $0,3^{\circ}$ п.к.в.) збільшеннями [8]. Тобто, існує постійний цикл коригування детонації електронним блоком керування.

Однак можливості таких систем не є необмеженими. Тому під час експлуатації необхідно утримувати октанове число палива близько до рекомендованого заводом-виробником [3,4,5].

Коли вивчатимуться палива різних видів під час стендових або дорожніх випробувань, включаючи палива з різним октановим числом, це однозначно призведе до відхилень у величині зсуву кута випередження запалювання від вищенаведеного алгоритму. Виміри цих зсувів, а також значення кута, який автоматично коригується, разом із випередженням запалювання на конкретному паливі, допоможуть побічно оцінити якість палива.

Для забезпечення можливості розрахунків кута випередження запалювання необхідно встановити синхронізацію між опорними імпульсами фазного датчика положення розподільчого валу та верхньою мертвою точкою першого циліндра. Ця синхронізація може бути встановлена один раз для випробуваного двигуна перед початком випробувань. Щоб встановити чіткий зв'язок між верхньою мертвою точкою та фазним датчиком, здійсніть вимір тиску в першому циліндрі та вимір моменту імпульсу на датчику розподільчого валу. Також оцініть положення верхньої мертвої точки в першому циліндрі, записавши діаграму стиску та розширення в цьому циліндрі під час роботи на холостому ході з використанням датчика тиску, який тимчасово встановлюється в перший циліндр замість свічки запалювання [12].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Максимальне значення тиску, яке спостерігається в кінці такту стиску, відповідає верхній мертвій точці цього циліндра. Значення верхньої мертвої точки для інших циліндрів можна обчислити, враховуючи послідовність роботи циліндрів 1–3–4–2 [2] та положення колінчастого валу. Після проведення одноразового калібрування положення верхньої мертвої точки, кутовий зсув імпульсу з давача фази вважається постійною величиною протягом всього тестування на даному двигуні.

Повторне калібрування може бути необхідним, лише в разі використання іншого двигуна для тестування. У попередніх випробуваннях використовувався автомобіль на бігових барабанах, і зміни кута випередження запалювання проводилися під час тестової поїздки. Під час розгону, різко натискалась педаль екселератора. На рис. 1.6, зображено обладнання, для проведення досліджень зміни кута випередження запалювання сучасного двигуна.

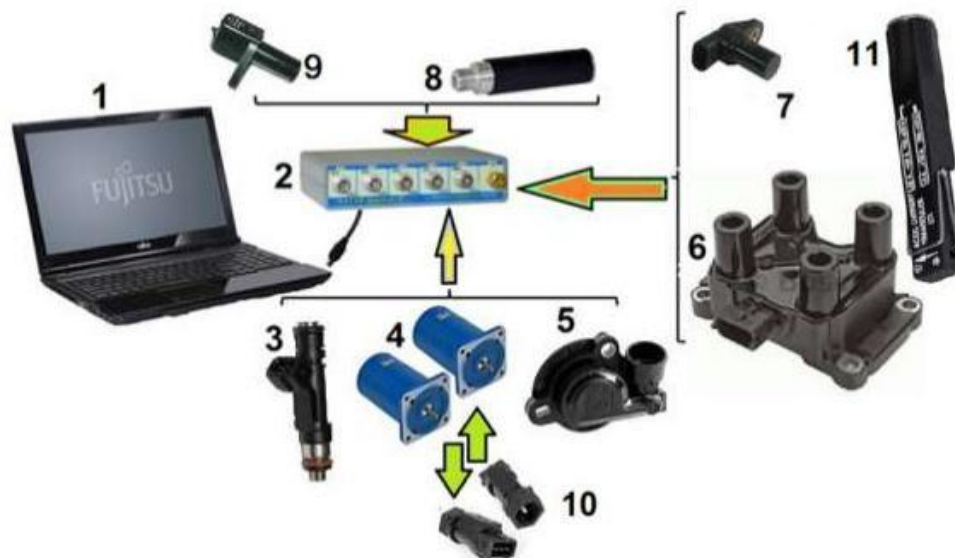


Рисунок 1.6 – Діагностичне обладнання та електронні елементи, що впливають на зміну кута випередження запалювання: 1 – персональний комп’ютер; 2 – осцилограф; 3 – електромагнітна форсунка; 4 – тахогенератори; 5 – давач положення дросельної заслінки; 6 – котушка запалювання; 7 – давач розподільчого валу; 8 – давач тиску газів у циліндрі; 9 - давач положення колінчастого валу; 10 – давач швидкості; 11 – струмові кліщі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

На рис. 1.7, відображені результати тестового розгону на бігових барабанах під навантаженням. Відбулося підвищення тиску і температури в циліндрі двигуна в момент початку розгону [16]. Проте антидетонаційних властивостей бензину було недостатньо для того, щоб ефективно запобігти детонації в цей момент.

При виникненні детонації, відбулися корективні зсуви кута випередження запалювання в більш пізні положення, як це видно на діаграмі. Початково зсув становив від -24° , до верхньої мертвої точки до $+6^\circ$ п.к.в. від ВМТ, що в сумі склало величину зворотного "відскоку" кута в 30° п.к.в. У загальному, сталося сім послідовних зсувів і повернень кута випередження запалювання (приблизно сім циклів зсувів при виникненні детонації), і остання величина зсуву становила від -28° п.к.в. до ВМТ до -12° п.к.в. від ВМТ, що в сумі склало корекцію кута в 16° .

Таким чином, дана робота засвідчила [12], що система захисту від детонації спрацювала, і бензин, який був випробовуваний, не повністю проявив свої антидетонаційні властивості в цьому двигуні.

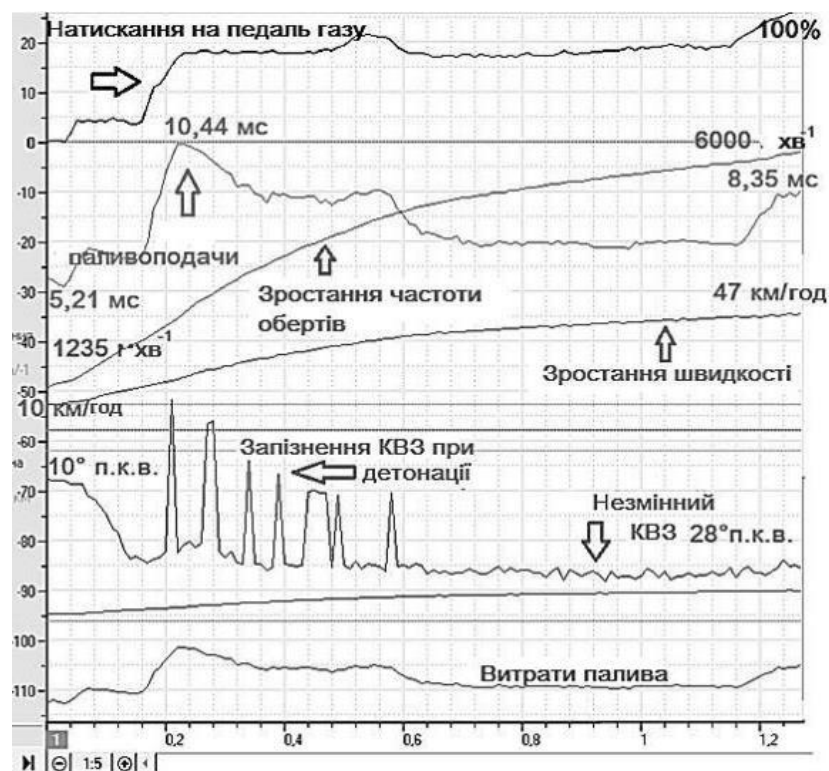


Рисунок 1.7 – Результати зміни кута випередження в режимі розгону автомобіля

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Під час випробувань тривалість сигналу для керування форсункою постійно вимірюється і конвертується у розхід палива. Інші параметри визначаються наступним чином: поперечний перетин форсунки визначається при оцінці кожної форсунки на стенді.

Густина палива вказується у супровідній документації для бензину (якщо тестуються різні сорти бензину, включаючи експериментальні) або визначається в лабораторних умовах. Для приблизних обчислень можна прийняти значення 750 г/дм³.

Різниця тиску є сталою величиною (для систем із зворотним потоком і регулятором тиску). Визначення циклової подачі і розходу палива, необхідне для відокремлення детонації від надмірного розрідження паливової суміші, що виникає внаслідок несправностей в системі подачі палива, і відокремлення детонації, спричиненої неправильним вмістом антидетонаційних присадок і неправильним октановим числом, включаючи відповідні значення саме для даного двигуна при різних умовах роботи і різних навантаженнях.

Розрахунок витрати палива, отриманого шляхом конвертації тривалості впорскування, представляє собою масову або об'ємну величину за одиницю часу. Проте під час тестування транспортних засобів, модифікації або оновлення системи подачі палива та різних видів бензину, витрату палива слід розраховувати в стандартному обсязі літрів на 100 кілометрів і фіксувати швидкість автомобіля та передачу, при якій ці витрати досягається. Для цього паралельно з тривалістю впорскування вимірюється швидкість руху транспортного засобу.

Залежно від того, чи використовуються випробування на стенді або на дорозі, спосіб виміру миттєвої швидкості значно відрізняється. Під час стендових випробувань бігові барабани на стенді обладнані власними давачами обертання барабана. Під час дорожніх випробувань, використовуються тахогенератори, встановлені на валах барабана, а не на автомобілі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Тахогенератори можуть бути встановлені на всі чотири барабани (передні та задні колеса - для повнопривідних автомобілів) або тільки на одну пару барабанів (для задніх коліс). Помилки, в цьому випадку можуть виникати через ковзання шини відносно барабана при різкій зміні швидкості автомобіля, що слід враховувати під час вимірів. Вихідний сигнал тахогенератора є аналоговим і має пропорційну залежність між кількістю обертів вала тахогенератора та величиною вихідної напруги. За відомим динамічним радіусом колеса автомобіля і діаметром барабана, легко розраховується коефіцієнт конвертації напруги тахогенератора в швидкість автомобіля та встановлений кут випередження запалювання [12].

Аналізуючи літературні джерела, стосовно проведення технічного і комп'ютерного діагностування бензинових двигунів з ЕБК, можна цілком стверджувати, що більшість досліджень проводились на використанні різних палив за змінних навантажень, що відповідно відображається на зміні кута випередження запалювання. А це - ймовірне виникнення явища детонації, що веде до перевитрат палива та скорочення експлуатаційного ресурсу двигуна (тобто проводились дослідження на предмет оптимізації даних процесів).

Висновки до розділу 1

Техніко-економічне обґрунтування літературних джерел, на предмет дослідження зміни кута випередження запалювання в процесі роботи бензинових двигунів, в основному брались до уваги навантажувальні характеристики.

Для оптимізації процесів, прийнято рішення, встановити залежність зміни кута випередження запалювання від температурного режиму і обертів двигуна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження теплового балансу двигуна за коректного і некоректного кута випередження запалювання

Якісне підготування і спалювання робочої суміші в камерах згорання залежать від декількох факторів, включаючи:

1. Вчасні та швидкі зміни робочих процесів: Оптимальний момент впорскування палива та відкриття клапанів впуску і виводу відпрацьованих газів впливає на якість спалювання.

2. Стан і параметри циліндро-поршневої групи: Наявність подряпин, стан спряжених елементів або інших дефектів в циліндрі, поршні, кільцях і шатунах може впливати на ефективність згорання.

3. Якість роботи системи охолодження: Правильне охолодження двигуна важливо для забезпечення оптимальної температури під час спалювання і запобігання перегріву.

4. Електронна система запалювання: Точний момент спалювання і належний іскровий зазор впливають на спалювання робочої суміші.

5. Вчасність подачі впускного повітря в необхідній кількості: Правильне співвідношення повітря і палива важливо для ефективного спалювання.

Розрахунок теплового балансу бензинового двигуна проводиться в умовах аварійного режиму роботи (не належно встановлений момент спалювання). Отримані значення теплового балансу дозволять в подальших дослідженнях, визначити економічні і екологічні показники.

Для цього необхідно визначити загальну кількість тепла Q ДВЗ, що виділяється після спалювання робочої суміші [14].

$$Q = Q_n \cdot G_n, \text{ кДж/год} \quad (2.1)$$

де Q_n - нижня питома теплота згорання палива, кДж/кг;

G_n - годинна витрата палива, кг/год.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Годинну витрату палива отримаємо, як добуток ефективної потужності N_e , і питомої витрати палива g

$$G_{\Pi} = N_e \cdot g. \quad (2.2)$$

Ефективна теплота газів Q_e , визначиться:

$$Q_e = 3600 N_e \quad (2.3)$$

Теплота g_e , яка витрачається на корисну роботу, отримається

$$g_e = \frac{Q_e}{Q} \cdot 100 \% \quad (2.4)$$

Теплоту Q_B , витраченої у навколишнє середовище, отримаємо за виразом:

$$Q_B = C \cdot i \cdot D^{23} \cdot n^{0,65} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot 3,16, \text{ кДж/год} \quad (2.5)$$

де C – коефіцієнт втрат ($C = 0,45 \dots 0,55$) [14];

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

n – к-сть обертів колінчастого валу, об/хв;

α – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплота g_B , що відводиться системою охолодження у двигуні з іскровим запалюванням, буде мати вигляд:

$$g_B = \frac{Q_B}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.6)$$

Теплота Q_r , що витрачається з відпрацьованими газами.

$$Q_r = C_p \cdot (T_r - T_{o.c.}) \cdot (G_{\text{пов.}} - G_{\Pi}), \text{ кДж/год} \quad (2.7)$$

де C_p – середня теплоємність відпрацьованих газів, $C_p = 1,43$ кДж/кг град;

T_r і $T_{o.c.}$ – температури газу і охолоджуючого середовища, К;

$G_{\text{пов.}}$ і G_{Π} – загальна кількість паливо-повітряного заряду, кг/год.

Кількість повітря $G_{\text{пов.}}$, що надходить у циліндри бензинового двигуна, визначиться:

$$G_{\text{пов.}} = 14,5 \alpha \cdot G_{\Pi}, \text{ кг/год} \quad (2.8)$$

Для розрахунку, приймаємо $G_{\Pi} = 5,8$ кг/год.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Частка теплоти q_r , у відпрацьованих газах, визначиться:

$$q_r = \frac{Q_r}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.9)$$

Інші витрати теплоти $Q_{iн.в}$:

$$Q_{iн.в} = Q - (Q_e + Q_r + Q_b) \quad (2.10)$$

А частка $q_{iн.в}$ визначиться:

$$q_{iн.в} = \frac{Q_{iн.в}}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.11)$$

Цей метод розрахунку теплового балансу дозволяє отримати точне значення кількості тепла, яке виділяється після спалювання робочої суміші, яка була приготовлена системою подачі палива в камерах згоряння двигуна, коли моменти подачі іскри належно не налаштовані.

2.2 Розрахунок повітряного потоку у впускній магістралі

Для проведення розрахунку цього процесу потрібно встановити початкові умови. Тиск і густина повітря у магістралі визначаються як параметри оточуючого середовища $P_{н.с.}$ і $\rho_{н.с.}$, і відповідно, стан газу в циліндрі визначається через величину, що характеризує кількість залишкових газів $G_{ог}$ [15].

$$\gamma_{н.с.} = \frac{G_{ог}}{\rho_{н.с.} \cdot V_h} \quad (2.12)$$

де $G_{ог}$ – кількість повітря, кг;

$\rho_{н.с.}$ – густина повітря, кг/см³;

V_h – об'єм циліндра, см³.

Під час встановленого часу $t = 0$ відкривається впускний клапан, і починається наповнення циліндра з урахуванням явища завихрювання в магістралі.

Для проведення розрахунків, використовується крок обчислення 3° від положення колінчастого валу. В результаті чисельного аналізу, буде визначена кількість послідовних обчислювальних циклів, після яких, параметри газообміну стають стабільними.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

На рис. 2.1 зображено різницю довжин впускної магістралі.

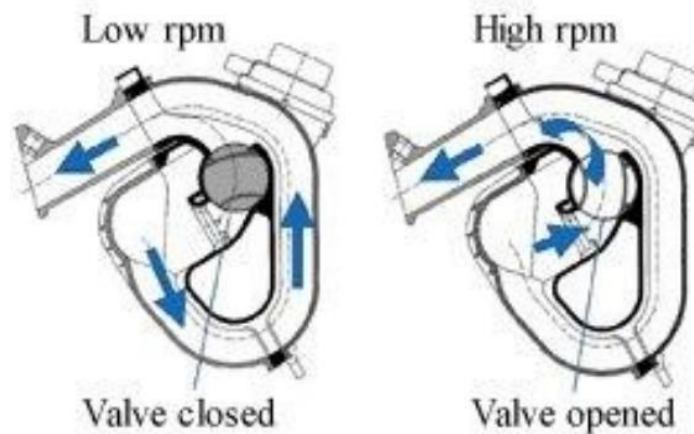


Рисунок 2.1 – Різниця довжини впускної магістралі за різного режиму роботи двигуна

Досліджено, що відносна зміна коефіцієнта наповнення у 2-му, 3-му та 4-му розрахункових циклах в порівнянні з першим становить відповідно 1,1%, 0,9% та 1,0% при оптимальній довжині впускної магістралі. Ці значення знаходяться в межах точності чисельного експерименту.

Дослідження кута випередження запалювання проводилося у відповідності співвідношення параметрів впускної системи та поршневої групи. Іншими словами, швидкість потоку повітря у впускній магістралі, яка характеризує усереднене число Маха (для повітряного потоку через клапан) за нормальних природніх умов, визначимо

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \cdot \frac{A \cdot a_s}{V_h}, \quad (2.13)$$

де ε – коеф. надлишку повітря;

A, a_s - параметри повітряного трубопроводу, мм.

Ефективність впускної системи досягається при оптимальних значеннях конструкційних параметрів, таких як довжина та поперечний переріз трубопроводу, а також фази газорозподілу. Вплив цих факторів на прихід повітряного потоку розглядається, як критерій за допомогою методу Струхалія [16].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$S_h = \frac{L \cdot f}{a} \quad (2.14)$$

де L - довжина потоку, мм;

f - коефіцієнт тертя повітряного потоку об стінки впускного колектора.

При постійній швидкості поширення потоку повітря, оптимальне значення S_h залишається сталим, однак за кінцевої амплітуди поширення, воно буде залежати від інтенсивності цього процесу (зі збільшенням стиску воно зростатиме, а з вакууметричним тиском - зменшуватиметься). Таким чином, оптимальне значення S_h є змінною величиною, яку можна виразити у вигляді критеріальних залежностей, як показано на рис. 2.2 (це дозволяє визначити необхідну довжину впускного трубопроводу, залежно від оптимального кута випередження запалювання робочої суміші) [12].

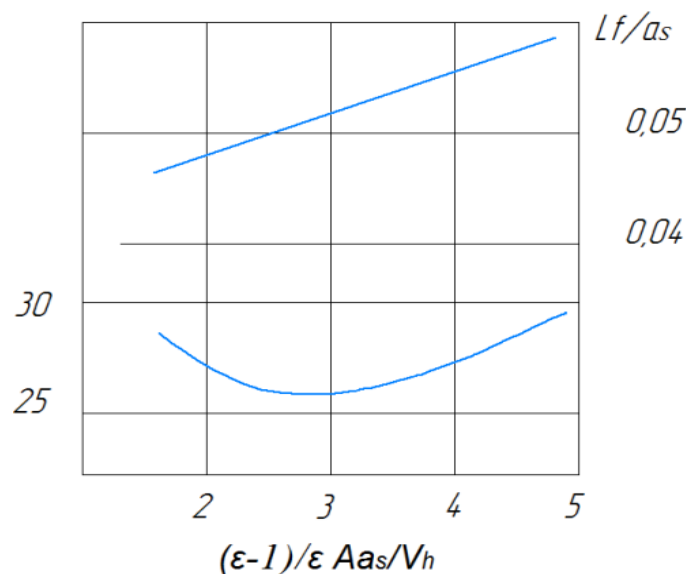


Рисунок 2.2 – Графіки залежності швидкості руху повітря через дросель, відносно розрахункової довжини впускного колектора (за оптимального кута випередження запалювання на XX).

Також слід зазначити, що ефективність роботи впускної системи залежить від поперечного перерізу самої магістралі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Отже, для забезпечення якісної роботи двигуна у всіх його режимах (у відповідності із встановленим кутом запалювання), у впускному колекторі встановлюються регулюючі заслінки, які в певній мірі запобігають виникненню явища детонації у циліндрах двигуна.

2.3 Дослідження взаємозв'язку кута випередження запалювання із робочими характеристиками бензинового двигуна

Впливовим регулюючим фактором, що значно визначає характеристики двигуна, є кут випередження запалювання θ . Зазвичай, в бензинових двигунах внутрішнього згоряння кут θ налаштовується в залежності від зміни обертової частоти n та рівня навантаження, що визначається вакууметричним тиском у впускному колекторі P . Основний принцип регулювання кута випередження запалювання, представлений на так званій "карті", яка відображає залежність кута θ від n і P і зображена на рис. 2.3 [10].

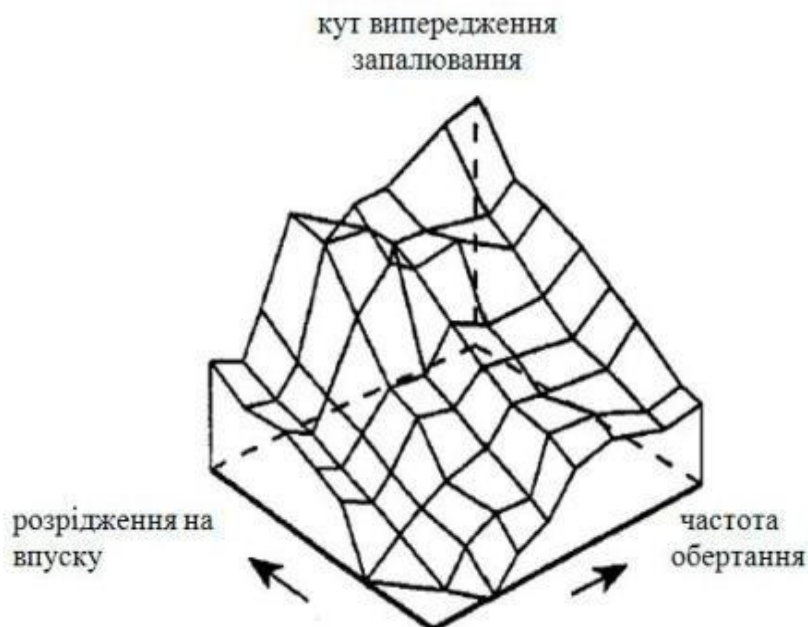


Рисунок 2.3 – Схема регулювання кута випередження запалювання у двигунах із іскровим запалюванням.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

При збільшенні обертової частоти двигуна спостерігається збільшення періоду затримки запалювання, вираженого в градусах повороту колінчастого валу. Це призводить до відсування початку процесу згоряння в циклі. Крім того, збільшується тривалість догорання паливної суміші під час процесу розширення продуктів згоряння. Внаслідок цього, для досягнення ефективного згоряння, необхідно запалювати робоче тіло раніше, що призводить до збільшення значення кута θ .

При зменшенні навантаження, в циліндрі зростає частка залишкових відпрацьованих газів, що також викликає збільшення періоду затримки запалювання та тривалості догорання паливної суміші. Таким чином, значення кута θ також збільшується.

Під час розробки характеристичних карт керування кутом θ , деякі дослідники враховують також температуру двигуна (в "холодному" двигуні значення кута θ збільшується), детонацію (у випадку виникнення детонації значення кута θ зменшується) та інші параметри[15].

Вибір кута випередження запалювання має свою особливість, яка обумовлена методом регулювання потужності двигуна. Цей метод дозволяє здійснювати якісне управління потужністю двигуна і, отже, забезпечувати високу паливну економічність при різних рівнях експлуатаційного навантаження.

Наступною ілюстрацією служить карта керування кутом θ , яка була розроблена для бензинового двигуна, залежно від навантаження (вісь Y) і обертової частоти колінчастого валу (вісь X).

Навантажувальний пристрій моделював сигнал давача вакууметричного тиску на впуску таким чином, щоб 2000 *mBar* відповідало максимальному навантаженню, а 0 *mBar* вказувало на відсутність навантаження. Слід зазначити, що зі зменшенням навантаження (зі збільшенням вакууметричного тиску на впуску P) та збільшенням обертів, кут випередження запалювання θ збільшується.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це пояснюється, збільшенням тривалості згоряння робочої суміші: при зменшенні навантаження і якісному регулюванні потужності, зростає коефіцієнт надлишку повітря α , що веде до збільшення тривалості згоряння.

Отже, необхідно збільшувати кут θ . Винятком є режими малих та високих навантажень, а також низьких частот обертання, де кут θ залишається постійним в певному діапазоні навантажувальних режимів. Вплив частоти обертання на вибір кута θ значно менший. У режимах малих та великих навантажень кут θ залишається сталим в усьому діапазоні (або на певному сегменті діапазону) частот обертання, і змінюється лише при середніх навантаженнях.

Кут випередження запалювання θ , найчастіше визначається з орієнтацією на забезпечення найвищої паливної економічності двигуна. У деяких випадках, розглядається також токсичність відпрацьованих газів. Ускладненням, є вибір критерію оптимізації, який дозволяє враховувати як показники паливної економічності, так і токсичність відпрацьованих газів двигуна.

Тому, як правило, складно систематизувати та обґрунтувати вибір кута випередження запалювання для бензинового двигуна, залежно від потужності та частоти обертання та обґрунтувати оптимізаційний критерій.

За допомогою програмного продукту Matlab було виконано вибір раціональних значень кута θ . Відповідно до паспортних даних бензинового двигуна, частота обертання n на режимах швидкісних характеристик, змінюється в діапазоні 2000...3600 об/хв, а крутний момент $kM_{кр}$ варіюється від 2,5 до 25 Н·м. Дослідження двигуна показало, що у наслідок часткової заміни частини повітря воднем, максимальний крутний момент і потужність двигуна зменшуються приблизно на 10%. Таким чином, для розрахункового дослідження був вибраний діапазон зміни крутного моменту від 2,5 до 20 Н·м. Під час розрахункового дослідження було встановлено крок по частоті обертання на рівні 100 об/хв і крок по моменту на рівні 1,25 Н·м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

Оптимізація між показниками паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів двигуна, була забезпечена за допомогою використання паливно-екологічного критерію [10]:

$$K_{\text{Te}} = \frac{3600}{Q_{\text{H}} \cdot g_e} \cdot \frac{g_e}{g_e + \sigma \cdot f \sum_{k=1}^N (A_k \cdot g_{\text{ВВК}})}, \quad (2.15)$$

де $g_e, g_{\text{ВВК}}$ - відповідно питома ефективна витрата палива і питома викиди k -го компоненту отруйних речовин з відпрацьованими газами;

A_k – відносна агресивність k -го компонента отруйних речовин;

N – загальне число отруйних компонентів, що виштовхуються у атмосферне середовище;

σ – показник відносної небезпеки забруднення для різних територій;

f – безрозмірний коефіцієнт, який показує характер розсіювання отруйних речовин у атмосферу;

Q_{H} – нижня теплота згоряння робочої суміші.

2.4 Дослідження впливу зміни кута випередження запалювання на показники роботи двигуна

На рис. 2.4 (а; б) представлені характеристики регулювання двигуна в умовах великих і малих навантажень (10% від навантаження, враховуючи трансмісію) за постійної частоти обертання, а також при високій та низькій частоті обертання за сталого навантаження (крутного моменту). Для кожного значення кута θ проводили варіацію циклової подачі палива, з метою забезпечення встановленої потужності (крутного моменту).

Провівши аналіз графіків, можна впевнено стверджувати, що при збільшенні кута випередження запалювання θ в циліндрі, зазвичай, спостерігається зростання максимальних температури T_z і тиску P_z згоряння в циліндрі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це призводить до підвищення механічної і термічної напруженості робочих елементів двигуна, а також збільшення викидів оксиду азоту g_{NO} .

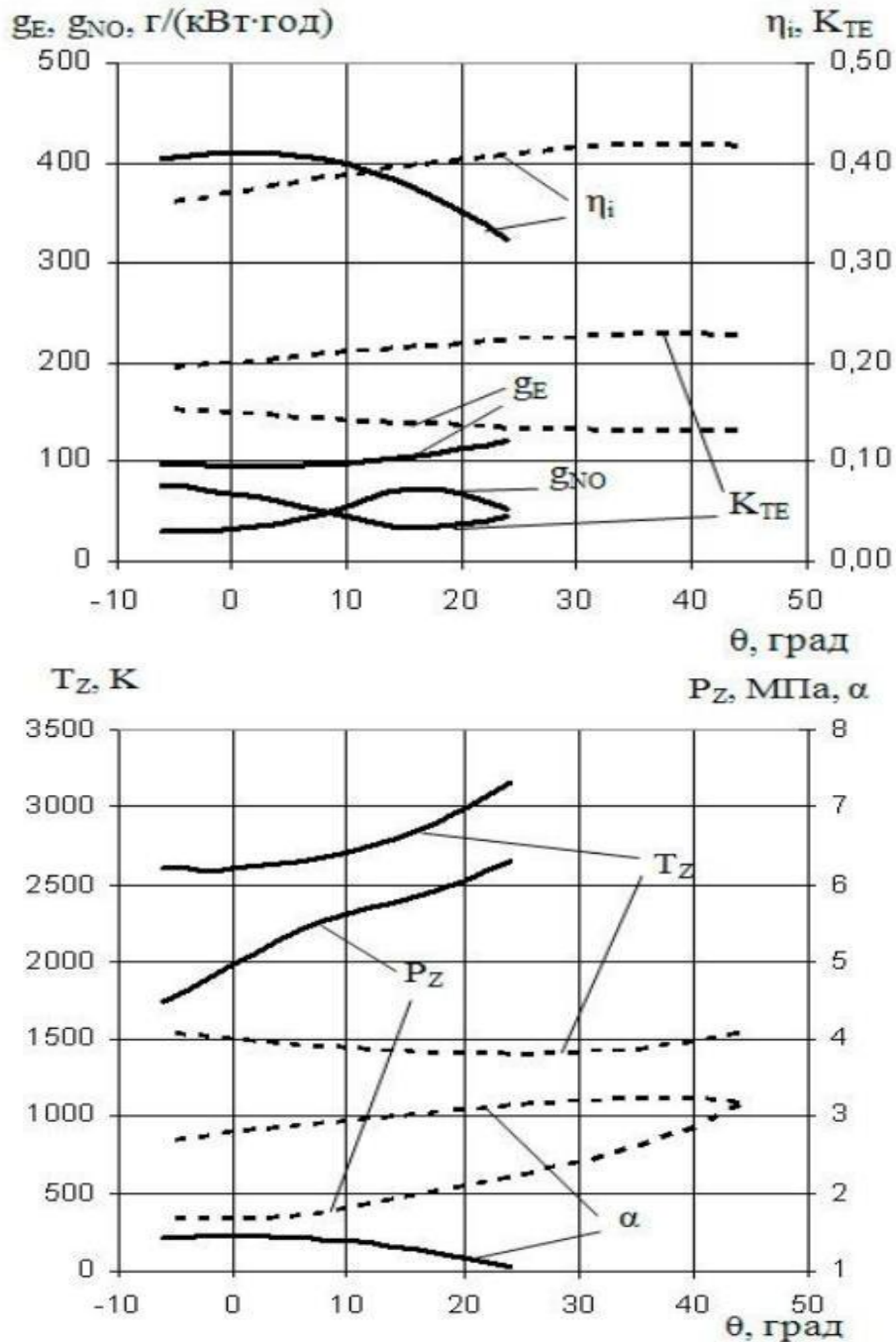


Рисунок 2.4 – Характеристики бензинового двигуна, за зміни кута випередження запалювання:

- а) зміна питомої витрати палива та індикаторного тиску;
- б) зміна температури і тиску у камерах згоряння.

Кількість виділеної теплоти (ефективність циклу, що виражається індикаторним ККД) при зростанні кута θ на початку збільшується, але потім різко зменшується. Максимальний η_i (а мінімальне g_e) досягається у момент, коли робота розширення є максимальною, а робота стиску – мінімальною.

Висновки до розділу 2

Згідно методики розрахунку теплового балансу бензинового двигуна з електронним управлінням, отримаємо значення теплоти, вивільненої під час згоряння паливо-повітряної суміші (за неправильно встановленого кута запалювання, коли ЕБК двигуна переходить у аварійний режим роботи).

Описано методику розрахунку, на предмет залежності довжини впускної магістралі від установлених режимів роботи двигуна (на холостому ходу і при номінальних обертах колінчастого валу, коли ЕБК встановлює оптимальний кут випередження запалювання).

Графічно відображено і досліджено, вплив величини кута випередження запалювання на робочі характеристики бензинового двигуна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 34 |

3. МЕТОДИКА, ДІАГНОСТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Основи методів діагностування електронних систем

Методи діагностики автомобілів, їх агрегатів і вузлів визначаються способом зміни та фізичною сутністю діагностичних параметрів. Вони вибираються відповідно до завдань діагностики та рівня деталізації діагностичного процесу. Це включає методи, які базуються на імітації швидкісних та навантажувальних режимів автомобіля та визначенні вихідних параметрів за заданих умов; методи, що перевіряють герметичність робочих об'ємів; а також методи, що ґрунтуються на об'єктивній оцінці геометричних параметрів, в умовах певного навантаження.

3.2 Управління кутом випередження запалювання

Встановлення правильного значення кута випередження запалювання оптимізує, обертовий момент на валу двигуна, мінімізує вміст токсичних речовин у випускних газах, зменшує витрату палива, поліпшує їздові характеристики і запобігає детонації.

Основні значення для визначення кута випередження запалювання, залежно від навантаження і обертів двигуна, вбудовані в постійну пам'ять контролера. Їх визначають під час експериментальних досліджень нового двигуна, на стендовому динамометрі. Базові значення піддають коригуванню, залежно від режиму роботи двигуна, таких як: перегрів, прискорення, активація системи рециркуляції вихлопних газів і інші.

У деяких системах, регулюючи кут випередження запалювання, стабілізують оберти холостого ходу та налаштовують оберти двигуна при перемиканні передач в автоматичній коробці передач. У автомобілях з сучасними системами запалювання, час підключення первинного струму котушки запалювання, регулюється для забезпечення оптимальної напруги живлення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Електронний блок керування встановлює тривалість мережі підключення, використовуючи калібрувальні діаграми, які зберігаються в постійній пам'яті. Коригування, залежить від обертів двигуна та напруги в бортовій мережі. Робота комутатора запалювання синхронізується так, щоб досягти необхідного значення струму первинної обмотки котушки запалювання безпосередньо перед самим процесом іскроутворення. Встановлений (в автоматичному режимі) кут випередження запалювання, забезпечує найбільш ефективну роботу двигуна, практично збігається з граничним значенням, при якому виникає детонація. При виявленні детонації давач детонації автоматично зменшує кут випередження запалювання. Сучасними системи, кут випередження запалювання встановлюється для кожного циліндра індивідуально.

3.3 Режими роботи системи управління двигуном

Розрізняють наступні експлуатаційні режими роботи бензинового двигуна:

1. Запуск двигуна.

Двигун при прокрутці стартером повинен швидко запускатися при будь-якій температурі зовнішнього середовища. Під час запуску, паливо подається з надлишком (багата робоча суміш), тому погано випаровується в холодному двигуні й конденсується на стінках впускного колектора. Але свічки запалювання не повинні ставати мокрими, інакше іскроутворення погіршиться. У процесі запуску, ЕБК управляє подачею палива по калібрувальних діаграмах, що зберігаються в постійній пам'яті, і коригують склад робочої суміші за температурою охолоджувальної рідини. Давач кисню в цей час ще не працює, а паливоповітряна суміш - збагачена. Кількість палива, що подається, починає зменшуватися, після того, як швидкість обертання колінчастого вала перевищить граничне значення для цього типу двигуна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У деяких системах з ЕБК, при прокрутці двигуна, усі форсунки відкриваються одночасно і тільки після запуску починають працювати синхронно з тактами впускання своїх циліндрів. Кут випередження запалювання під час запуску, визначається ЕБК за обертами і температурою двигуна. В процесі холодного запуску і низької швидкості прокрутки, кут випередження запалювання рівний нулю. У будь-якому випадку при прокрутці ДВС значення кута випередження запалювання обмежується, тому займання РШ у камері згоряння до верхньої мертвої точки, може повернути колінчастий вал у зворотному напрямку.

2. Прогрівання двигуна.

Після запуску холодного двигуна, у процесі прогріву прогріву, ЕБК двигуном повинен:

- забезпечити стабільну роботу двигуна;
- швидке нагрівання давача кисню і каталітичного нейтралізатора для найшвидшого їхнього введення у роботу;
- мінімізацію споживання палива та забруднення навколишнього середовища.

Для стабільної роботи холодного двигуна, подається збагачена робоча суміш. Ступінь збагаченої суміші, залежить від температури двигуна і об'єму всмоктуваного повітря. Деякі системи в каталітичний газонейтралізатор можуть подавати додаткове повітря, під час прогріву. Надлишки СО і НС, утворені через збагачену суміш, доокислюються в каталітичному нейтралізаторі. Окислювальний процес, сприяє швидкому нагріванню нейтралізатора.

В іншому випадку, під час прогріву двигуна, збільшуються оберти холостого ходу і зменшується кут випередження запалювання, що підвищує температуру вихлопних газів і прискорює нагрівання каталітичного газонейтралізатора та давача кисню. Також може використовуватися електричний розігрів датчика кисню і нейтралізатора.

3. Робота у перехідному режимі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У перехідному режимі, прослідковується швидке збільшення або зменшення навантаження чи обертів двигуна, система управління повинна забезпечувати плавну та стійку роботу двигуна. Під час прискорення автомобіля дросельна заслінка різко відкривається, і впускний колектор отримує більше повітря.

Система керування має швидко реагувати, не лише уникати збіднення робочої суміші, але й оперативно збагачувати її так, щоб двигун нормально працював при зростанні навантаження. При цьому не повинно помітно збільшуватися забруднення навколишнього середовища викидами газів. Для досягнення максимального обертового моменту на валу двигуна, кут випередження запалювання встановлюється на межі детонації.

Під час гальмування, руху вгору або використання гальмування двигуном, подача палива різко обмежується або повністю відключається до тих пір, поки оберти двигуна залишаються вище заданого рівня (наприклад, трохи вище обертів холостого ходу). Система управління двигуном відслідковує, щоб при відключенні подачі палива давач кисню і каталітичний нейтралізатор не потрапили в неробочий стан. Зазвичай це здійснюється за допомогою додаткового електропідігріву

4. Режим повного навантаження.

Під час їзди автомобіля під повним навантаженням, наприклад, на підйомі - необхідно, щоб двигун розганявся до максимальної потужності. Електронний блок керування контролює склад пального-повітряної суміші і кут випередження запалювання, згідно з калібрувальними таблицями. Робота двигуна найефективніша при значеннях λ (відношення повітря до пального) від 0,9 до 0,95, в цьому діапазоні давач кисню неактивний. Кут випередження запалювання налаштовується так, щоб забезпечити максимальний обертовий момент на валу, а в разі необхідності виконується корекція для запобігання детонації. У зв'язку з цим, екологічні показники двигуна можуть трохи погіршитися.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

5. Робота на холостих обертах.

В режимі холостого ходу, система управління двигуном націлюється на мінімізацію обертів, для економії палива. В умовах міста, на холостому ході автомобіль витрачає приблизно 30% палива. Регулювання холостих обертів повинно ефективно враховувати як різкі, так і плавні зміни навантаження. Оберти двигуна на холостому ході, автоматично контролюються за допомогою регулювання подачі повітря або кута випередження запалювання. Повітря зазвичай потрапляє через байпасний канал, розмір якого регулюється кроковим двигуном з команд ЕБК.

В інших випадках, кількість подаваного повітря регулюється електропроводом дросельної заслінки. Однак, недоліком системи управління оборотами холостого ходу, що використовує пропускний канал повітря, є його інерційність, особливо при різких змінах навантаження. Ефективнішою є система, яка користується зміною кута випередження запалювання в заданих межах.

Сучасні електронні блоки керування, використовують обидва дані методи управління обертами на холостого ходу. Щоб уникнути зупинки двигуна на холостих обертах, при підключенні високого навантаження (такого, як кондиціонер), сигнал про майбутнє збільшення навантаження передається до ЕБК перед включенням навантаження, після чого ЕБК збільшує оберти двигуна, а потім підключає навантаження.

3.4 Методика і обладнання для проведення діагностичних робіт

Для проведення комп'ютерної діагностики автомобіля, комплектованого сучасним інжекторним двигуном, використовуємо віртуальний симулятор з навчального продукту «Electude», що значно дасть можливість зекономити кошти на придбання палива. Програмне віртуальне середовище «Electude», являється продуктом, що майже 95% відображає роботу всіх електронних елементів сучасного двигуна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

Відповідно, для отримання залежності зміни кута випередження запалювання від температури і обертів двигуна, слід у віртуальній програмі провести наступні операції:

- Відобразити автомобіль на моніторі комп'ютера.
- Вивести на екран панель приладів і увімкнути запалювання, рис.3.1.
- Вибрати з бази даних діагностичний адаптер та провести процес адаптації сканера із електронним блоком керування автомобілем.

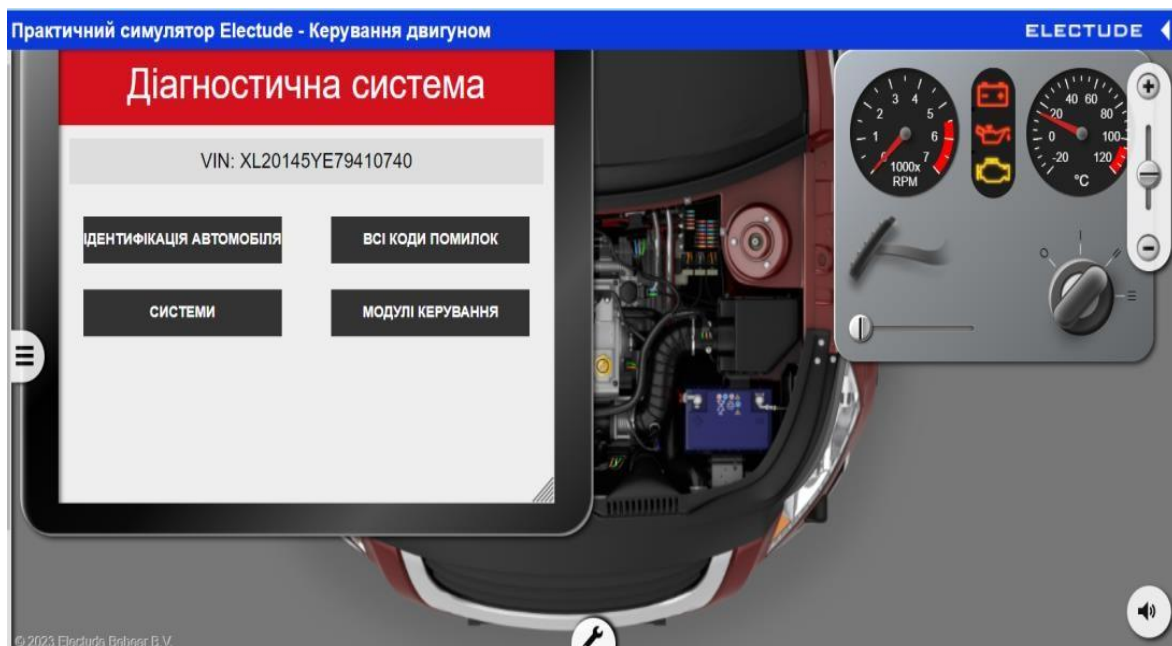


Рисунок 3.1 – Віртуальне середовище «Electude».

- Вибрати пункт «Керування двигуном» і відкрити вікно «оперативні дані».
- Вибрати курсором комірку «всі коди помилок» і перевірити наявність помилок у електронній системі автомобіля.
- Вибрати пункт «Керування двигуном» і відкрити вікно «оперативні дані».
- Вибрати пункти: температура охолоджуючої рідини, частота обертання колінчастого валу та досліджуваний параметр – кут випередження запалювання, рис. 3.2

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

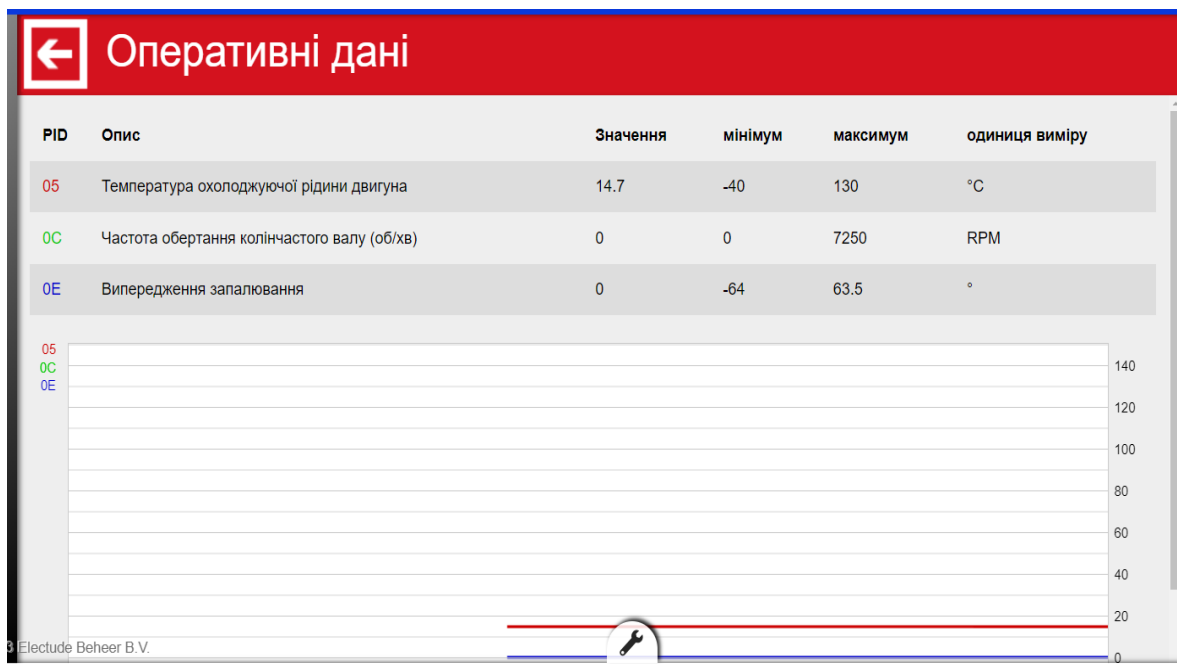


Рисунок 3.2 – Оперативні дані (за увімкненого замку запалювання).

- У подальшому, підвищити оберти двигуна у діапазоні: 2000; 3000; 4000; 5000; 5500 об/хв та слід контролювати температуру і досліджуваний параметр – кут випередження запалювання.

На рис. 3.3 відображені осцилограми у період запуску двигуна.

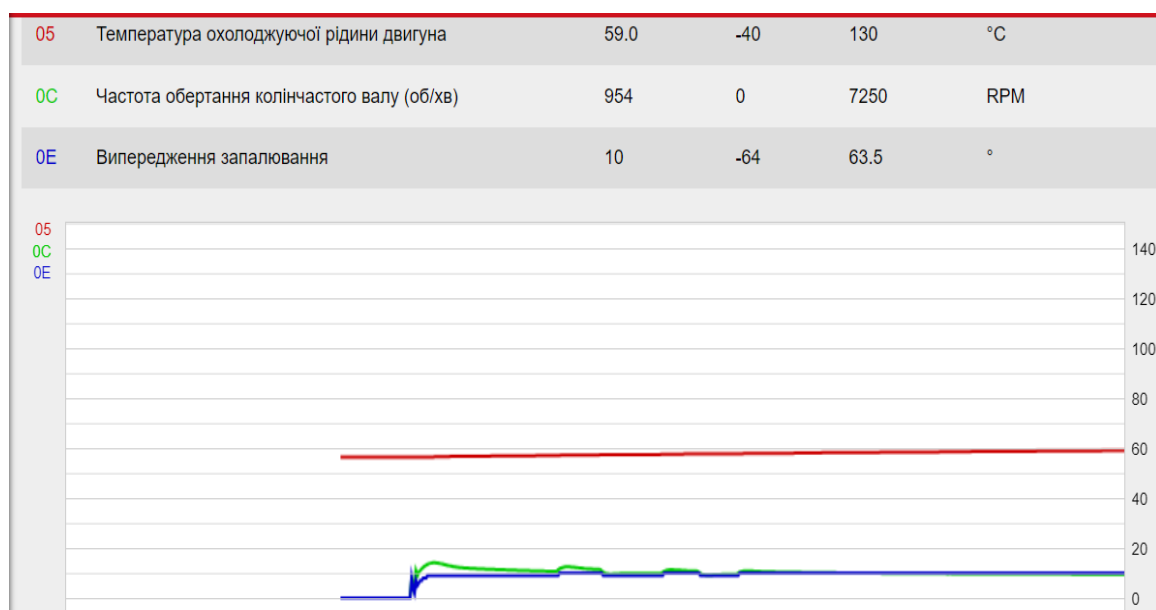


Рисунок 3.3 – Оперативні дані досліджуваних параметрів у період запуску холодного двигуна.

- Для стабільної роботи двигуна, чекаємо періоду вмикання клапана термостата, що засвідчує встановлення його робочого температурного режиму.

На рис. 3.4 відображені значення і осцилограми досліджуваних параметрів, за встановленої робочої температури двигуна з електронним управлінням

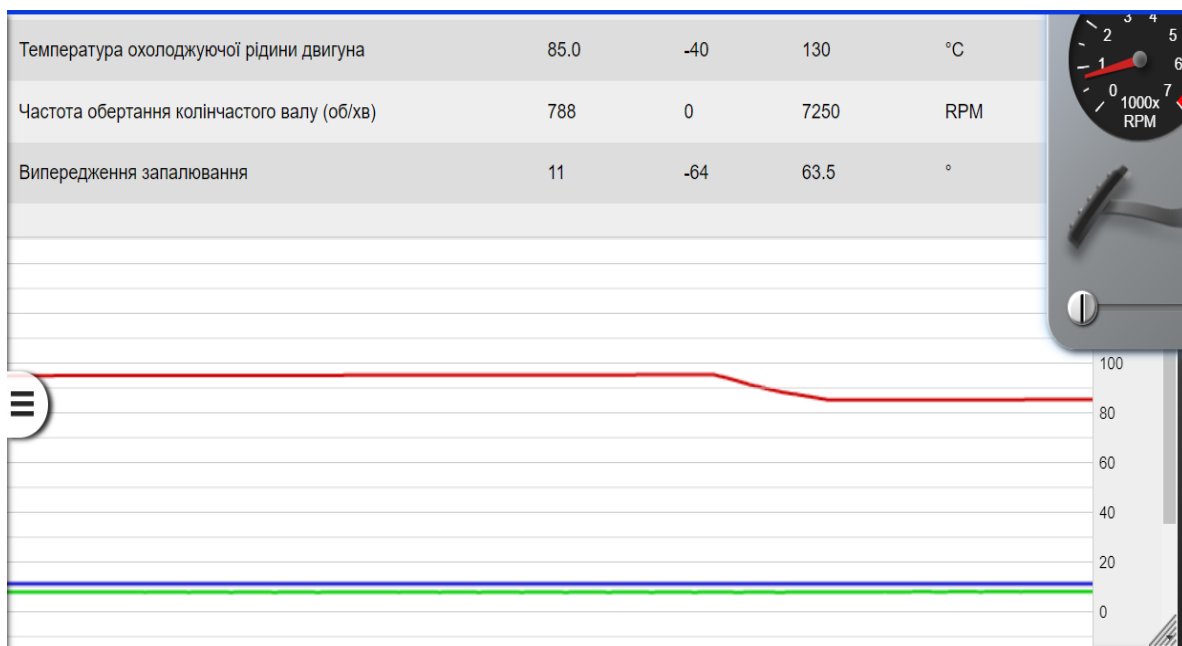


Рисунок 3.4 – Стабілізація температурного режиму бензинового двигуна на холостому ходу

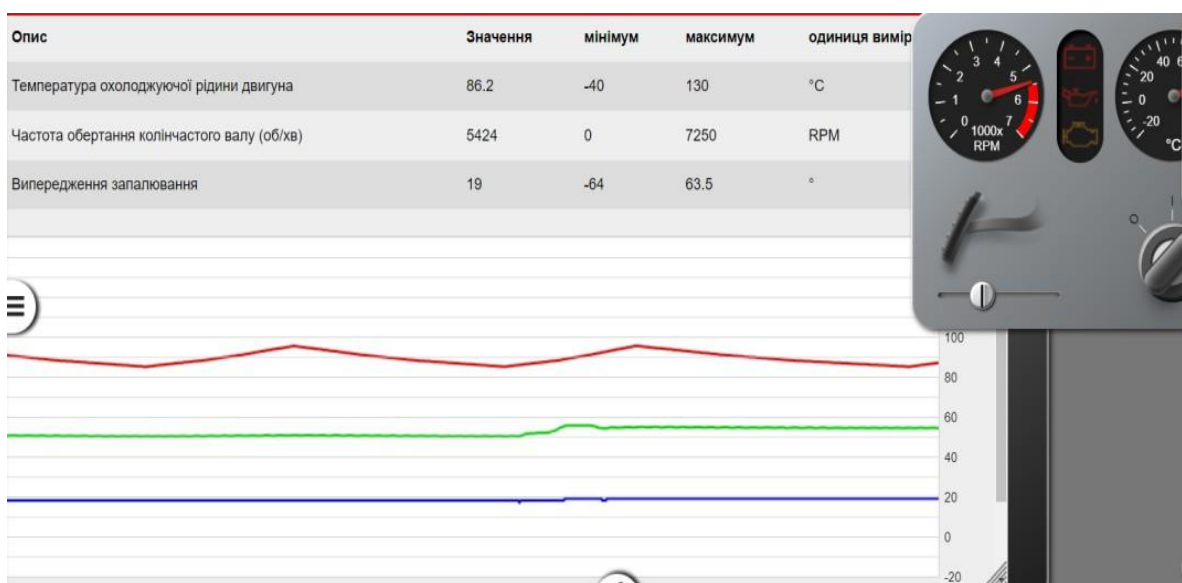


Рисунок 3.5 – Граничні значення досліджуваних параметрів бензинового двигуна.

Після встановлення робочої температури, досліджуємо максимальне значення кута випередження, доводячи оберти колінчастого валу до 5500 об/хв., рис. 3.5.

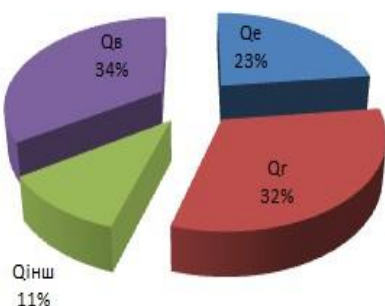
Проводячи комп'ютерну діагностику автомобіля з дослідження зміни кута випередження запалювання залежно від температури і обертів двигуна, отримали його значення, що змінюються у діапазоні від 10 до 19°.

Слід відмітити, що у випадку неякісної роботи температурного датчика двигуна (підвищується температура вище критичної), різко виникає явище детонації.

3.5 Результати досліджень теплового балансу

Відповідно до методики теплового балансу двигуна із іскровим запалюванням, було проведено розрахунок (за некоректно встановленого кута випередження запалювання, коли ЕБК переходить на аварійний режим роботи) та побудовані наступні діаграми, рис. 3.6.

За коректного кута випередження запалювання



За некоректно встановленого кута випередження запалювання ЕБК

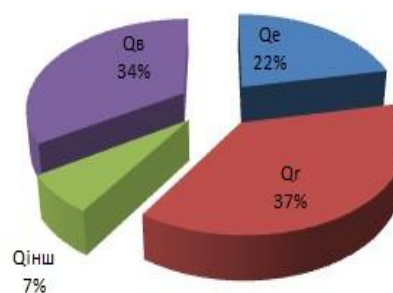


Рисунок 3.6 – Порівняльний тепловий баланс бензинового двигуна

Аналізуючи діаграми, можна стверджувати, що робота бензинового двигуна з некоректним кутом випередження запалювання, веде до недогорання робочої суміші, що спричиняє до зниження ефективної теплоти до 3-5 %.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

Розрахунок корекції довжини впускної магістралі для бензинових двигунів, загальний об'єм циліндрів яких сягає до 2 л, становить близько 0,9 м. За використання віртуального середовища Matlab, досліджено і встановлено варіювання кута випередження запалювання, залежно від швидкісних і температурних характеристик двигуна із іскровим запалюванням. Він знаходиться у межах від 16 до 38°, що забезпечує оптимальну роботу двигуна.

Висновки до розділу 3

Втрати ефективної теплоти Q_e склали до 3-5 %, відносно роботи двигуна за правильно скорегованого кута випередження запалювання ЕБК.

Отримано залежності кута випередження запалювання, від зміни температурних і швидкісних характеристик двигуна з ЕБК.

Представлено віртуальне середовище «Electude» (автомобіль із двигуном, комплектованого СОР системою запалювання).

За використання віртуального середовища «Electude», досліджено та встановлено залежність кута випередження запалювання від швидкісних та температурних характеристик двигуна. Цей кут варіюється від 6 до 18°, що забезпечує оптимальну ефективність роботи двигуна. А за аварійного режиму роботи ДВЗ (використання неякісного палива), оберти падають і піднімаються, знаходячись у вище вказаному діапазоні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

4.1 Аналіз виникнення небезпечних ситуацій

Наявність електронного обладнання на автомобілі, вимагає стабільної подачі електричної енергії від бортових джерел (без будь яких перепадів напруги). Тому, під час проведення діагностики, слід суворо дотримуватися наступних запобіжних заходів [2]:

- не допускати відключення акумулятора від бортової електромережі автомобіля за працюючого двигуна.
- під час дозарядки (від зовнішнього джерела) акумулятора, слід вимкнути бортову електромережу.
- перед демонтажем будь-яких елементів ЕСУД, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї.
- не допускається підключення або відключення елементів (давачів та виконавчих пристроїв функціональних систем) ЕСУ під час увімкненого запалювання.
- перед проведенням електрозварювальних робіт, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї та елементи ЕСУ.
- не допускається піддавати ЕБУ, впливу температури вище 80 °С.
- для виключення корозії з'єднувальних електричних пинів (під час очистки), забороняється спрямовувати струмінь пари на елементи системи управління двигуном.
- щоб уникнути пошкодження справних вузлів, не допускається застосування контрольньо-вимірювального обладнання, не зазначеного в діагностичних картах.
- вимірювання напруги, слід виконувати вольтметром з номінальним внутрішнім опором 10 мОм.
- для запобігання пошкодження електронного обладнання електростатичним зарядом, забороняється торкатися контактних пинів (з'єднувачів або

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

елементів) друкованої плати ЕБУ.

Відповідно, з впровадженням стандартів OBD-II та EOBD, процес діагностики ЕБУ автомобіля уніфікується. На вимогу цих стандартів, одне діагностичне обладнання можна використовувати для тестування автомобілів різних марок. Основною відмінністю стандарту EOBD від OBD-II, є закріплення в наборі його протоколів обміну даними протоколу CAN, впровадженого фірмою BOSCH.

Небезпечні умови відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек - певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на автовиробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;

- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працівника та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та ін.);

- призводять до небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та ін.).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Нами розроблена схема травмонебезпечних ситуацій, під час проведення комп'ютерної діагностики електронного блоку керування сучасним двигуном, рис, 4.1.

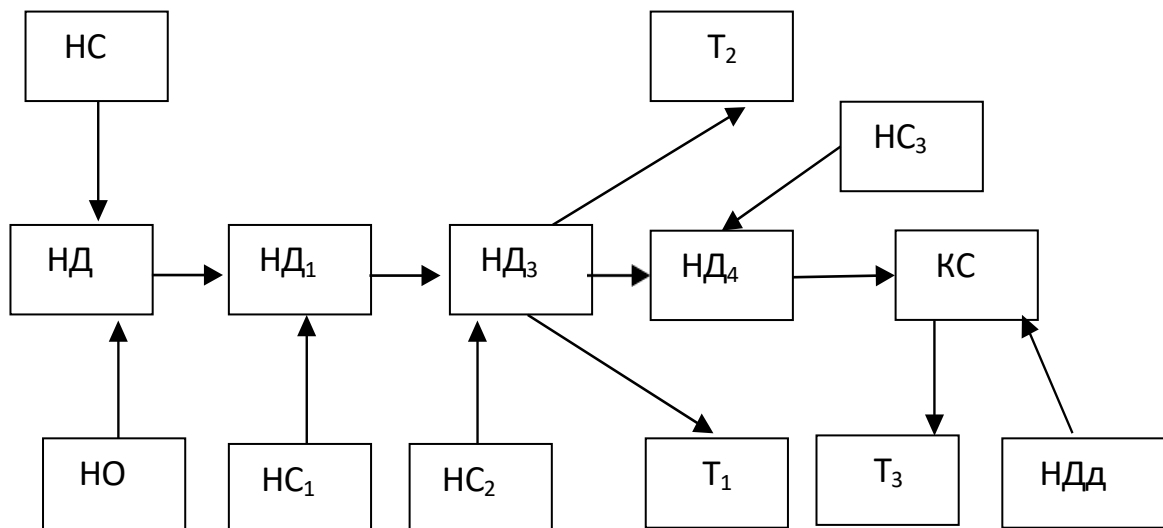


Рисунок 4.1 - Блок-схема небезпечних ситуацій під час проведення комп'ютерної діагностики сучасного автомобіля: HD – відкриття капоту; HC – можливе падіння капоту під час проведення ТО; NO₁ – наявність незначного схилу; HD₁ – зняття заглушки із роз'єму; HC₁ – можливе побиття кінцівок рук; HD₃ – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз'єм; HC₂ – можливе падіння капота та побиття кісті рук; T₁ – травма пальців; T₂ – побиття ліктів рук; HD₄ – фіксація регулювальної шторки; HC₃ – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; T₃ - пошкодження пушок пальців рук; KC – защемлення кінцівок; HDd – необхідна допомога іншої особи.

4.2 Пожежна безпека

Захист будівель і інших споруд від прямих попадань блискавки, використовують блискавковідводи, що являють собою добре заземленими провідниками, розміщуються вище будівель чи споруд, які потребують захисту.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вони монтуються на відстані не менше як на 15 см і не більше 2 м вище підтримуючого стояка. Заземлення виконують із кутової сталі на відстані 1 м від фундаменту будівлі. Опір розтікання заземлення не повинен перевищувати 10 Ом.

Для розрахунку блискавковідводу станції ТО, необхідно знати розміри будівлі (вона становить 50x20x8 м).

У подальшому, розрахунок проводять за наступною методикою. Приймається довільна висота блискавковідводу h , м (приблизно $2h_x$) і визначаються контури захисних зон, що утворюються. Якщо у випадку споруда знаходиться в її межах, розрахунки припиняються або висота блискавковідводу і зводиться до оптимальних розмірів, що є економічно вигідно.

Радіус захисту r_x подвійного блискавковідводу одинарного стержневого захисту висотою менше 30м (рис. 5.1) визначиться за відношенням [2]:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (4.1)$$

де h – висота блискавковідводу, м;

h_x – висота будівлі, м.

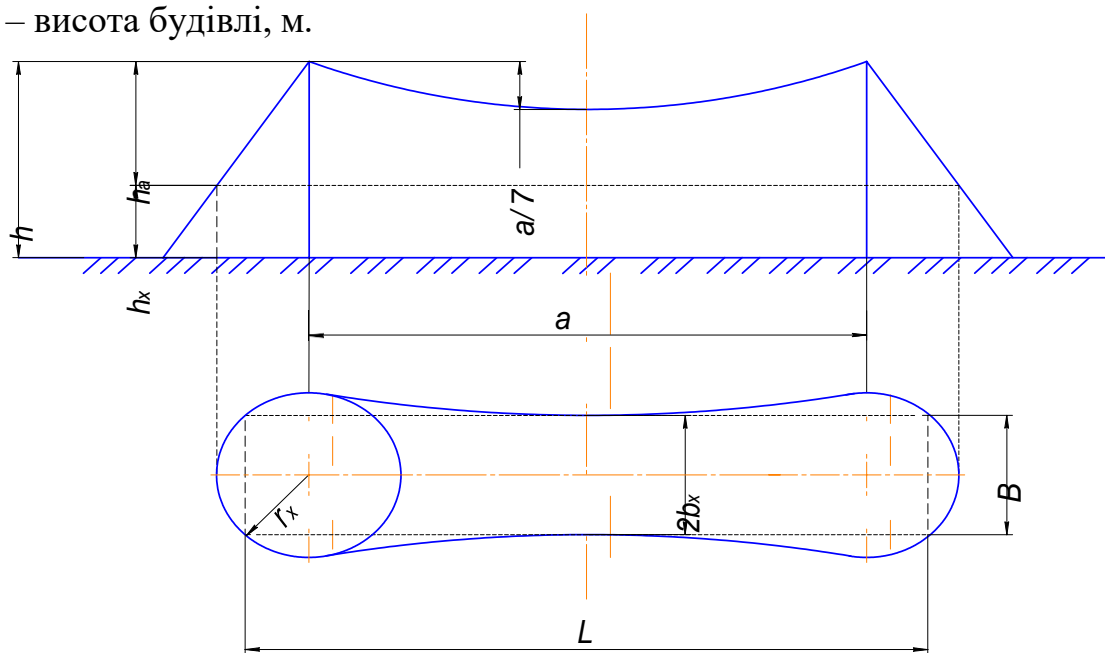


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

Приймаємо висоту блискавковідводу $h = 20$ м.

Тоді ,

$$r_x = 1,6 \cdot 20 \cdot \frac{20-8}{20+8} = 13,7 \text{ м}$$

Захисна дія блискавкозахисту характеризується коефіцієнтом захисту

k_x :

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}} \quad (4.2)$$

Тоді,

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{8}{20}} = 1,14$$

Граничний коефіцієнт k_x за висоти блискавковідводу менше 30м становить 1,14.

Ширина внутрішньої захисної зони $2b_x$ на висоті h_x визначиться за формулою:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 4r_x \quad (4.3)$$

де h_a – активна висота блискавковідводу, м;

a – віддаль між блискавковідводами, м.

$$h_a = h - h_x, \quad (4.4)$$

тоді,

$$20 - 8 = 12 \text{ м}$$

Для прямокутних будівель

$$a = L - B. \quad (4.5)$$

Відповідно,

$$a = 50 - 20 = 30 \text{ м}$$

Тоді, розрахункова ширина внутрішньої захисної зони буде рівна:

$$2b_x = \frac{7 \cdot 12 - 30}{14 \cdot 12 - 30} \cdot 4 \cdot 13,7 = 27,43 \text{ м}$$

Отже, навівши контури захисної зони на контури будівлі СТО, отримали захисну зону від ударів блискавки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.3 Організаційно-технічні рекомендації з охорони праці

Охорона довкілля - це система заходів, направлених на підтримання раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнім середовищем: зберігання і відновлення природних багатств та розумне їх використання. Все це робиться в інтересах сьогоденних і майбутніх поколінь людей. Ці заходи повинні науково обґрунтовуватись і можуть здійснюватись на різних рівнях; міжнародному, державному, відомчому, виробничому, суспільному та індивідуальному.

Вплив автомобільного транспорту в забрудненні навколишнього середовища і негативному впливі на населення (очевидно) ще більш істотний, ніж прийнято вважати, саме:

1. Основна кількість автомобільного транспорту зосереджена в місцях з високою щільністю населення - містах, промислових центрах;
2. Шкідливі викиди від автомобілів виробляються в самих нижніх, приземних шарах атмосфери, там, де протікає основна життєдіяльність людини і де умови для їхнього розсіювання є найгіршими;
3. Відпрацьовані гази двигунів автомобілів містять висококонцентровані токсичні компоненти, що є основними забруднювачами атмосфери. Час, протягом якого шкідливі речовини природним способом зберігаються в атмосфері, оцінюється від десяти діб до півроку.

Слід зазначити, що у відпрацьованих газах автомобільних двигунів міститься більш 200 токсичних хімічних сполук, велика частина яких представляє різні вуглеводні. Крім прямого негативного впливу на людину, викиди від автотранспорту наносять і непрямую шкоду. Так, підвищення концентрації кінцевого продукту горіння автотранспортного палива - діоксид вуглецю, призводить до глобального підвищення температури земної атмосфери (так званий парниковий ефект).

На думку багатьох експертів, наслідком цього, є такі природні катаклізми, як масштабні пожежі в Південно-Східній Азії, Америці, Сибіру, повені в Європі й Азії.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

З'єднання сірки та оксиди азоту, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів, піддаються хімічним перетворенням, формуючи різні кислоти і солі. Такі речовини повертаються на землю у вигляді "кислотних" дощів.

Дослідниками доведено, що кислотні опади наносять значну шкоду водняним екосистемам, ведуть до знищення фауни, викликають підвищену корозію металів і руйнування будівельних конструкцій. Крім того, оксиди азоту сприяють фарбуванню повітря в коричневий колір, а в сполученні з різними аерозолями викликають грязьовий туман (смог), погіршуючи видимість.

Реальні кількісні оцінки шкідливих викидів від автомобільного транспорту вкрай важкі. Це зв'язано з тим, що автомобіль є мобільним джерелом з несталим процесом виділення шкідливих речовин.. Головними причинами підвищеного забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом є: незадовільна якість автотранспортного палива; низькі техніко-експлуатаційні показники парку автотранспортних засобів. Обидва ці фактори впливають на забруднення атмосфери як безпосередньо (наприклад, через неефективне спалювання палива), так і побічно (через невиправдано високу витрату палива).

Основними проблемами, зв'язаними з якістю автотранспортних палив, є :

- низьке октанове число в більшій частині реалізованих бензинів;
- незначні обсяги виробництва зимових сортів дизельного палива.

І тому, такий стан речей не дає гарантій ефективного використання нафтопродуктів, призводить до необхідності підвищеного споживання автотранспортних палив і знижує ресурс двигунів автомобілів. До того ж в Україні реалізується значна частина низькоякісних бензинів з великим вмістом антидетонатора. Формулювання "значна частина" викликано тим, що після приватизаційних процесів, що пройшли в нафтогазовому комплексі, значно зменшився контроль за кількістю і якістю нафтопродуктів, що поставляються на ринок.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Використання важких, високопотужних, з надмірними габаритами моделей технологічного транспорту під час руху по ґрунтових дорогах призводить до надмірного ущільнення поверхневого шару ґрунту, що спричиняє руйнування структури гумусу та відповідно, утрудненому проростанню рослин. Ґрунт - найважливіший ресурс людства. Багатовікове використання землі з ураженням ерозійними процесами призвели до значного зливу і видування ґрунтів, утворення ярів, наносів пісків, замулення ставків, водойм, річок.

Дуже часто на автомобільних підприємствах, технічне обслуговування автомобілів проводиться не на належному рівні: а) відпрацьовані оливи зливаються на землю; б) зношені шини спалюються безпосередньо на землі. Злив відпрацьованих олив приводить до забруднення ґрунту, а спалювання шин, приводить до вигорання родючого шару ґрунту і забруднення атмосфери продуктами згоряння. Щоб уникнути таких негативних явищ, слід відпрацьовані оливи збирати в ємність для подальшої переробки, а зношені шини відправляти на утилізацію у відповідні спеціалізовані підприємства. Пасивне відношення до паливо-мастильних матеріалів, також призводить до знищення довкілля.

Спалюючи велику кількість палива, автомобільна техніка викидає у повітря значну кількість шкідливих речовин, що спричиняють значне забруднення атмосфери. Тому, правильне зберігання і використання нафтопродуктів - один із найважливіших чинників охорони атмосферного повітря. Для запобігання підтікання паливо-мастильних матеріалів з автомобільних засобів, на у автомобільних підприємствах проводиться контроль стосовно періодичних технічних обслуговувань або усунення несправностей окремих вузлів.

Слід зазначити, що під час експлуатації автомобілів, слід вибирати такі швидкісні режими, які б відповідали екологічним показникам технічних умов.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 52 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Під час зберігання нафтопродуктів, слід використовувати стаціонарні резервуари, дрібну нафтотару. Резервуари для нафтопродуктів, що не є леткими, обладнують вентиляційними пристроями.

При зберіганні бензину, вільне сполучення внутрішнього середовища резервуарів з атмосферою недопустиме, оскільки це призводить до його значних втрат. Тому всі отвори резервуарів з нафтопродуктами, що легко випаровуються, повинні бути щільно закриті.

Одним з найбільш використовуваних ресурсів у побуті - вода. Найбільшим її споживачем є сільське господарство.

Основним завданням охорони довкілля є дбайливе ставлення до неї, збереження та створення сприятливих умов для життя суспільства.

Біля території СТО знаходиться незначна кількість невеликих потічків та відкритих водойм. Тому, від робочого персоналу по обслуговуванню автомобілів вимагається належне ставлення до відпрацьованих рідин (зливати у відповідні ємкості для подальшої утилізації у відповідних передбачених законом місцях) [1]. Хімічні рідини, що призначені для миття агрегатів чи кузова автомобіля, необхідно зберігати в типових складських приміщеннях.

Також, пост зовнішнього миття автомобілів та вантажної техніки, необхідно обладнати устаткуванням для повторного використання води, а стічні води від інших приміщень (загального користування), направляти у відстійники та після певного часу зберігання, вивозити спеціальним транспортом.

Висновки до розділу 4

Для забезпечення безпеки під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобіля, розроблено наступні заходи:

- перевірка системи вентиляції та видалення шкідливих речовин, які можуть виділятися під час діагностики
- методика проведення навчання персоналу з правил безпеки під час

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

діагностики автомобіля;

- методика проведення перевірки та обслуговування обладнання, що використовується під час діагностики автомобіля, щоб уникнути можливих несправностей або аварій.

Змодельовані можливі події, що можуть вплинути на безпеку проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Проведено розрахунок пожежної безпеки будівлі, де відбуваються діагностичні і відновлювальні роботи автомобілів. Внутрішня захисна зона громовідвом для будівель, де розміщені лабораторії, становить близько 27,43 м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок експлуатаційних витрат

Завдяки використанню комп'ютерного діагностичного обладнання, для дослідження роботи електронного блоку керування автомобілем, дає можливість завчасно визначити проблеми несправної роботи виконавчих електронних елементів, що виробляють чи коректують вихідні електричні сигнали від робочих механізмів, контрольованих блоком управління.

Для розрахунку економічних втрат, коли досліджуваний автомобіль переходить у аварійний режим роботи (за некоректно встановлених кутів випередження запалювання по циліндрах), використовуємо методику, описану [7].

Отже, витрати на експлуатацію автомобіля будуть визначатися за наступною формулою:

$$Z = Z_n + Z_{zm} + Z_{TO} + Z_{av} + Z_{ш} + Z_{zn} \quad (5.1)$$

де Z_n – витрати на паливе;

Z_{zm} – витрати на змащувальні матеріали, $Z_{zm} = 1,8$ грн./км;

Z_{TO} – витрати на технічне обслуговування;

Z_{av} – витрати на амортизаційні відрахування;

$Z_{ш}$ – витрати на шини, $Z_{ш} = 0,19$ грн./км;

Z_{zn} – витрати на заробітну плату водія, $Z_{zn} = 11,00$ грн.

Грошові витрати на придбання палива (з справною і несправною системою) визначаємо за відомою формулою:

$$Z_n^{\text{б}} = \frac{C_n^{\text{б}} \cdot g}{100} \quad (5.2)$$

де $C_n^{\text{б}}$ – вартість палива, $C_n^{\text{б}} = 53,00$ грн./л;

g – витрата палива (з несправною системою), $g = 10,0$ л/100 км.

Тоді:

$$Z_n^{\text{б}} = \frac{53,00 \cdot 10,00}{100} = 5,30 \text{ грн/км}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

Тоді, з справною системою:

$$Z_n^s = \frac{c_n^6 \cdot g_n}{100}, \quad (5.3)$$

де, $g_{п.п}$ – витрата палива з модернізованою системою, $g_{п.п} = 7,0$ л/100 км.

Отже:

$$Z_{п}^s = \frac{53,00 \cdot 7,0}{100} = 3,71 \text{ грн/км}$$

Розрахунки показують, що витрати на придбання палива для автомобіля з справною системою є нижчими, відносно несправної.

Тоді, витрати на ТО автомобіля:

$$Z_{то} = N_{тр} \cdot l_{тр} \cdot 10^{-3} \text{ грн./км} \quad (5.4)$$

де, $N_{тр}$ – витрати на автомобіль з модернізованою системою і базовою, $N_{тр} = 82,2$ грн./1000 км.

$$Z_{то} = 72,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0822 \text{ грн/км}$$

Витрати на амортизаційні відрахування:

$$Z_{амор.} = \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_B}{10^5} + \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_{кап.р}}{10^5}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де, $Ц$ – балансова вартість автомобіля, $Ц = 150600,00$ грн.;

A_B – нормативні амортизаційні відрахування, $A_B = 0,22$;

l_p – річний пробіг, приймаємо $l_p = 15500$ км;

$A_{кап.р}$ – нормативні відрахування на капітальний ремонт, $A_{кап.р} = 0,14$

$$Z_{амор.} = \frac{150600 \cdot 15500 \cdot 0,22}{10^5} + \frac{150600 \cdot 15500 \cdot 0,14}{10^5} = 5135,50 + 3268,02 = 8403,52 \text{ грн.}$$

Згідно виразу (5.1), отримаємо:

- для несправної системи

$$Z = 5,30 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 17,65 \text{ грн/км};$$

- за справної

$$Z = 3,71 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 16,06 \text{ грн./км.}$$

А за річний пробіг витрати будуть становити ($b = 0,01$ - коеф., що враховує простій автомобіля, тобто пробіг рівний близько 14850 км/рік):

- з справною

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$Z_d = 16,06 \cdot 14850 = 238523,67 \text{ грн./рік};$$

- за несправної

$$Z_d = 17,65 \cdot 14850 = 262102,50 \text{ грн./рік.}$$

Отже, річні економічні витрати від некоректної роботи ЕБК, склали:

$$E = 262102,50 - 238523,67 = 23578,83 \text{ грн./рік}$$

Висновки до розділу 5

За використання неякісного палива, інжекторний двигун, що управляється ЕБК може перейти у аварійний режим роботи (тобто кут випередження запалювання може не відповідати експлуатаційним параметрам автомобіля). А це відповідно, економічні витрати та підвищені норми викидів отруйних речовин. У нашому випадку, за такого негативного процесу, витрати палива збільшаться на 3,0 л /100 км, а річні економічні затрати склали близько 23578,83 грн./рік.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 57 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконане теоретичне дослідження зміни кута випередження запалювання в процесі роботи бензинових двигунів, в основному брались до уваги навантажувальні характеристики.

Згідно методики розрахунку теплового балансу бензинового двигуна з електронним управлінням отримано значення теплоти, вивільненої під час згоряння паливо-повітряної суміші (за неправильно встановленого кута запалювання, коли ЕБК двигуна переходить у аварійний режим роботи). Втрати ефективної теплоти Q_e склали 3-5 % відносно роботи двигуна за правильно скорегованого електронним блоком управління кута випередження запалювання.

Описано методику розрахунку на предмет залежності довжини впускної магістралі від установлених режимів роботи двигуна (на холостому ходу і при номінальних обертах колінчастого валу, коли ЕБК встановлює оптимальний кут випередження запалювання). Графічно відображено і досліджено вплив величини кута випередження запалювання на робочі характеристики бензинового двигуна.

Використовуючи віртуальне середовище «Electude», встановлено залежність кута випередження запалювання від швидкісних та температурних характеристик двигуна із іскровим запалюванням. Цей кут варіюється від 6 до 18°, що забезпечує оптимальну ефективність роботи двигуна.

Змодельовані можливі події, що можуть вплинути на безпеку проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Проведено розрахунок пожежної безпеки будівлі, де відбуваються діагностичні і відновлювальні роботи автомобілів. Внутрішня захисна зона для будівель, де розміщені лабораторії, становить близько 27,43 м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 58 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

За використання неякісного палива, інжекторний двигун, що управляється ЕБК переходить у аварійний режим роботи (тобто кут випередження запалювання може не відповідати експлуатаційним параметрам автомобіля). А це відповідно, економічні витрати та підвищені норми викидів отруйних речовин. За такого негативного процесу, витрати палива збільшились на 3,0 л /100 км, а річні економічні затрати склали близько 23578,83 грн./рік.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей, 2006. 292 с.
2. Гряник І. М., Лахман С.Д. та інші. Охорона праці: Київ.: Урожай. 1994. 187 с.
3. Клименко Л. П., Прищепов О.Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник]. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.
4. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів/ Вид. Либідь. К.: 2018. 400 с.
5. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004. 168 с.
6. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. / Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
7. Розрахунок економічної ефективності механізму / Електронний ресурс, режим доступу: <https://www.google.com/url>.
8. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання / Навчальний посібник. Вища школа, 2001. 180с.
9. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів:Львівський національний аграрний університет, 2016. – 236 с.
10. Двигуни внутрішнього згоряння : [підручник]: у 6 т. / [за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова].:Т. 2 : Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. – Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. – 367 с.
11. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. К.: Каравела, 2009. 400с.
12. Дяченко В.Г., Саловський В.С., Кропівний В.М. Розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник; За ред. к.т.н. В.Г. Дяченка, к.т.н. В.С. Саловського. Кіровоград: КДТУ, 2003. 266 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | MP.AT-35.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

13. Навчальне середовище «Electude»/ Електронний ресурс, режим доступу: <https://lnau.electude.eu>.

14. Войтов В. А., Чепурний Ю.В. Метод віброакустичного дослідження клапанного механізму двигуна внутрішнього згорання. Збірник наукових праць. 2020. N 2. Р.72. <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.20>.

15. Яценко К.Г., Блещенко М.О., Коростильов Г.Л., Чепурний Ю.В. Експериментальне дослідження віброакустичним методом клапанного механізму двигуна внутрішнього згорання. Системи озброєння і військова техніка. 2020. N 1(61). С. 177-182. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.61.21>.

16. Бороденко Ю.М., Гнатюк А. В., Щ.В. Аргун Щ. В. Б83 Мехатронні системи автомобіля. Частина 1. Силовий привід: підручник. Харків : ХНАДУ, 2023. 300 с.

17. Яким Р. С. Приводи транспортних машин: навчальний посібник. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2020. 240 с.

18. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами: навч. посіб. для студентів ВУЗів. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.

19. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006, 400 с.

20. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Навчальний посібник К.: Арістей, 2007, 288 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.AT-35.00.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Тема магістерської роботи:

**Дослідження параметрів роботи ДВЗ
від зміни кута випередження
запалювання**

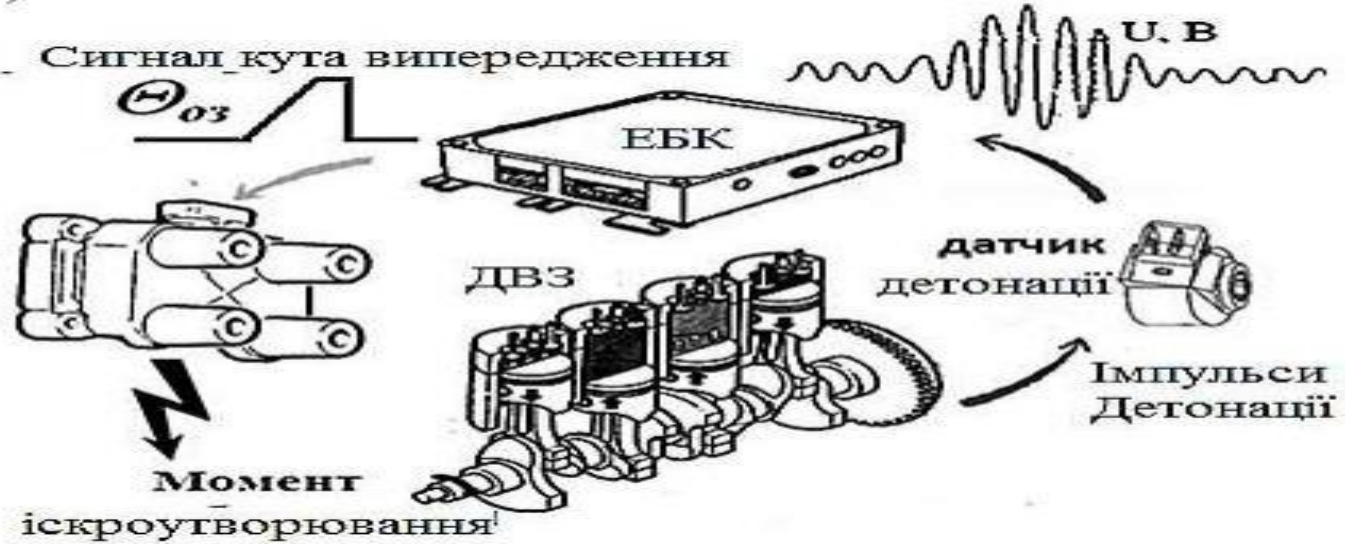
Семенюк Олександр Ярославович



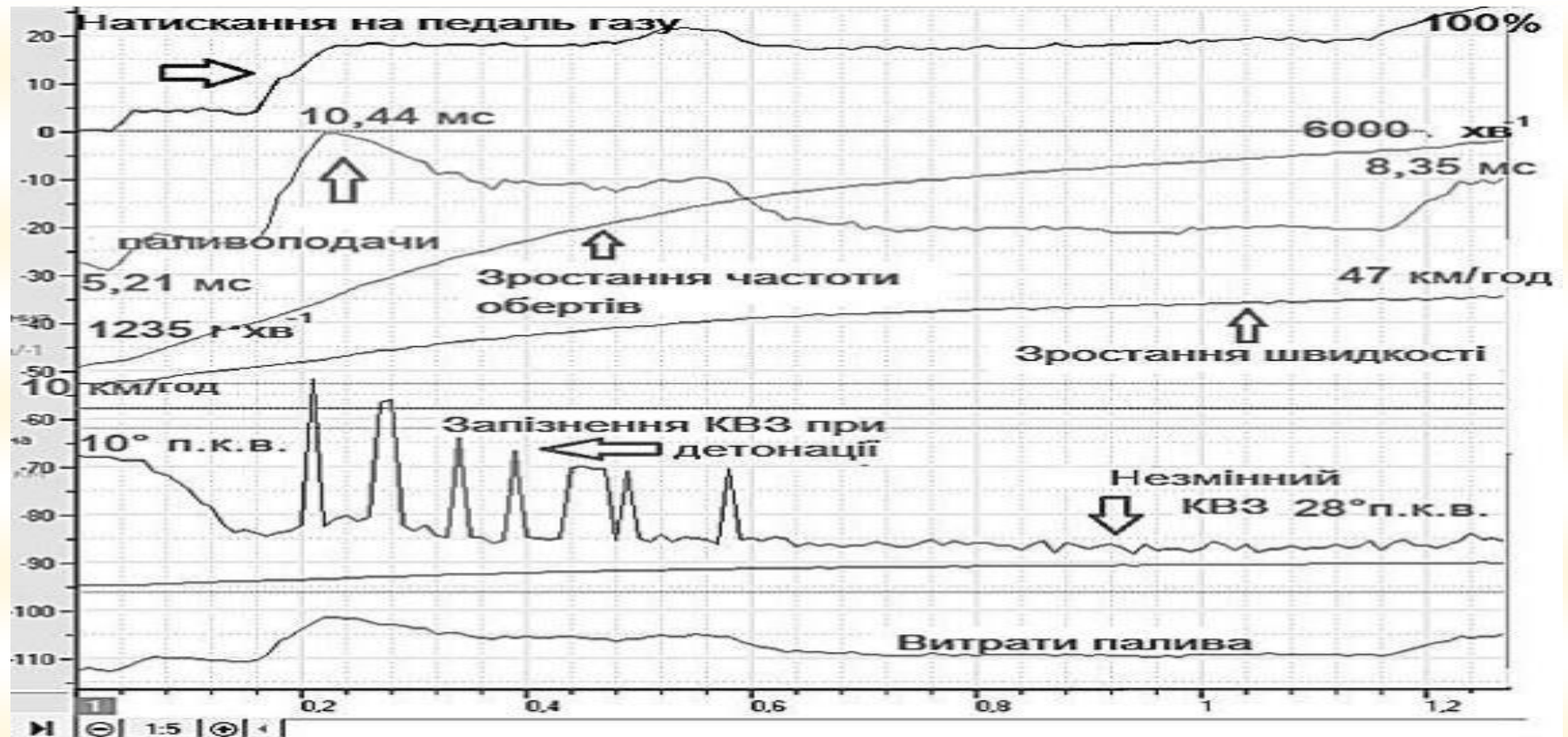
Рисунок 2.1 – Електронні елементи підсистеми запалювання двигуна з ЕБК: запалювання для сучасних ДВЗ: а – модуль дистанційного запалювання; б – двовиводні DIS-котушки; в – індивідуальні котушки для COP-систем; г – інтегровані індивідуальні котушки запалювання.



Рисунок 2.2 – Електронні елементи підсистеми подачі палива двигуна з ЕБК: а – давач кількості обертів колінчастого валу; б – давач розподільчого валу; в – давач детонації; г – давач швидкості руху транспортного засобу; д – давач кількості кисню; е – давач кількості повітря у впускній магістралі; ж – давач положення дросельної заслінки; к – давач температури двигуна; л – давач вакууметричного тиску у впускній магістралі



Осцилограми зміни кута випередження автомобіля в системі із зворотнім зв'язком



ДІАГНОСТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ КУТА ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЮВАННЯ

4



Рисунок 4.1 – Діагностичне обладнання та електронні елементи, що впливають на зміну кута випередження запалювання: 1 – діагностичний комп'ютер; 2 – осцилограф; 3 – електромагнітна форсунка; 4 – тахогенератори; 5 – датчик положення дросельної заслінки; 6 – котушка запалювання; 7 – датчик розподільчого валу; 8 – датчик тиску газів у циліндрі; 9 - датчик положення колінчастого валу; 10 – датчик швидкості; 11 – струмові кліщі

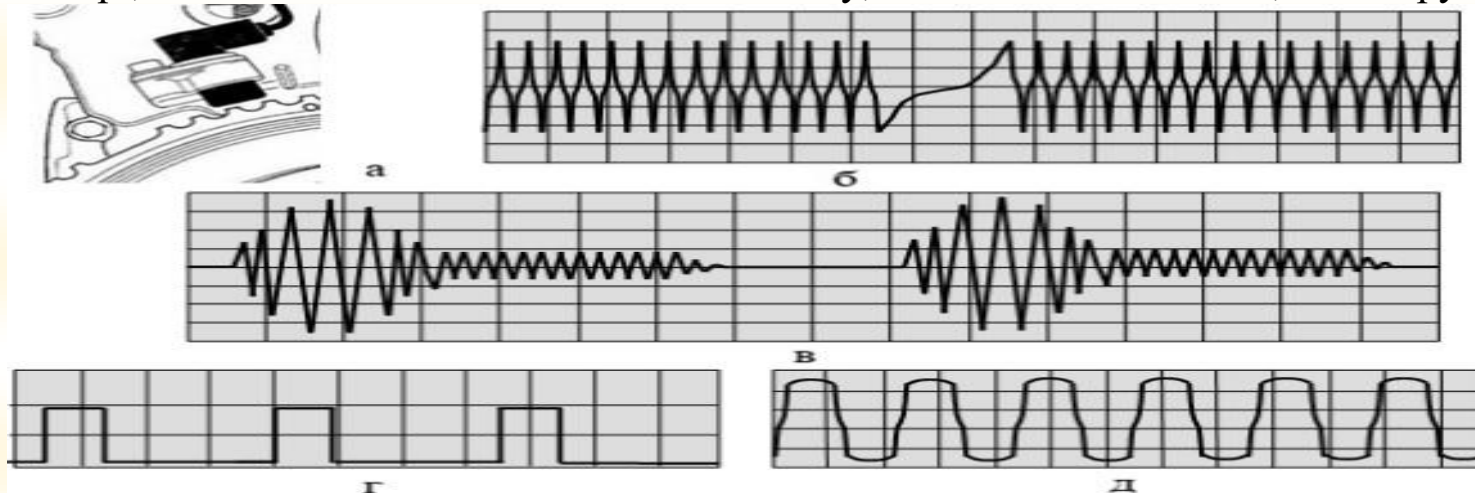


Рисунок 4.2 – Осцилограми датчиків: а – зв'язок датчика положення колінчастого валу із зубчастим диском; б – форма сигналу датчика КВ; в – сигнал детонації; г – сигнал швидкості руху автомобіля; д – сигнал кількості кисню у відпрацьованих газах

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ДВИГУНА ЗА КОРЕКТНОГО І НЕКОРЕКТНОГО КУТІВ ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЮВАННЯ

5

Для цього необхідно визначити загальну кількість тепла Q ДВЗ, що виділяється після спалювання робочої суміші: $Q = Q_n \cdot G_n$, кДж/год (5.1)

де Q_n - нижня питома теплота згоряння палива, кДж/кг; G_n - годинна витрата палива, кг/год.

Годинну витрату палива отримаємо, як добуток ефективної потужності N_e , і питомої витрати палива g

$$G_n = N_e \cdot g. \quad (5.2)$$

Ефективна теплота газів Q_e , визначиться: $Q_e = 3600 N_e$ (5.3)

Теплота g_e , яка витрачається на корисну роботу: $g_e = \frac{Q_e}{Q} \cdot 100 \%$ (5.4)

Теплоту Q_B , витрачену у навколишнє середовище, отримаємо за виразом:

$$Q_B = C \cdot i \cdot D^{2,3} \cdot n^{0,65} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot 3,6, \text{ кДж/год} \quad (5.5)$$

де C – коефіцієнт втрат ($C = 0,45 \dots 0,55$); i – кількість циліндрів; D – діаметр циліндра, мм; n – к-сть обертів колінчастого валу, об/хв.; α – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплота Q_r , що витрачається з відпрацьованими газами.

$$Q_r = C_p \cdot (T_r - T_{o.c.}) \cdot (G_{пов.} - G_n), \text{ кДж/год} \quad (5.6)$$

де C_p – середня теплоємність відпрацьованих газів, $C_p = 1,43$ кДж/кг град; T_r і $T_{o.c.}$ – температури газу і охолоджуючого середовища, К; $G_{пов.}$ і G_n – загальна кількість паливо-повітряного заряду, кг/год.

Кількість повітря $G_{пов.}$, що надходить у циліндри бензинового двигуна, визначиться:

$$G_{пов.} = 14,5 \alpha \cdot G_n, \text{ кг/год} \quad (5.7) \quad \text{Для розрахунку, приймаємо } G_n = 5,8 \text{ кг/год.}$$

Частка теплоти q_r , у відпрацьованих газах, визначиться: $q = q_r \cdot 100, \%$ (5.8)

Інші витрати теплоти $Q_{ін.в.}$: $Q_{ін.в.} = Q - (Q_e + Q_r + Q_B)$ (5.9)

Для проведення розрахунку цього процесу потрібно встановити початкові умови. Тиск і густина повітря у магістралі визначаються як параметри оточуючого середовища $P_{н.с.}$ і $\rho_{н.с.}$, і відповідно, стан газу в циліндрі визначається через величину, що характеризує кількість залишкових газів $G_{ог.}$

$$\gamma_{н.с.} = \frac{G_{ог.}}{\rho_{н.с.} \cdot V_h} \quad (5.10)$$

де $G_{ог.}$ – кількість повітря, кг; $\rho_{н.с.}$ – густина повітря, кг/см³; V_h – об'єм циліндра, см³.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ КУТА ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЮВАННЯ ІЗ РОБОЧИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА 6

Впливовим регулюючим фактором, що значно визначає характеристики двигуна, є кут випередження запалювання θ . Зазвичай, в бензинових двигунах внутрішнього згорання кут θ налаштовується в залежності від зміни обертової частоти n та рівня навантаження, що визначається вакууметричним тиском у впускному колекторі P . Основний принцип регулювання кута випередження запалювання, представлений на "карті запалювання", яка відображає залежність кута θ від n і P і зображена на рис. 6.1

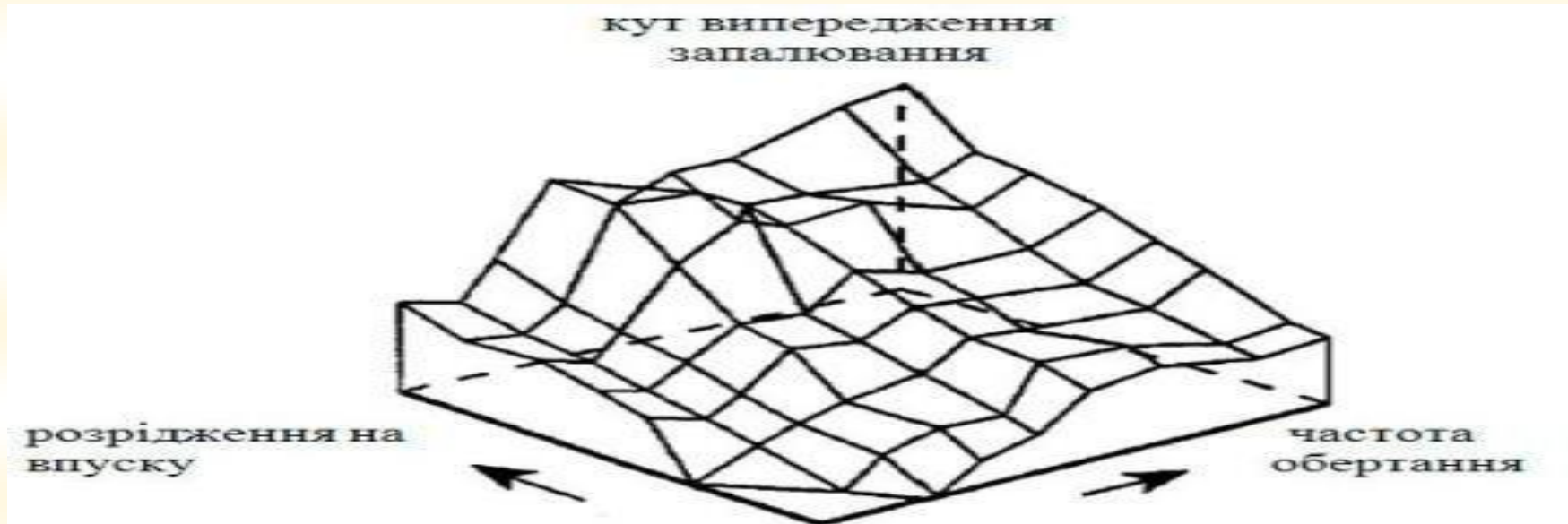


Рисунок 6.1 - Схема регулювання кута випередження запалювання у двигунах із іскровим запалюванням.

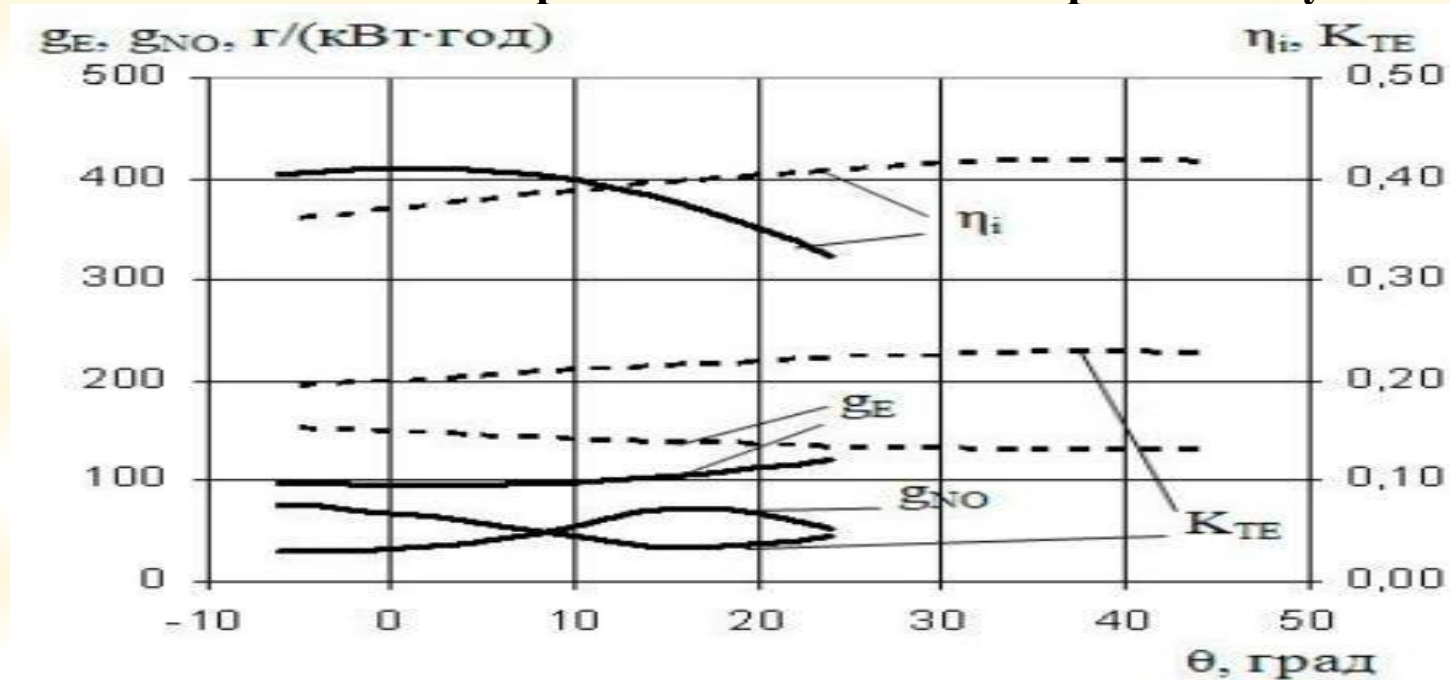
Оптимізація між показниками паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів двигуна, забезпечена за допомогою використання паливно-екологічного критерію:

$$K_{Te} = \frac{3600}{Q_H \cdot g_e} \cdot \frac{g_e}{g_e + \sigma \cdot f \sum_{k=1}^N (A_k \cdot g_{BVK})}, \quad (6.1)$$

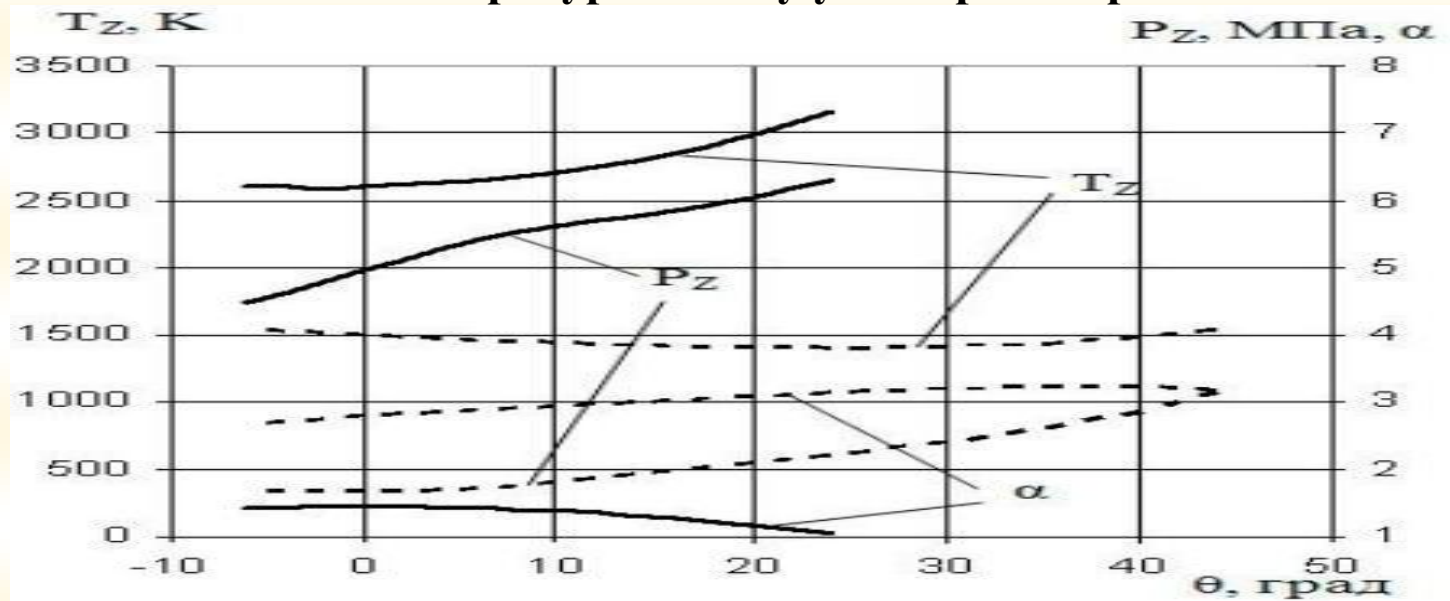
де g_e , g_{BVK} , - відповідно питома ефективна витрата палива і питомі викиди k -го компоненту отруйних речовин з відпрацьованими газами; A_k - відносна агресивність k -го компонента отруйних речовин; N - загальне число отруйних компонентів, що виштовхуються у атмосферне середовище; σ - показник відносної небезпеки забруднення для різних територій; f - безрозмірний коефіцієнт, який показує характер розсіювання отруйних речовин у атмосферу; Q_H - нижня теплота згорання робочої суміші.

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА ЗМІНИ КУТА ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЮВАННЯ

Зміна питомої витрати палива та індикаторного тиску



Зміна температури і тиску у камерах згоряння



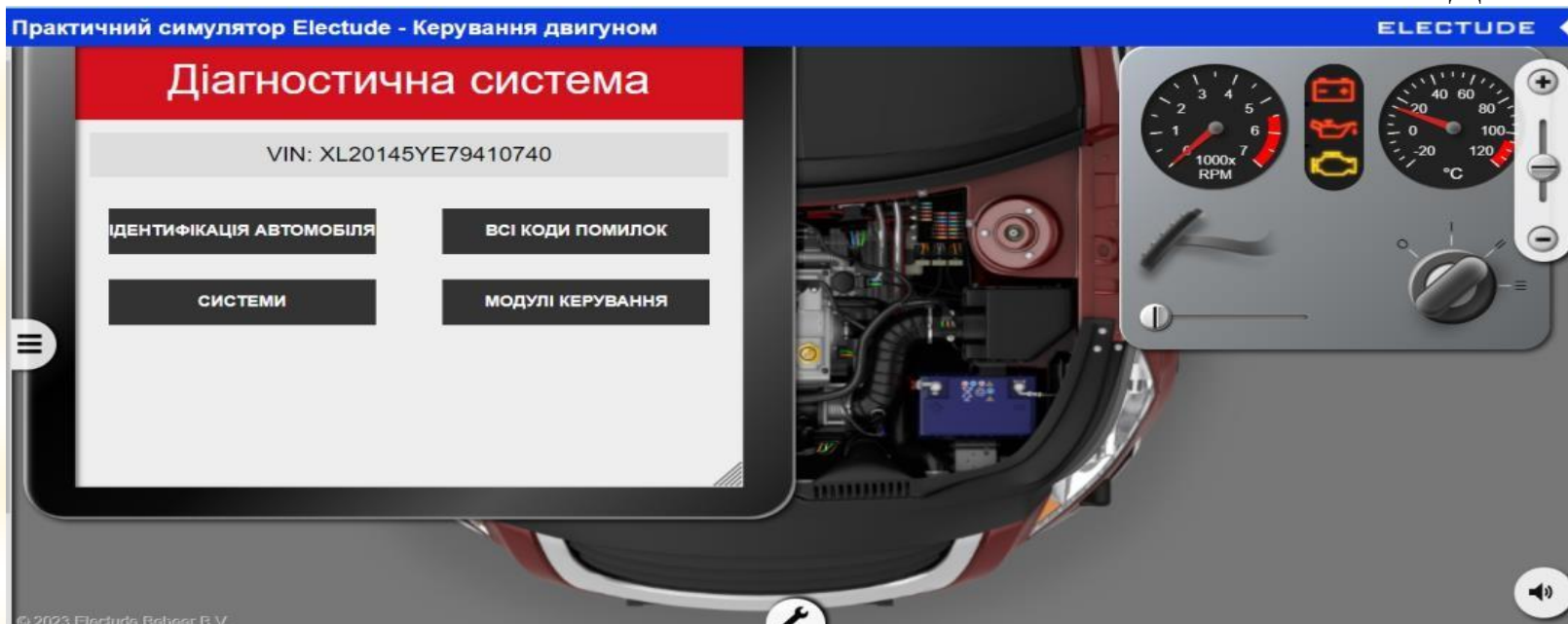


Рисунок 8.1 – Діагностичний інтерфейс програми «Electude»

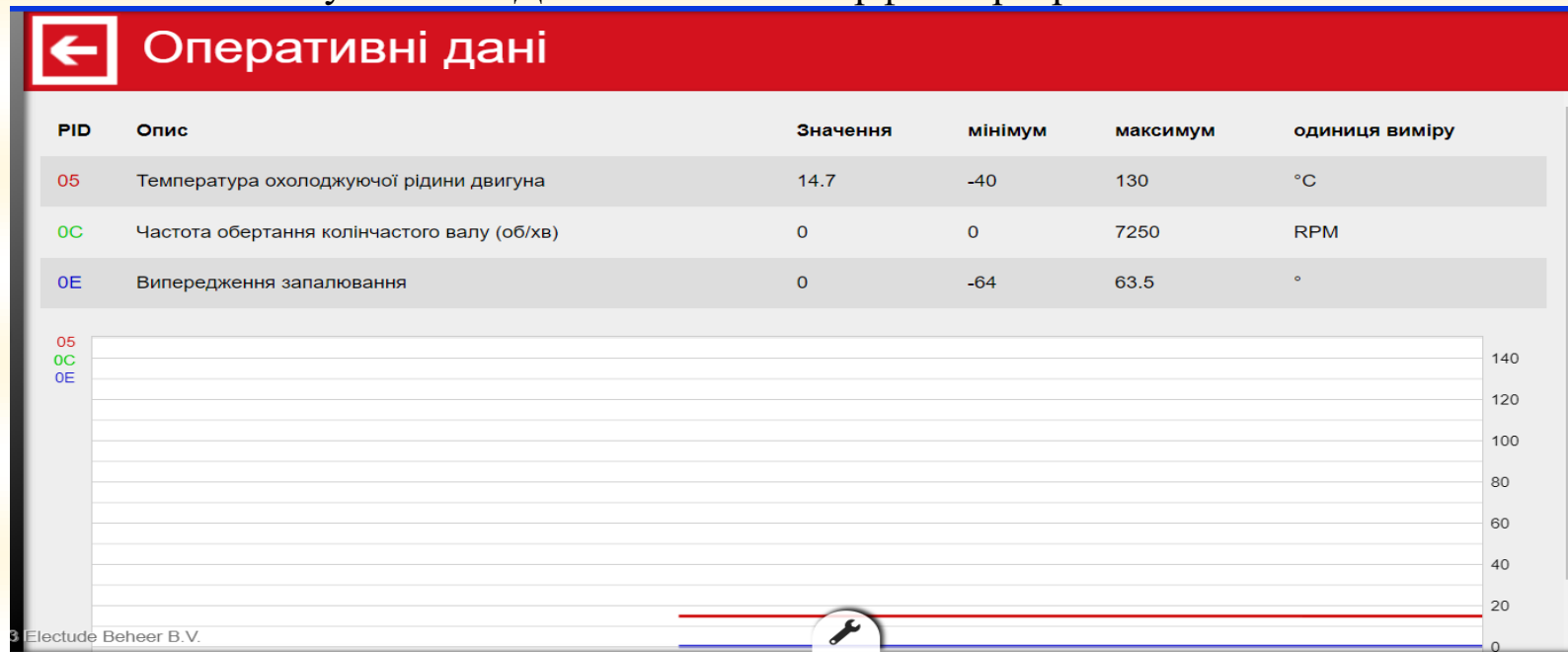


Рисунок 8.2 – Оперативні дані параметрів запалювання

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

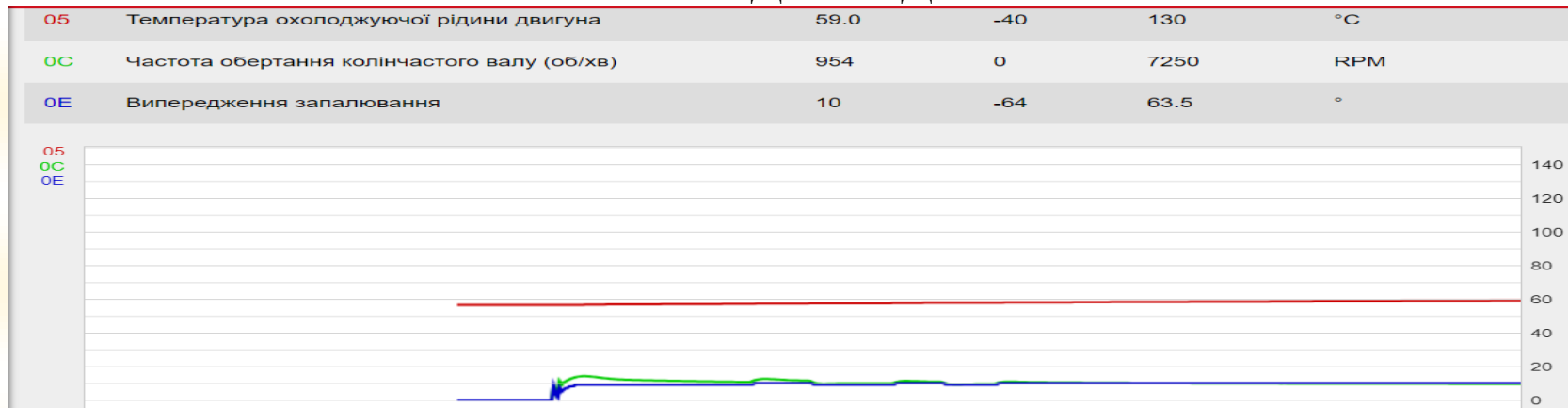


Рисунок 9.1 – Оперативні дані досліджуваних параметрів у період запуску холодного двигуна.

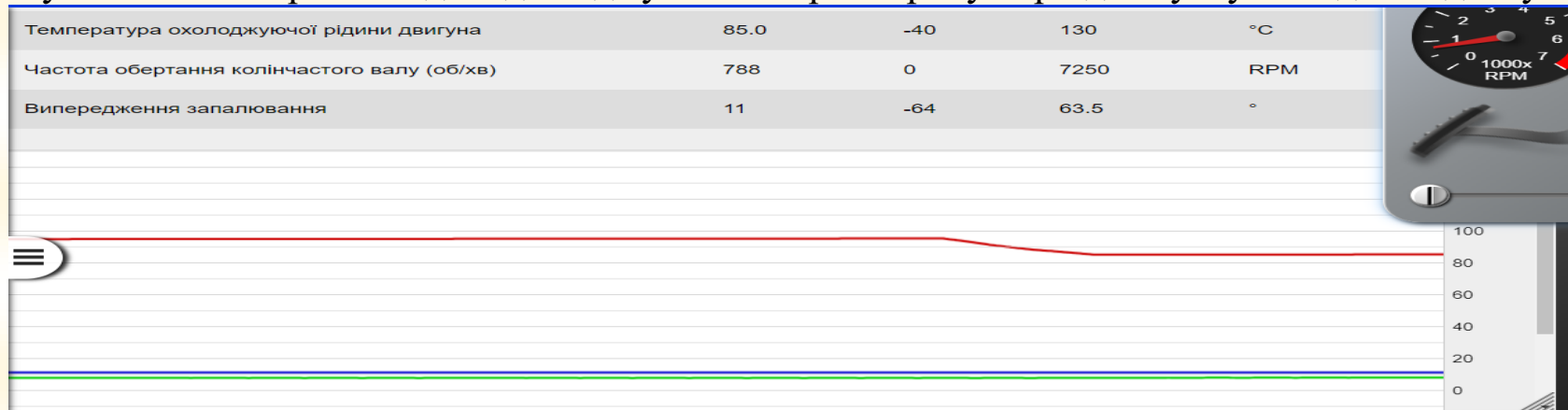


Рисунок 9.2 – Стабілізація температурного режиму бензинового двигуна на холостому ході

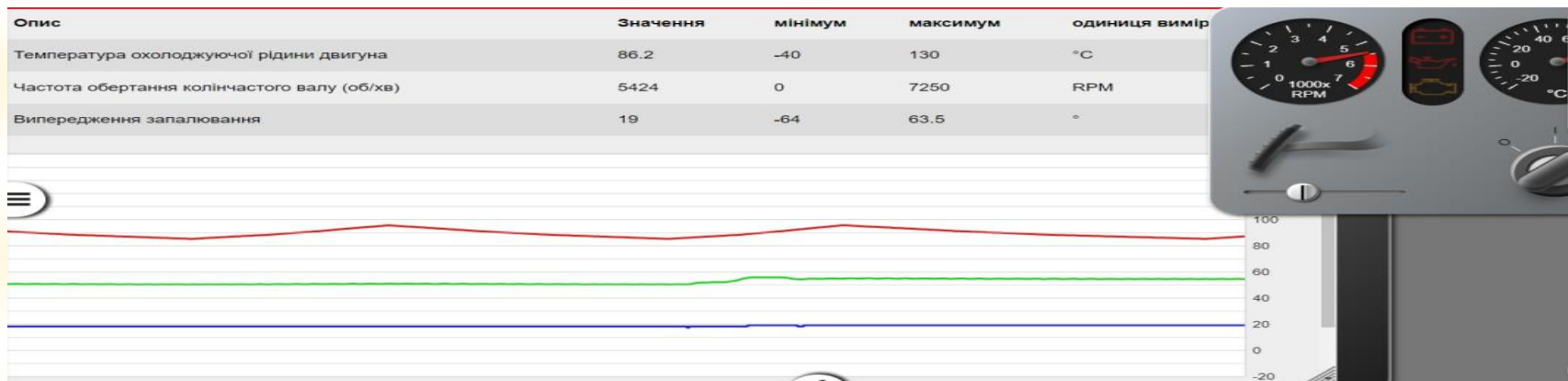
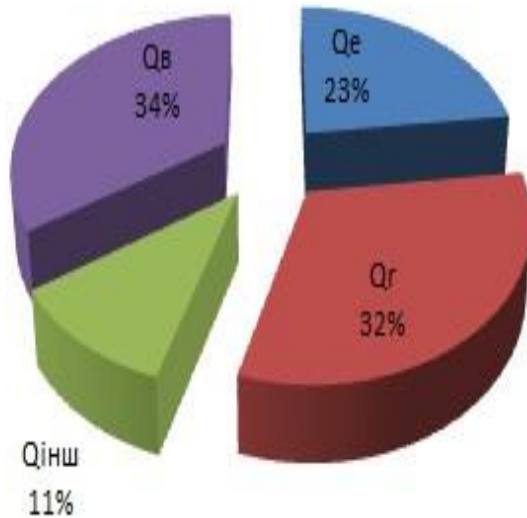


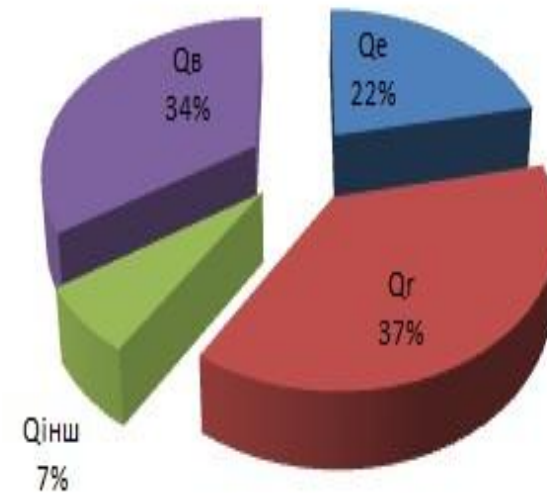
Рисунок 9.3 – Граничні значення досліджуваних параметрів бензинового двигуна.

Відповідно до методики теплового балансу двигуна із іскровим запалюванням, було проведено розрахунок (за некоректно встановленого кута випередження запалювання, коли ЕБК переходить на аварійний режим роботи) та побудовані наступні діаграми:

За коректного кута випередження запалювання



За некоректно встановленого кута випередження запалювання ЕБК



Аналізуючи діаграми, можна стверджувати, що робота бензинового двигуна з некоректним кутом випередження запалювання, веде до недогорання робочої суміші, що спричиняє до зниження ефективної теплоти до 3-5 %. Розрахунок корекції довжини впускної магістралі для бензинових двигунів, загальний об'єм циліндрів яких сягає до 2 л, становить близько 0,9 м. За використання віртуального середовища Matlab, досліджено і встановлено варіювання кута випередження запалювання, залежно від швидкісних і температурних характеристик двигуна із іскровим запалюванням. Він знаходиться у межах від 16 до 38°, що забезпечує оптимальну роботу двигуна.

Виконане теоретичне дослідження зміни кута випередження запалювання в процесі роботи бензинових двигунів, де, в основному, брались до уваги навантажувальні характеристики.

Згідно методики розрахунку теплового балансу бензинового двигуна з електронним управлінням отримано значення теплоти, вивільненої під час згоряння паливо-повітряної суміші (за неправильно встановленого кута запалювання, коли ЕБК двигуна переходить у аварійний режим роботи). Втрати ефективної теплоти Q_e склали 3-5 % відносно роботи двигуна за правильно скорегованого електронним блоком управління кута випередження запалювання.

Описано методику розрахунку на предмет залежності довжини впускної магістралі від установлених режимів роботи двигуна (на холостому ходу і при номінальних обертах колінчастого валу, коли ЕБК встановлює оптимальний кут випередження запалювання). Графічно відображено і досліджено вплив величини кута випередження запалювання на робочі характеристики бензинового двигуна.

Використовуючи програму «Electude» встановлено залежність кута випередження запалювання від швидкісних та температурних характеристик двигуна із іскровим запалюванням. Цей кут варіюється від 16 до 38°, що забезпечує оптимальну ефективність роботи двигуна.

Змодельовані можливі події, що можуть вплинути на безпеку проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Проведено розрахунок пожежної безпеки будівлі, де відбуваються діагностичні і відновлювальні роботи автомобілів. Внутрішня захисна зона для будівель, де розміщені лабораторії, становить близько 27,43 м.

За використання неякісного палива, інжекторний двигун, що управляється ЕБК, переходить у аварійний режим роботи (тобто кут випередження запалювання може не відповідати експлуатаційним параметрам автомобіля). А це відповідно, економічні витрати та підвищені норми викидів отруйних речовин. За такого негативного процесу, витрати палива збільшились до 3,0 л /100 км, а річні економічні затрати склали близько 23578,83 грн./рік.