



ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“



ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА „ЕЛЕКТРОНИКА, КОМУНИКАЦИИ
И ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ“

маг. инж. Христо Анастасов Каневски

ПРИЛАГАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ
НА ЕКОЛОГИЧНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ В АВТОМОБИЛНИЯ
ТРАНСПОРТ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
„ДОКТОР“

Област на висше образование:

5. Технически науки

Професионално направление:

5.3. „Комуникационна и компютърна техника“

Докторска програма:

„Автоматизация на области от нематериалната сфера
(медицина, просвета, наука, административна дейност и др.)“

Научен ръководител:

проф. д-р инж. Слави Ясенов Любомиров

Пловдив, 2025 г.

Дисертационният труд е с обем 155 страници , включително 81 фигури, 12 таблици, оформени в увод, 4 глави, общи изводи, научно-приложни и приложни приноси, списък с използваните термини и съкращения, списък с публикациите на автора. Списъкът на цитираната литература включва 131 заглавия.

Означенията на формулите, фигурите и таблиците в автореферата съвпадат с тези в дисертационния труд на заседание на научно жури.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на разширения катедрен съвет на катедра „ЕЛЕКТРОНИКА, КОМУНИКАЦИИ И ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ“ при ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“ на 09.01.2025 г., Протокол № 70.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 18.03.2025 г. от 13:00 часа, ет.4, ул."Костаки Пеев"21.

Материалите по защитата на докторанта са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Физико-технологичния факултет при ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“, стая 214.

Научно жури: проф. д-р Невена Стоянова Милева
 проф. д-р Димитър Михайлов Токмаков
 проф. д-р Тодор Стоянов Джамийков
 доц. д-р Борислав Христов Миленков
 доц. д-р Николай Атанасов Шопов

Автор: маг. инж. Христо Анастасов Каневски

Заглавие: **ПРИЛАГАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА
ПОДОБРЯВАНЕ НА ЕКОЛОГИЧНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ В
АВТОМОБИЛНИЯ ТРАНСПОРТ**

Тираж: 30 бр.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Темата на настоящия дисертационен труд разглежда проблем, по който в последните години се работи изключително активно в световен мащаб, той е свързан с разработването на нови компютърни технологии за подобряване на екологичните показатели в автомобилния транспорт.

Екологичните характеристики на превозните средства, които се движат по пътищата, е в центъра на вниманието на производители, регулатори и потребители. Надеждността, скоростта, управлението и разходът на гориво са във фокуса на производството, диагностиката и експлоатацията на автомобилите.

Идентифицирането на замърсителите и механизмите, които са ги създали, води до прогресивно развитие на все по-строги разпоредби за справяне с проблемите на източника.

Провеждането на лабораторни изпитвания на двигатели с искрово запалване със симулирани неизправности е от изключителна важност. Технологиите за изгаряне и последваща обработка на емисиите между дизеловите двигатели и двигателите с искрово запалване се различават значително.

В процеса на решаване на поставения научен проблем дисертационният труд пряко кореспондира с изследванията на редица български и чуждестранни учени, които имат значителен принос в идентифицирането на замърсителите и механизмите, които са ги създали, в това число провеждане на лабораторни изпитвания на двигател със симулирани неизправности.

Концепцията на дисертационния труд предлага внедряване на програмируема електронна система за управление, която да замени оригиналната система на превозното средство с изследователска цел за изследване емисиите на замърсители.

Проведени са изследвания на вредните емисии, отделяни от бензинов двигател, в зависимост от съотношението въздух/гориво и ъгъла на запалване, управлявани от микропроцесорен блок. Практическите измервания са осъществени при различни обороти на двигателя. Представени и анализирани са данни за съотношението на гориво въздушната смес и нивата на вредните емисии с помощта на статистически методи.

На база на направените изследвания, се препоръчва оптимизация на съотношението на гориво въздушната смес на бензиновите двигатели с вътрешно горене.

Предложени са препоръки за реализиране на динамични режими на работа и горивни карти за двигателите с цел намаляване на вредните емисии при различни режими на шофиране.

Извършените изследвания са актуални както в момента, така и в обозримото бъдеще в посока подобряване на екологичните характеристики на превозните средства.

Цел на дисертационния труд:

Целта на дисертационния труд е да се изследват възможностите за прилагане на компютърни технологии за подобряване на екологичните показатели в автомобилния транспорт. На тази база да се обосноват подходи за извършване на изследвания в автомобила с цел подобряване на екологичните характеристики по отношение на CO, HC, CO₂.

Задачи за постигане на целта:

1. Да се извърши проучване и анализ на спецификата на състава на изгорелите газове за оценка на вредните емисии, влияещи на екологичните показатели в двигателите с вътрешно горене, систематизиране на източниците за подобряване на екологичните показатели.
2. Да се реализира и тества експериментална постановка и методика за изследване на различни неизправности на двигателите с вътрешно горене и тяхното им въздействие върху вредните емисии.
3. Избор на подход за провеждане на изследването относно факторите, влияещи върху емисиите на вредните газови компоненти на автомобил с двигател с вътрешно горене.
4. Да се реализират експериментални изследвания чрез прилагане на компютърни технологии за подобряване на факторите, влияещи на екологичните показатели.
5. Да се направят изследвания в автомобил с цел подобряване на екологичните характеристики по отношение на CO, HC, CO₂ и анализ на резултатите.

Използвани методи и средства на изследване:

Използваните методи за изследване са от научните области: електронни системи в автомобила, горивни уредби и системи, системи за управление на двигатели с вътрешно горене, компютърна диагностика на автомобила и статистически методи и анализи.

Внедряване и практическа приложимост

Реализирани, изследвани и анализирани са данните, за влиянието на корекцията на ъгъла на запалване върху количеството и състава на изгорелите газове. Проведени са изследвания и анализи на данни за влиянието на съотношението на горивно-въздушната смес върху състава на изгорелите газове.

Публикации по темата

Основните резултати са публикувани в: 2 броя в International Conference of Education, Research and Innovation, 2 броя в сборници доклади на СУБ – Смолян, 1 брой в сборник с доклади „ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ОБЩЕСТВО” и 1 брой в международния сборник „Ecologia Balkanica. Пет от публикациите са в съавторство с научния ръководител и една е самостоятелна.

Обем и структура на дисертационния труд

Дисертационният труд е с обем 155 страници, включително 81 фигури, 12 таблици, оформени в увод, 4 глави, общи изводи, научно-приложни и приложни приноси, списък с използваните термини и съкращения, списък с публикациите на автора. Списъкът на цитираната литература включва 131 заглавия, всички на латиница.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава 1. Анализ на състоянието на проблема

В глава първа от дисертационния труд е направено литературно проучване по конкретната проблематика. Представен е анализ на състоянието на проблема със замърсяването на въздуха, който е от критична важност за всички нас, както в национален така и в глобален мащаб. Конкретизирани са особеностите на основните източници на замърсяване, а именно автомобилния транспорт, оказващ влияние на замърсяването на въздуха. Анализирани са проблемите от проведеното литературно проучване. За постигане на поставената цел са дефинирани задачите на дисертационния труд. Подчертана е актуалността на проблема за намаляването на неблагоприятните последици от транспорта, която е важна цел на политиката на ЕС.

От направения обзор се констатира, че най-неблагоприятно влияние оказват емисиите на CO, CO₂ и HC. Обръща се особено внимание за спазване на екологичните норми при производството на двигатели и на различните методи и системи за минимизиране на токсичността на отработените газове.

Количествата на токсичните вещества в отработените газове на бензинови двигатели са представени в таблица 1.1.

Таблица 1.1. Състав и количество на отработените вредни газове според вида на двигателя.

Състав на отработените газове	Количествено съдържание [%]		Вид
	При дизелови двигатели	При бензинови Двигатели	
Азот	76 - 78	74 – 77	нетоксичен
Азотни оксиди	0,0002 - 0,05	0,0 – 0,8	токсичен
Кислород	2 - 18	0,3 – 8,0	нетоксичен
Вода	0,5 – 4,0	3,0 – 5,5	нетоксичен
Въглероден оксид	0,01 – 0,5	5,0 – 10,0	токсичен
Въглероден диоксид	1,0 – 10,0	5,0 – 12,0	нетоксичен
Въглеводороди	0,009 – 0,5	0,2 – 3,0	токсичен
Сажди	0,01 – 1,10 g/m ³	0,0 – 0,04 g/m ³	токсичен

Съвременният мащаб на производство на двигатели с вътрешно горене и тяхното използване доведе до факта, че тяхното въздействие върху опазването

на околната среда стана значително. Размерът на емисиите от двигателите с вътрешно горене е такъв, че те могат значително да променят концентрациите на химикали, които изграждат въздуха, водата, почвата, които стават опасни за живота. В следствие на експлоатацията, интегрираните в автомобилите системи за контрол на емисиите постепенно се влошават, което води до увеличаване на нивата на вредните газове, отделяни от тях. Автомобилният транспорт е един от основните източници на замърсители на въздуха.

Констатира се необходимостта да се симулират различните неизправности в автомобилен двигател и да се покаже тяхното въздействие върху емисиите от превозното средство. Наложително е да се реализира и тества експериментална методика за изследване на различни неизправности на двигателя.

В допълнение, повечето повреди, свързани с емисиите, не се виждат, с изключение на проблеми с дима, които са рядкост за съвременните превозни средства, което ги прави трудни за намиране от собственици на превозни средства и механици без оборудване за изпитване на емисии. В този контекст, от особена важност е да се акцентира върху този проблем от световен мащаб, а именно да се направят редица симулация на неизправности на двигателя и да се проследи тяхното въздействие върху вредните емисии.

Глава 2. Технологии за подобряване на екологичните показатели на двигателите с вътрешно горене

В глава втора от дисертационния труд се акцентира върху проблемите, породени от въглеродните отлагания в двигателите с вътрешно горене, тяхното въздействие върху мощностите и екологичните им характеристики, симптомите, които се показват в следствие на натрупаните отлагания. Представен и анализиран е резултат от премахването на нежеланите отлагания по вътрешните части на двигателя.

2.2.1. Въздействие на нагари върху работата на ДВГ

Известно е, че въглеродният нагар причинява драстично намаляването на икономията на гориво и на производителността. Много автомобили разчитат на вградени компютърни модули и сензори за оптималната работа на двигателя. Това е предпоставка да се анализира влиянието на въглеродния нагар и последствията и причините, оказващи влияние за неблагоприятното състояние на съвременните двигатели.

2.2.2. Конструктивни особености на използваната изследователска апаратура ETU-2200E.

В хода на проведените изследвания е използвана изследователската апаратура ETU-2200e (фиг.2.4). Тя представлява стенд за почистване, както на бензинови, така и на дизелови двигатели.

Стендът се използва за почистване на двигателя от въглеродни отлагания чрез последователно свързване към горивната система. Двигателя с вътрешно горене работи с развора от добавка за почистване на тези отлагания за определен период от време и съответното гориво използващо двигателя (дизел/бензин).

2.2.3. Резултати

След направените тестове на избрания автомобил за димност (сажди) се наблюдава изключително подобрене на екологичните му характеристики. След сравняване на измерените стойности – преди и след почистващия цикъл, можем да отчетем драстичен спад на вредните емисии.

В таблица 2.2 са представени получените резултати от теста на автомобила, преди почистващия цикъл.

Таблица 2.2. Получени резултати от димомера преди почистването.

Данни автомобил		
Марка – Опел Рег.№ СМ9793АХ	Модел - АСТРА	
Околна среда		
Температура градуси С-8	Налягане кРа-85	Влажност %:84
Измерени стойности		
Температура двигател- 80 градуса С RPM min 850(1/min)		
Норми:		
Температура двигател - 80 градуса С RPM min 500 -1000(1/min) Отклонения 0,25	Максимални обороти 1000до 5000 (1/min) Норми димност - 3(m-1)	
Стойности димност :	(m-1)	(1/min)
Димност ускорение №1 к	0,05	850
Димност ускорение №2 к	0,06	2010
Димност ускорение №3 к	0,07	2080
Димност ускорение №4 к	0,07	2130

В таблица 2.3. са изразени получените резултати след почистващият цикъл.

Данни автомобил		
Марка – Опел Рег.№ СМ9793АХ	Модел - АСТРА	
Околна среда		
Температура градуси С-6	Налягане кРа-86	Влажност %: 87%
Измерени стойности		

Температура двигател- 80 градуса С		
RPM min 850(1/min)		
Норми:		
Температура двигател - 80 градуса С	Максимални обороти	
RPM min 500 -1000(1/min)	1000до 5000 (1/min)	
Отклонения 0,25	Норми димност - 3(m-1)	
Стойности димност :	(m-1)	(1/min)
Димност ускорение №1 к	0,03	2150
Димност ускорение №2 к	0,02	2040
Димност ускорение №3 к	0,03	2080
Димност ускорение №4 к	0,03	2120

2.2.4. Изводи

От проведените експерименти и получените резултати може да се обобщи, че почистването на вътрешните части на двигателя със стенд (ETU-2200E) води до подобряване работата на двигателя и неговите екологични параметри. Видно е от анализа на резултатите, че има намаляване на вредните емисии.

Глава 3. Симулации на неизправности на двигател вътрешно горене с цел изследване тяхното въздействие върху вредните емисии

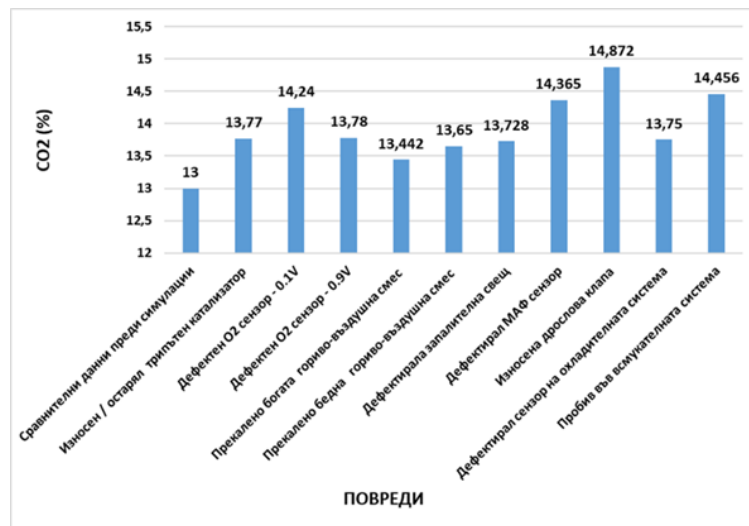
В настоящата глава от дисертационния труд са симулирани различни неизправности в автомобилен двигател и е посочено тяхното въздействие върху емисиите от превозното средство.

3.1. Симулация на неизправности на двигателя и тяхното въздействие върху вредните емисии.

Представени са общо 10 различни неизправности. Графичните резултати са анализирани, за да се предостави информация за ефективността на емисиите на моторните превозни средства. Данните се използват за оценка на ефекта от параметри като натоварване на двигателя и околна температура върху емисиите от превозното средство. Направени са тестове, които бяха симулирани и групирани в следните функционални области: всмукване на въздух, подаване на гориво, запалване и системи за последваща обработка на отработените газове.

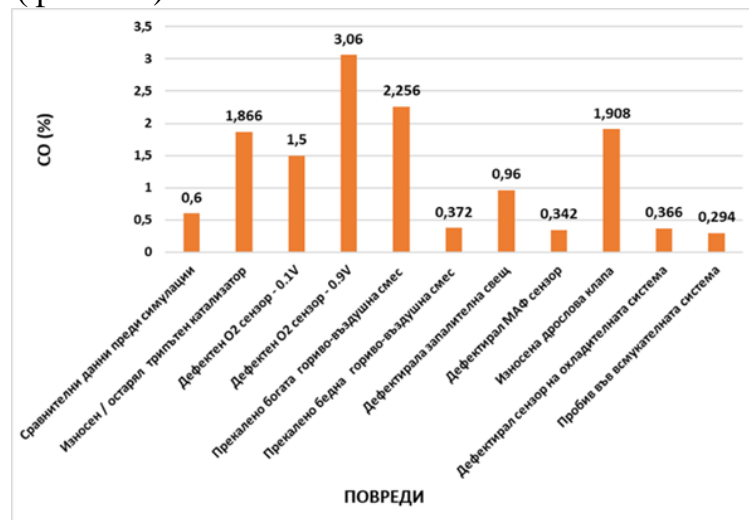
3.1.4. Експериментални резултати

Проведените тестове дават основание да се установи, че на пръв поглед незначителни повреди могат да влошат състава на вредните емисии в пъти. Концентрацията на въглероден диоксид остава сравнително стабилна, като най-голямо влияние оказва неизправността във механизма на дроселовата клапа. При нея стойностите достигат до 14,872%. Графиката със стойностите на въглероден диоксид е обобщена и изобразена на фигура 3.2.



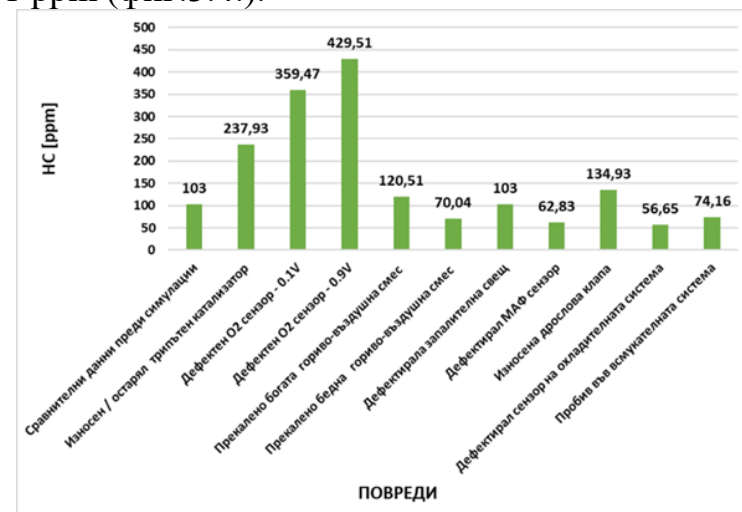
Фиг. 3.2. Резултати от емисиите на CO₂ за различните неизправности.

Най-висока концентрация на въглероден оксид се отчита при неизправност на кислородния сензор с постоянно напрежение от 0,9 V., като стойностите достигат до 3,06%(фиг.3.3.).



Фиг. 3.3. Резултати от емисиите на CO за различните неизправности.

Най-висока концентрация на въглеводороди се отчита при неизправност на кислородния сензор с постоянно напрежение от 0,9 V., като стойностите достигат до 429.51 ppm (фиг.3.4.).



Фиг. 3.4. Резултати от емисиите на HC за различните неизправности.

3.2. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГАЗОВИ ДЮЗИ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ ВРЕДНИТЕ ЕМИСИИ.

Представеното изследване в тази част от дисертационния труд се фокусира върху анализа на сигнали от електронно управлявани клапани (дюзи), които регулират впръскването на гориво във всмукателния колектор на двигатели с вътрешно горене. Експериментите показват, че електронното управление на дюзите осигурява по-прецизно дозиране на горивото, което води до по-ефективно изгаряне и съответно до по-ниски нива на вредни емисии.

3.2.4 Принцип на проверка с осцилоскоп на газова дюза.

Канал А:

Свързва се затихвател 10:1 към входа на Канал А на осцилоскопа, след това се свързва измервателната сонда към затихвателя. Червеният извод на сондата се свързва към един от изводите на дюзата, черният извод към маса (шаси).

Канал В:

Свържете 60 амперови ампер клещи към входа на Канал В на обхват $\pm 20\text{A}$. Превключвателят трябва да бъде в положение $1\text{mV}/10\text{mA}$.

Ампер клещите се включват и чрез натискане на бутона ZERO клещите се нулират, преди да се свържат към веригата на дюзата.

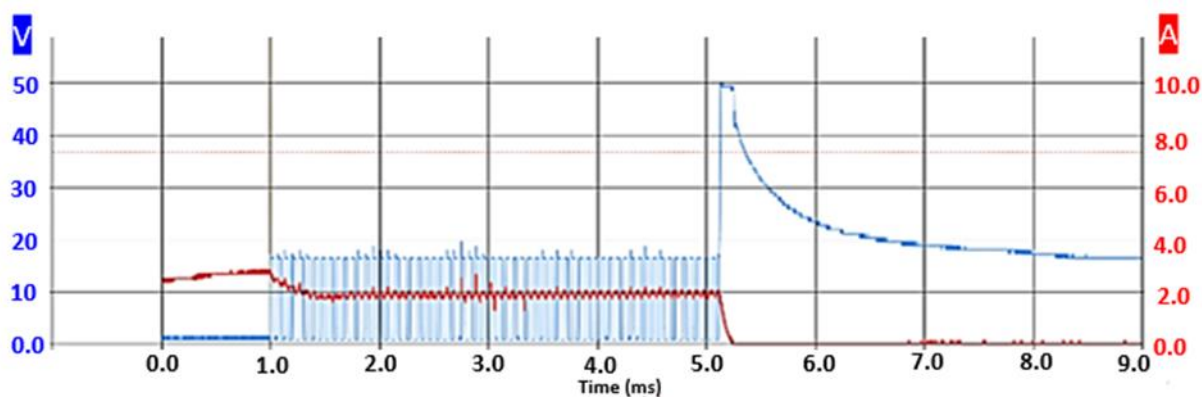
Ампер клещите трябва да се присъединят към само единия от двата кабела към дюзата без значение към кой точно (само полярността се изменя в зависимост от избрания кабел).

Двигателят се запалва и се оставя да загрее до работна температура.

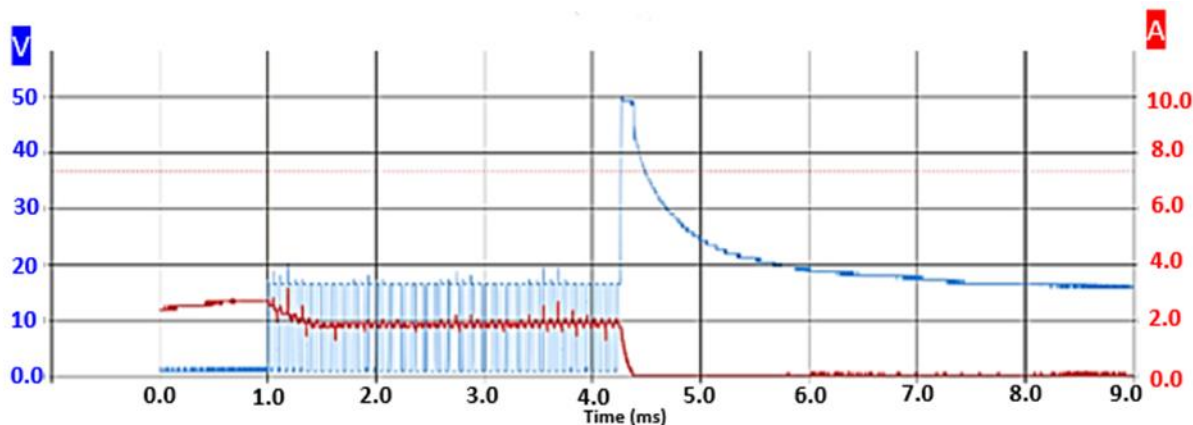
Резултати

Извършването на диагностика, чрез помощта на осцилоскоп, позволява да се наблюдават напрежението и токът, преминаващи през газовата дюза в реално време. Изпитването на всяка дюза се прави по отделно. На фиг.3, фиг.4, фиг.5 и фиг.6 са изобразени резултатите от проведеното проучване.

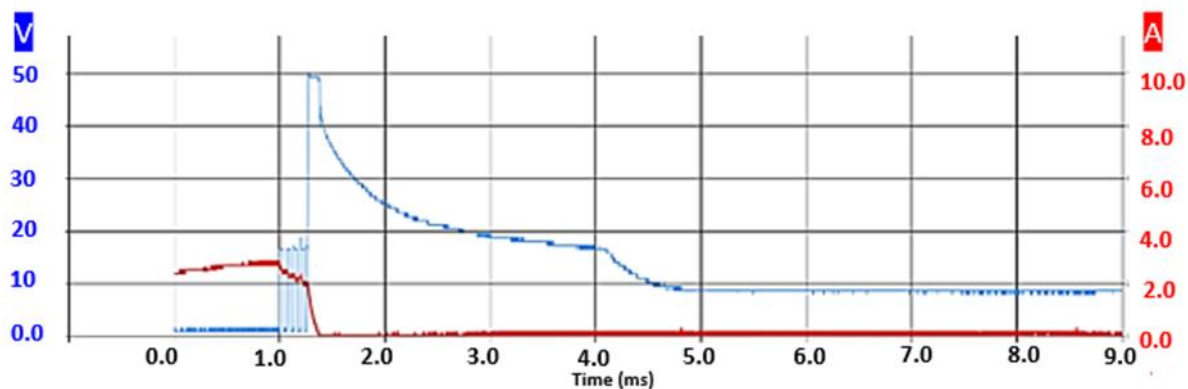
При задействане на соленоида се образува магнитно поле, след неговото изключване това магнитно поле се индуцира обратно в соленоида, което води до скок в напрежението. Пиковото напрежение се сравнява с това на останалите дюзи. Различно пикови напрежение означава проблем с електрическата верига. При спад на напрежението сигнала трябва да спада плавно. Не равномерно спадане на сигнала означава механично засядане на соленоида (фиг 3.7). При сигнала на силата на тока трябва да се наблюдава плавно променяне на сигнала. Рязка промяна означава късо съединение във веригата.



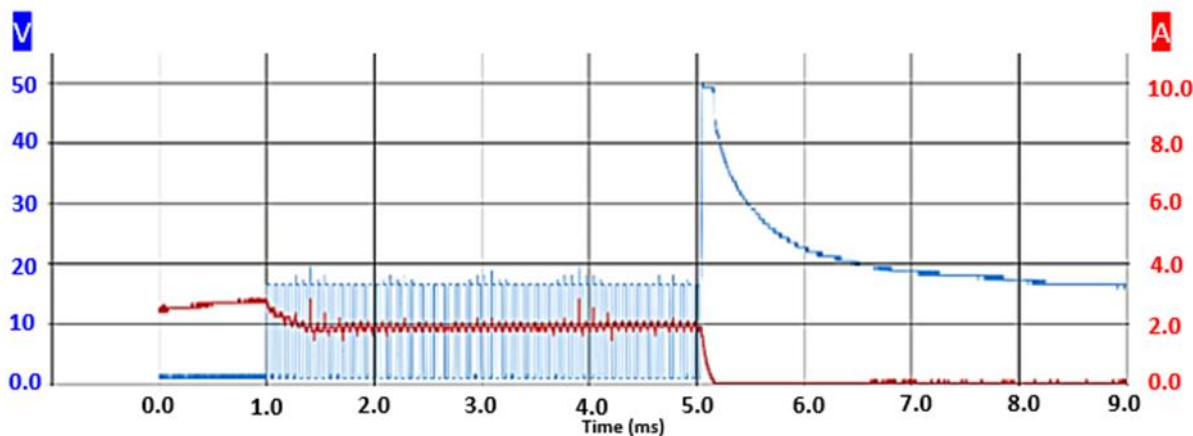
Фиг. 3.7. Резултати от изпитването на газова дюза на първи цилиндър.



Фиг. 3.8. Резултати от изпитването на газова дюза на втори цилиндър.



Фиг. 3.9. Резултати от изпитването на газова дюза на трети цилиндър.



Фиг 3.10. Резултати от изпитването на газова дюза на четвърти цилиндър.

След проведеното изследване се открива неизправност при работата на 3 дюза. Останалите дюзи работят изправно.

3.4 Изводи

След направените тестове се установява, че на пръв поглед незначителни проведи могат да влошат състава на вредните емисии в пъти. От екологична гледна точка, това изследване предостави съществена информация относно влиянието на различни повреди върху състава и количеството на вредни емисии, отделени от двигателите с вътрешно горене.

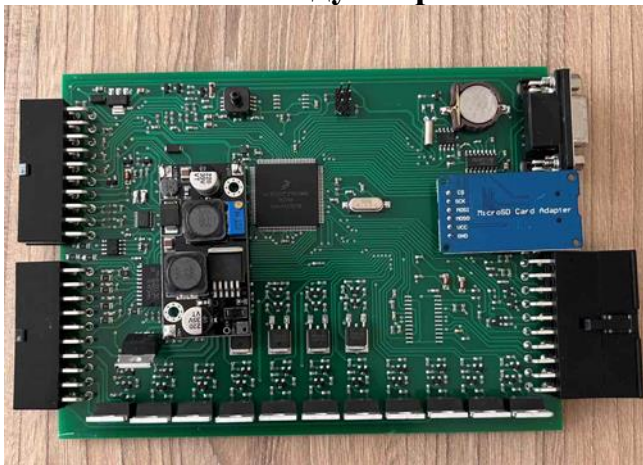
ГЛАВА 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

В тази глава от дисертационния труд се представя изследване за влиянието на съотношението на гориво въздушната смес и ъгъла на запалване върху вредните емисии от бензинов двигател. Резултатите от изследванията са анализирани от екологична гледна точка. В представения научен труд експериментите са проведени с бензинов двигател BMW 318. Той е оборудван с електронен блок за управление MegaSquirt 3, софтуер TunerStudio MS и с газ анализатор Kane AUToPlus. Измерени са концентрациите на въглероден оксид (CO), въглероден диоксид (CO₂) и неизгорели въглеводороди (HC). Изследванията са направени при различни обороти на двигателя, различни съотношения на гориво въздушната смес и различен ъгъл на запалване. Получените данни от представените изследвания са използвани за съставяне на корелационни уравнения, които описват зависимостта между съотношението на гориво въздушната смес, ъгъла на запалване и нивата на вредните емисии.

4.1.1 Хардуер

За обезпечаване на идейния проект на дисертационния труд е използван хардуерния продукт MegaSquirt 3 (фиг. 4.1).

4.2. Изследване на вредни емисии от бензинов двигател в зависимост от съотношението въздух/гориво.



Фиг. 4.1 Микропроцесорен контролер MegaSquirt 3.

Изследването е проведено с бензинов двигател от BMW 318, оборудван с електронен блок за управление MegaSquirt 3 и софтуер TunerStudio MS. Двигателят е свързан с газ анализатор Kane AUToPlus, който измерва емисиите на въглероден диоксид (CO₂), въглероден оксид (CO) и въглеводороди (HC).

4.2.1. Описание на експерименталната установка.

Експерименталната установка, използвана за провеждане на изследването, е изобразена на фигура 4.3. Двигателят е монтиран на лабораторен стенд, позволяващ мониторинг на основните му параметри и работни процеси. Електронният блок за управление MegaSquirt 3 е конфигуриран за управление на запалването и други параметри на двигателя, като за конфигурацията е използван софтуерния продукт „Tuner Studio MS”.



Фиг. 4.3 Експериментална установка.

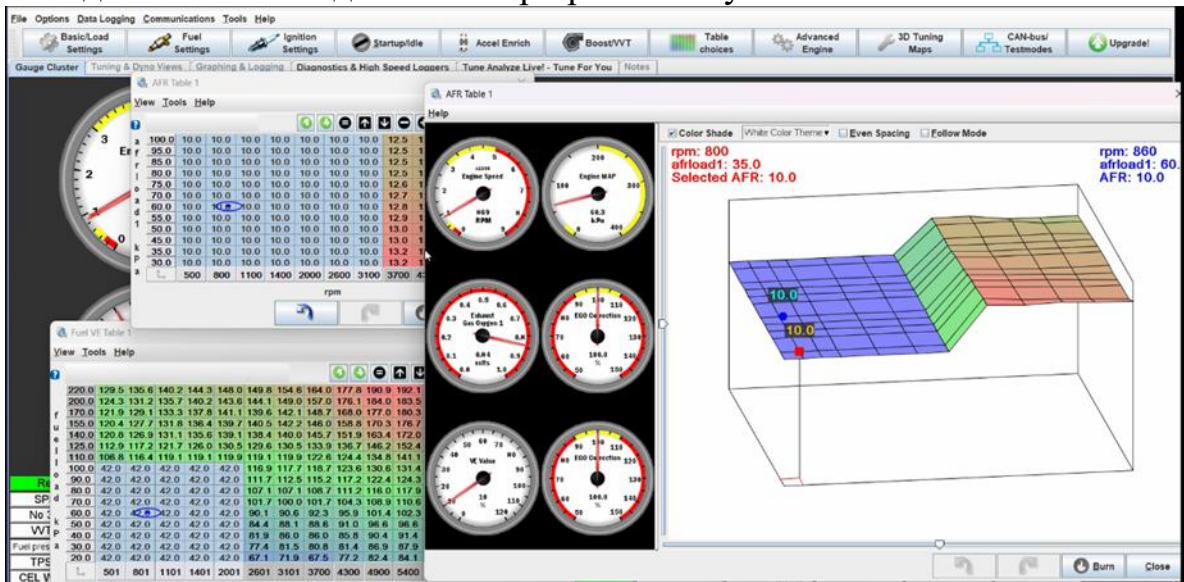
4.3. Софтуер за настройка и мониторинг на параметрите на двигателя

Характеристики на TunerStudio MS: Интуитивен потребителски интерфейс, който позволява бързо и ефективно настройване на параметрите на двигателя.

Предоставя възможност за наблюдение на данни в реално време, включително обороти на двигателя, температура на

охладителната течност, налягане в колектора и други важни параметри.

Настройка на запалването и горивните карти: инструменти за създаване и редактиране на запалителни и горивни карти, които позволяват оптимизация на производителността на двигателя при различни условия.



Фиг. 4.4. TunerStudio MS.

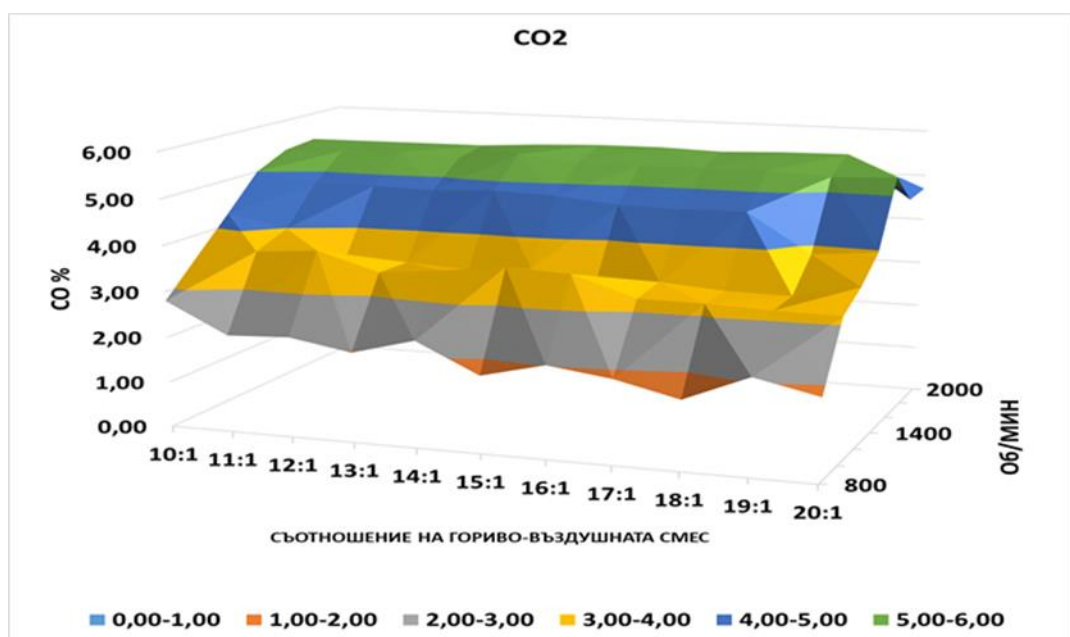
4.4. Експериментални резултати

Проведени са експериментални изследвания за вредните емисии, отделяни при работата на бензинов двигател с вътрешно горене – въглероден диоксид (CO_2), въглероден оксид (CO) и въглеводороди (HC), при различно съотношение на гориво въздушната смес и различни обороти на двигателя.

Резултатите от проведените изследвания на изменението на CO_2 в зависимост от съотношението на гориво въздушната смес и оборотите на двигателя са представени в табличен вид – Таблица 1. За обработването на резултатите са използвани корелационни уравнения, чрез които се получават корелационните коефициенти на изследваните емисии.

Таблица 4.1. CO_2 в зависимост от стойностите на съотношението на гориво въздушната смес и оборотите на двигателя

CO2		Обороти на двигател (RPM/min)						
		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Съотношение на гориво-	10:1	2,80	3,53	4,25	5,00	5,32	5,40	4,47
	11:1	2,14	3,72	3,99	4,80	5,36	5,41	4,74
	12:1	2,20	3,82	3,48	4,81	5,39	5,42	4,70
	13:1	1,97	3,43	3,40	4,78	5,31	5,43	4,70
	14:1	2,33	3,56	3,33	4,85	5,46	5,51	4,70
	15:1	1,69	3,72	3,43	4,80	5,36	5,56	4,70
	16:1	2,02	3,66	3,11	4,68	5,35	5,57	4,68
	17:1	1,84	3,23	3,32	4,65	5,35	5,53	4,68
	18:1	1,52	3,22	3,22	4,67	5,36	5,58	4,64
	19:1	2,10	3,17	3,20	3,84	5,29	5,60	4,59
	20:1	1,80	3,15	3,48	3,96	5,34	4,66	4,70



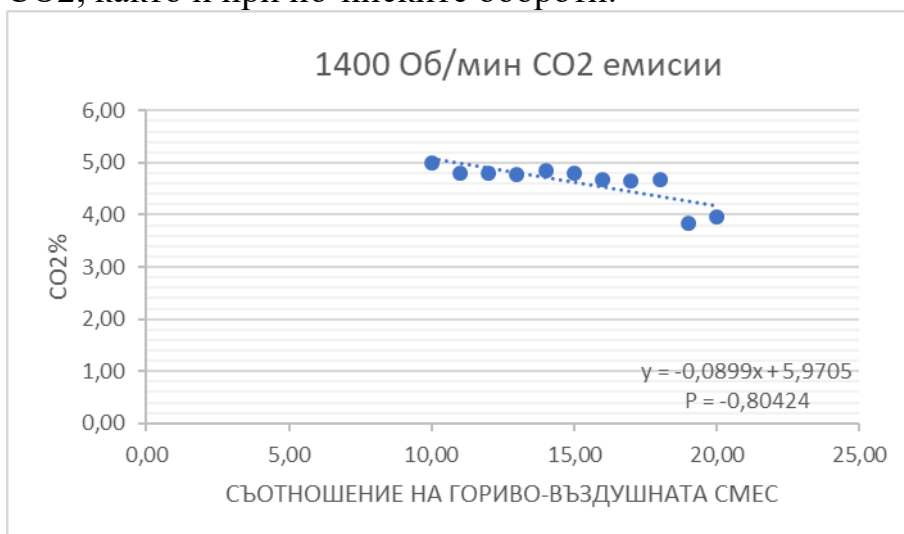
Фиг. 4.6. Диаграма на CO2 при различно съотношението на гориво въздушната смес и различни обороти на двигателя.

Анализът на резултатите, визуализирани на фиг. 4.6, дава основание да се направят следните изводи:

1. При стойности на съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 17:1 до 20:1 и обороти на двигателя в диапазона от 800-1200 об./мин, стойностите на CO2 са най-ниски – 1,5 до 4 %;
2. Най-високи са стойностите на CO2 съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 10:1 до 14:1 и обороти на двигателя в диапазона от 1400-1800 об./мин;
3. Стойностите на корелационните коефициенти доказват силно изразена зависимост между съотношението на горивно-въздушната смес и измерените стойности на CO2.

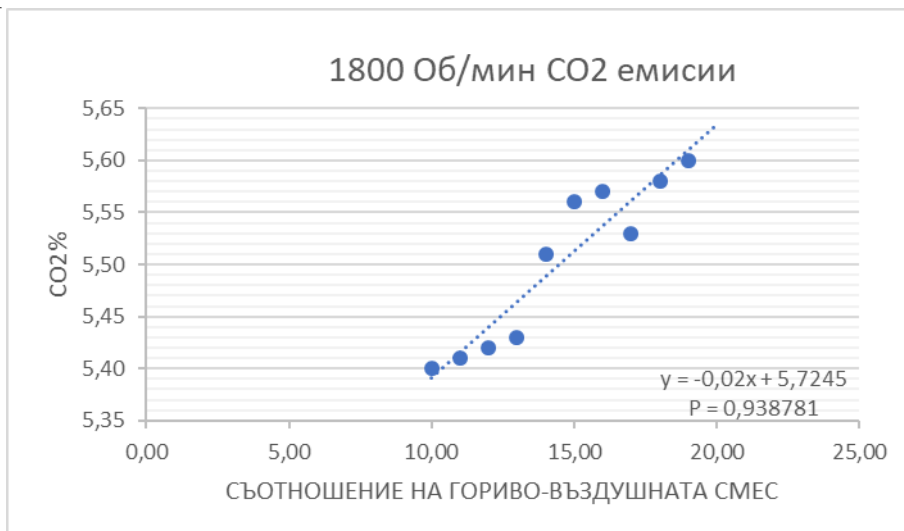
На фиг. 4.10 е изобразена графика, показваща връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на CO2 (%) при 1400 оборота в

минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0.089x + 5.9705$, което показва, че с всяко увеличение на AFR с 1 единица, емисиите на CO₂ спадат с около 0.089%. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0,80424$ показва силна негативна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1400 RPM увеличаването на AFR (по-богата горивна смес) също води до намаляване на емисиите на CO₂, както и при по-ниските обороти.



Фиг. 4.10. Графика, илюстрираща корелацията между CO₂ и различното съотношение на гориво въздушната смес при 1400 об./мин.

На фиг. 4.12. е изобразена графика, показваща връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на CO₂ (%) при 1800 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0.02x + 5.7245$, което показва, че с всяко увеличение на AFR с 1 единица, емисиите на CO₂ се увеличават с около 0.002%. Коефициент на корелация (P-value): $P = 0.938781$ показва силна положителна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1800 RPM промяната на AFR оказва силно влияние на емисиите на CO₂.



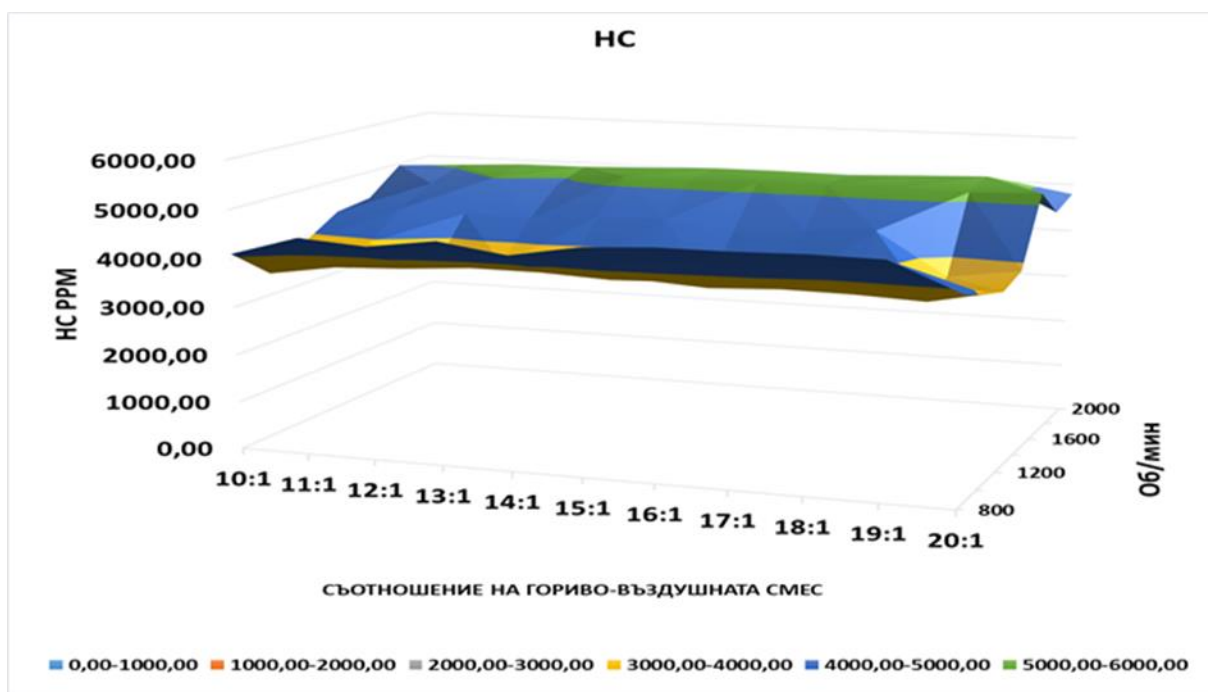
Фиг. 4.12. Графика, илюстрираща корелацията между CO₂ и различното съотношение на гориво въздушната смес при 1800 об./мин.

Резултатите от проведените изследвания на изменението на неизгорели въглеводороди (HC) в зависимост от стойностите на съотношението на гориво

въздушната смес и оборотите на двигателя са представени в табличен вид (виж таблица 2). За обработването на резултатите са използвани корелационни уравнения, чрез които се получават корелационните коефициенти на изследваните емисии.

Таблица 4.2. НС в зависимост от стойностите на съотношението на гориво въздушната смес и оборотите на двигателя.

НС		Обороти на двигател (RPM/min)						
		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Съотношение на гориво въздушната смес	10:1	4098,00	3449,00	3875,00	4321,00	4416,00	4966,00	4061,00
	11:1	4506,00	3661,00	3950,00	4461,00	4813,00	5041,00	4824,00
	12:1	4409,00	3718,00	3501,00	4431,00	5011,00	5113,00	4809,00
	13:1	4598,00	3815,00	3663,00	4402,00	4942,00	5122,00	4796,00
	14:1	4397,00	3812,00	3563,00	4500,00	5163,00	5170,00	4806,00
	15:1	4638,00	3745,00	3500,00	4513,00	5144,00	5218,00	4794,00
	16:1	4715,00	3788,00	3409,00	4371,00	5184,00	5223,00	4785,00
	17:1	4715,00	3856,00	3474,00	4431,00	5184,00	5200,00	4756,00
	18:1	4747,00	3997,00	3458,00	4516,00	5190,00	5257,00	4701,00
	19:1	4728,00	3942,00	3399,00	3653,00	5169,00	5303,00	4641,00
20:1	4152,00	3909,00	3688,00	3854,00	5218,00	4613,00	4600,00	



Фиг. 4.14. Диаграма на НС при различно съотношението на гориво въздушната смес и различни обороти на двигателя.

Анализът на резултатите, визуализирани на фиг. 4.14, дава основание да се направят следните изводи:

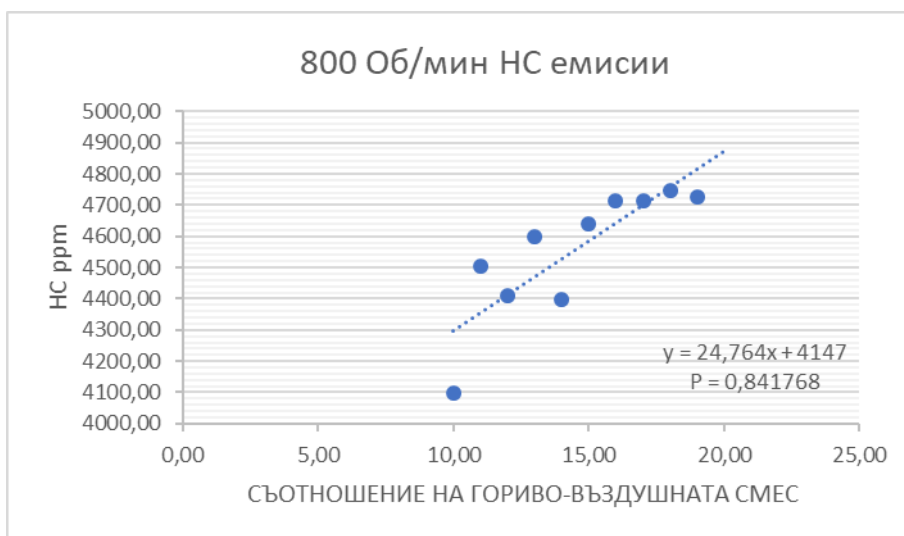
4. При стойности съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 14:1 до 18:1 и обороти на двигателя в диапазона от 1000-1200 об./мин, стойностите на НС са най-ниски – 3000 до 4000 ppm;

5. Най-високи са стойностите на HC съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 17:1 до 19:1 и обороти на двигателя в диапазона от 1600-1800 об./мин;

6. Стойностите на корелационните коефициенти доказват ясно изразена зависимост между съотношението на горивно-въздушната смес и измерените стойности на HC при 1600 об./мин. и слаба зависимост при 800 и 1000 об./мин.

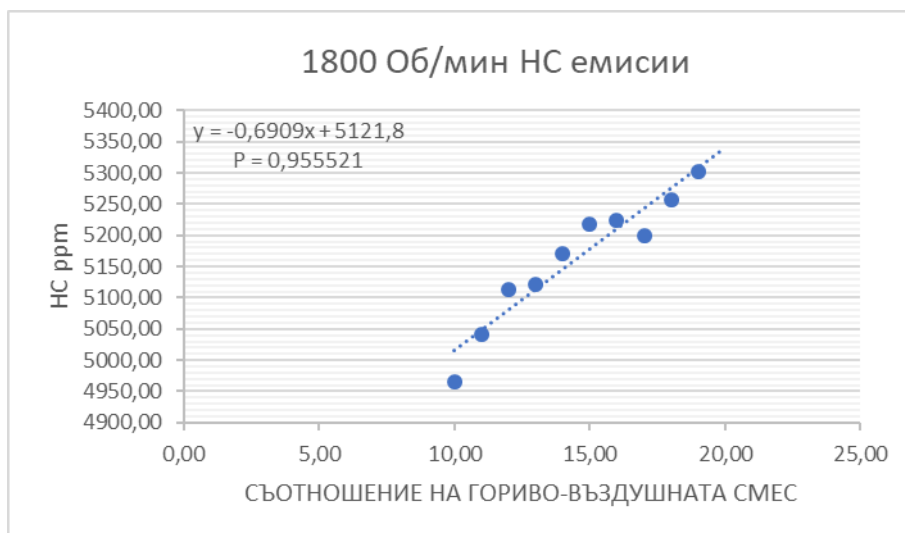
7. Видно от резултатите е и фактът, че при по-богата смес нивата на HC падат при по-високи обороти, което се основава и на по-голямата скорост на отвеждане на изгорелите газове.

На фиг. 4.15. е изобразена графика, показваща връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на HC (ppm) при 800 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y=24.764x+4147$, което показва, че с всяко увеличение на AFR с 1 единица, емисиите на HC се увеличават с 24.764 ppm. Коефициент на корелация (P-value): $P = 0.841768$ показва силна положителна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 800 RPM, с увеличаване на AFR, емисиите на HC се увеличават.



Фиг. 4.15. Графика, илюстрираща корелацията между HC и различното съотношение на гориво въздушната смес при 800 об./мин.

На фиг. 4.20 е изобразена графика, показваща връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на HC (ppm) при 1800 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y=-0.6909x+5121.8$, което показва, че с всяко увеличение на AFR с 1 единица, емисиите на HC се увеличават с 0.6909 ppm. Коефициент на корелация (P-value): $P = 0.955521$ показва много силна положителна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1800 RPM, с увеличаване на AFR, емисиите на HC значително се увеличават.



Фиг. 4.20. Графика, илюстрираща корелацията между НС и различното съотношение на гориво въздушната смес при 1800 об./мин

Таблица 4.3. СО в зависимост от стойностите на съотношението на гориво въздушната смес и оборотите на двигателя

СО		Обороти на двигател (RPM/min)						
		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Съотношение на гориво-въздушната смес	10:1	0,07	0,09	0,03	0,08	0,07	0,61	0,14
	11:1	0,07	0,09	0,01	0,07	0,21	0,56	0,12
	12:1	0,03	0,08	0,08	0,06	0,22	0,55	0,10
	13:1	0,03	0,09	0,09	0,05	0,43	0,48	0,10
	14:1	0,02	0,09	0,09	0,06	0,52	0,46	0,10
	15:1	0,01	0,08	0,09	0,50	0,50	0,41	0,11
	16:1	0,02	0,08	0,06	0,06	0,61	0,42	0,11
	17:1	0,01	0,08	0,05	0,03	0,56	0,33	0,09
	18:1	0,01	0,08	0,05	0,03	0,56	0,34	0,09
	19:1	0,00	0,07	0,04	0,13	0,55	0,32	0,11
	20:1	0,07	0,06	0,03	0,08	0,51	0,32	0,09

Резултатите от проведените изследвания на изменението на въглеродните оксиди (СО) в зависимост от стойностите на ъгъла на запалване и оборотите на двигателя са представени в табличен вид (виж таблица 4.3). За обработването на резултатите са използвани корелационни уравнения, чрез които се получават корелационните коефициенти на изследваните емисии.

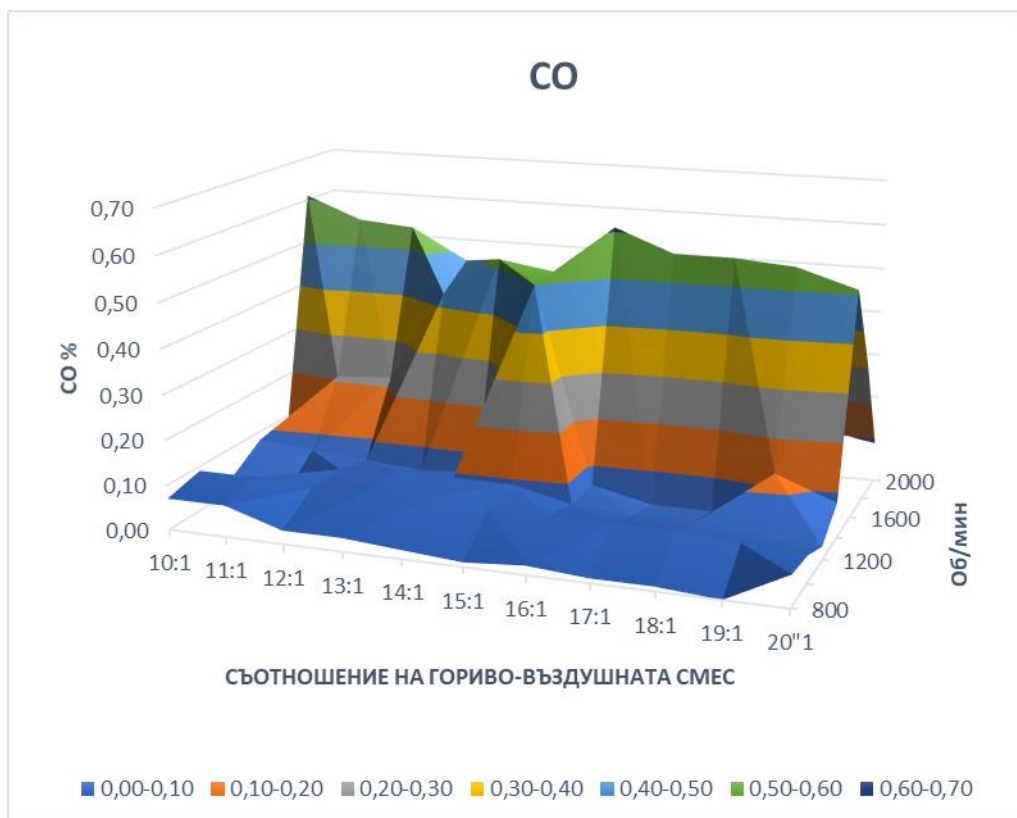
Анализът на резултатите, визуализирани на фиг. 4.22, дава основание да се направят следните изводи:

8. При стойности на съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 16:1 до 20:1 и обороти на двигателя в диапазона от 800-1400 об./мин, стойностите на СО са най-ниски – 0,01 до 0,1 %;

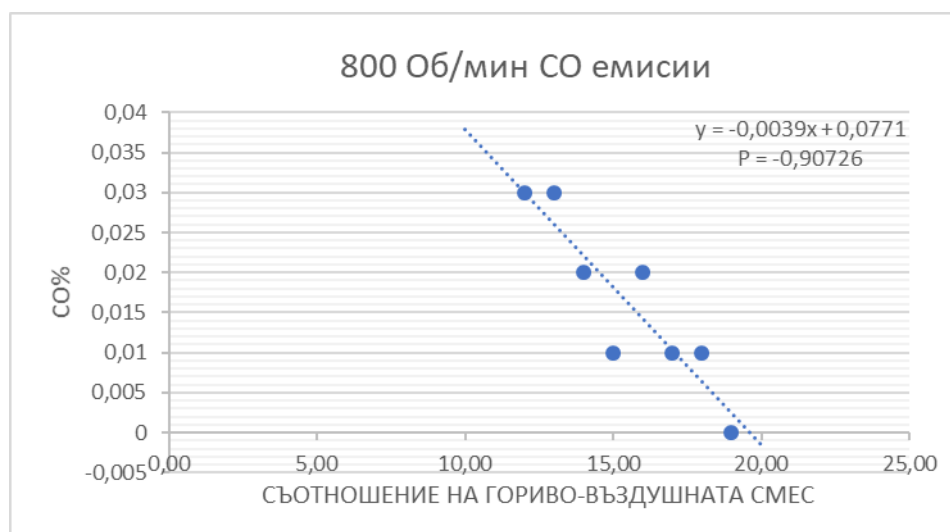
9. Най-високи са стойностите на СО при съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 10:1 до 11:1 и обороти на двигателя в диапазона от 1600-1800 об./мин;

10. Стойностите на корелационните коефициенти доказват ясно изразена зависимост между ъгъла на запалване и измерените стойности на CO.

11. Видно от резултатите и диаграмата е силно изразеното отделяне на CO при обороти на двигателя 1800 и съотношението на горивно-въздушната смес в диапазона от 10:1 до 14:1 и последващото намаляване на CO при увеличаване на оборотите на двигателя и обогатяване на горивно-въздушната смес.



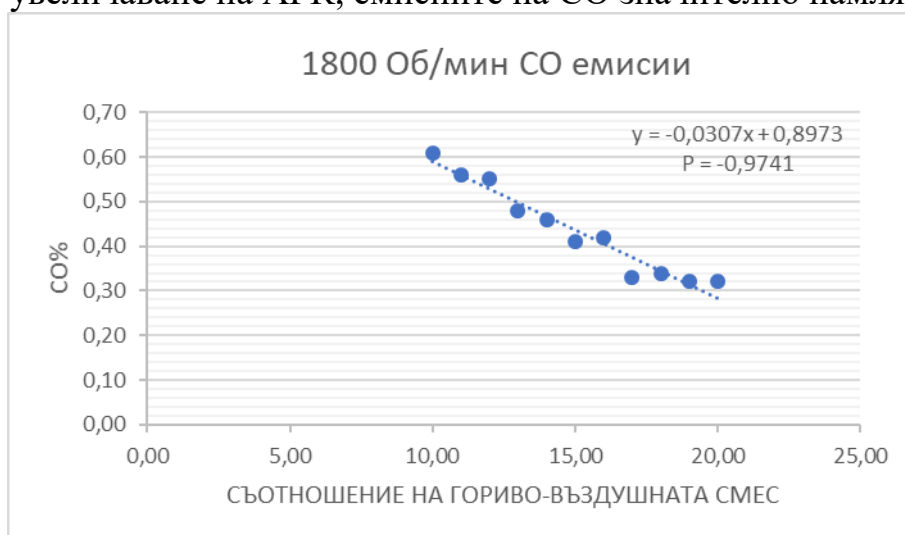
Фиг. 4.22. Диаграма на CO при различно съотношението на гориво въздушната смес и различни обороти на двигателя



Фиг. 4.23. Графика илюстрираща корелацията между CO и различното съотношение на гориво въздушната смес при 800 об./мин

На фиг. 4.23. е изобразена графика, показваща връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на CO % при 800 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0.0035x + 0.0827$, което показва, че с всяко увеличение на AFR с 1 единица, емисиите на CO намаляват с около 0.0035%. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0.90726$ показва умерена отрицателна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 800 RPM, с увеличаване на AFR, емисиите на CO намаляват.

На фиг. 4.28 е изобразена графика, показваща връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на CO % при 1800 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0.0307x + 0.8973$, което показва, че с всяко увеличение на AFR с 1 единица, емисиите на CO намаляват с около 0.0307%. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0.9741$, показва силна отрицателна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1800 RPM, с увеличаване на AFR, емисиите на CO значително намаляват.



Фиг. 4.28. Графика, илюстрираща корелацията между CO и различното съотношение на гориво въздушната смес при 1800 об./мин.

4.5.1.1. Процедура за промяна на ъгъла на запалване.

Определяне на началния ъгъл на запалване според спецификациите на производителя. Промяна на ъгъла на запалване на стъпки от 5 градуса в диапазона от 0 до +40 градуса.

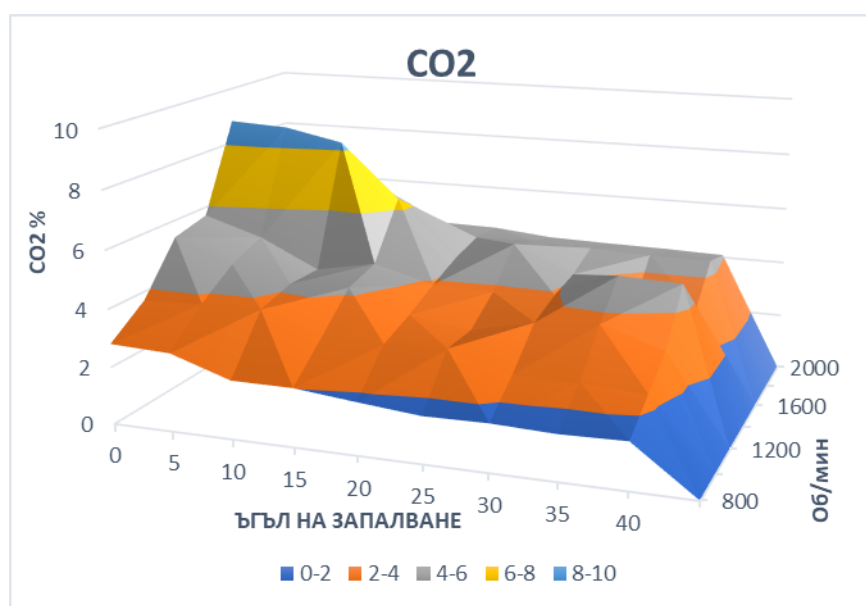
4.6. Експериментални резултати

Проведени са експериментални изследвания за вредните емисии отделяни при работата на бензинов двигател с вътрешно горене – въглероден диоксид (CO₂), въглероден оксид (CO) и въглеродороди (HC), при различни ъгли на запалване и различни обороти на двигателя.

Резултатите от проведените изследвания на изменението на CO₂ в зависимост от стойностите на ъгъла на запалване и оборотите на двигателя са представени в табличен вид (виж таблица 4.4.). За обработването на резултатите са използвани корелационни уравнения, чрез които се получават корелационните коефициенти на изследваните емисии.

Таблица 4.4. CO₂ в зависимост от стойностите на ъгъла на запалване и оборотите на двигателя

CO ₂		Обороти на двигател (RPM/min)						
		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Ъгъл на запалване [градуси]	0	2,8	3,7	5,4	5,7	8,8	6,67	6
	5	2,71	3,79	4,6	5,06	8,69	3,86	4,59
	10	2,02	3,8	4,1	4,06	8,26	6,5	4,65
	15	2,016	3,069	4,17	4,46	6,34	4,25	4,47
	20	1,8	3,05	3,42	3,9	4,305	4,56	4,43
	25	1,6	3,13	3,11	3,84	5,01	4,6	4,23
	30	1,63	2,51	3,59	3,93	4,1	4,52	4,18
	35	1,55	2,5	3,75	4,81	3,16	4,44	4,15
	40	1,6	2,35	3,075	4,73	3,25	4,42	4,09



Фиг. 4.30. Диаграма на CO₂ при различни ъгли на запалване и различни обороти на двигателя.

Анализът на резултатите, визуализирани на фиг. 4.30, дава основание да се направят следните изводи:

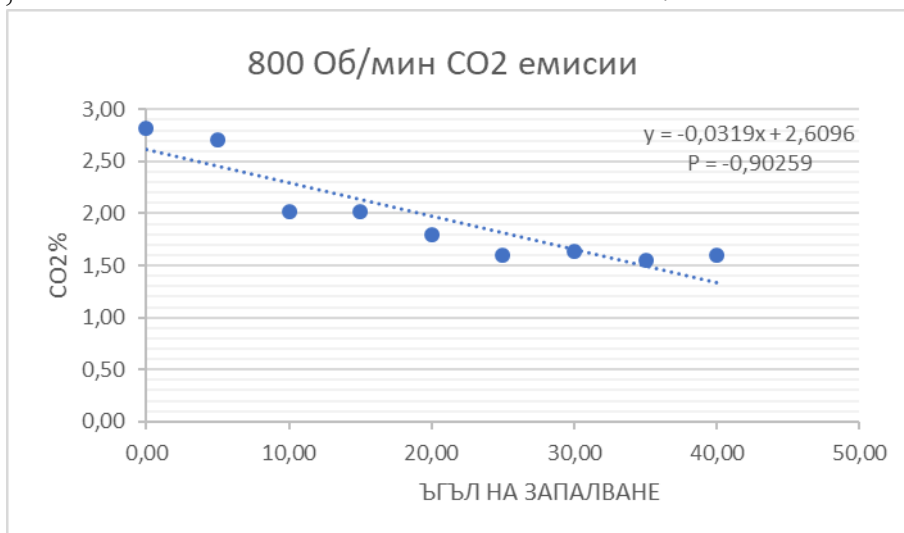
12. При стойности на ъгъла на запалване от 15-40 градуса и обороти на двигателя в диапазона от 800-2000 об./мин, стойностите на CO₂ са най-ниски – 1,8 до 4,5 %;

13. Най-високи са стойностите на CO₂ при ъгъл на запалване от 0-10 градуса и обороти на двигателя в диапазона от 1400-2000 об./мин;

14. Стойностите на корелационните коефициенти доказват силно изразена зависимост между ъгъла на запалване и измерените стойности на CO₂.

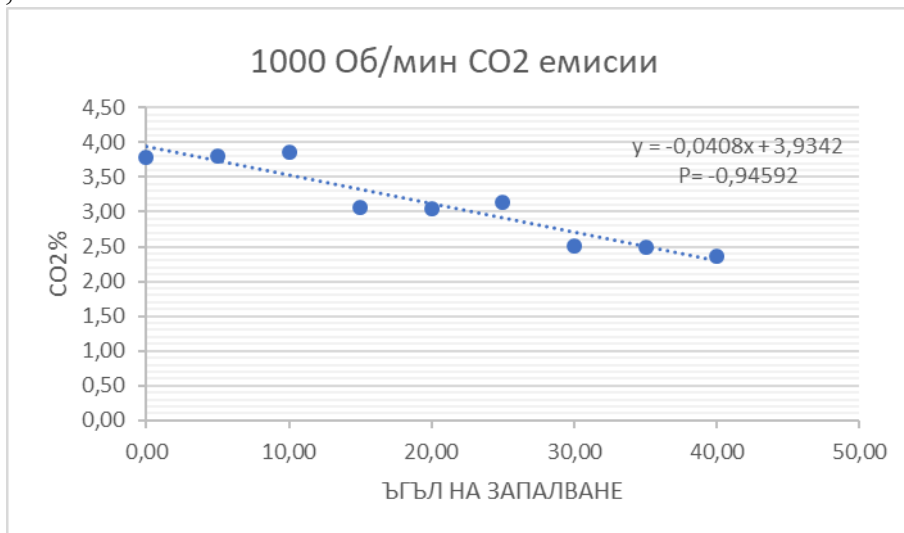
На фиг. 4.31 е изобразена графика, показваща връзката между ъгъла на запалване и емисиите на CO₂ % при 800 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0.0319x + 2.6096$, което показва, че с всяко увеличение на ъгъла на запалване с 1 единица, емисиите на CO₂ намаляват с около 0.0319%. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0.90259$ показва силна отрицателна корелация между

двете променливи. Графиката показва, че при 800 RPM, с увеличаване на ъгъла на запалване, емисиите на CO₂ значително намаляват.



Фиг. 4.31. Графика, илюстрираща корелацията между CO₂ и различните ъгли на запалване при 800 об./мин.

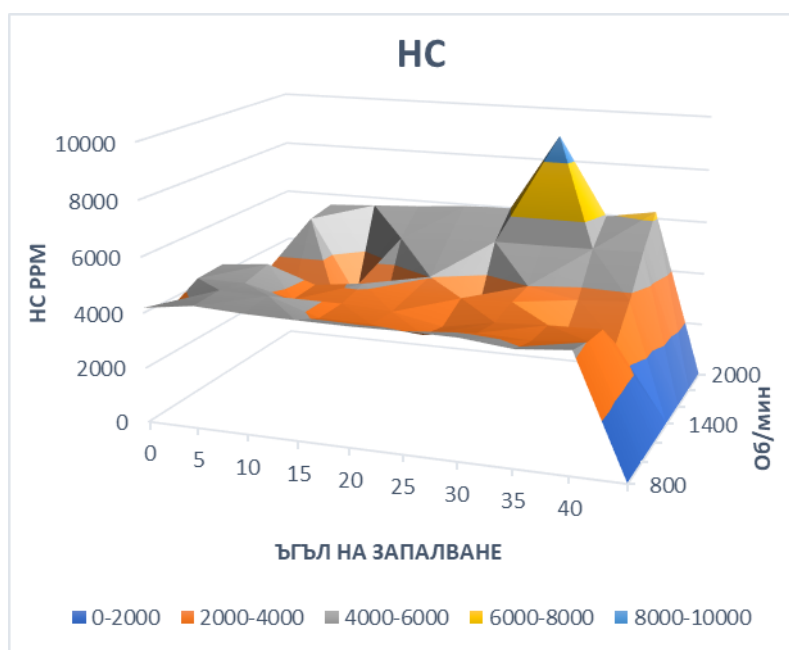
На фиг. 4.32. е изобразена графика, показваща връзката между ъгъла на запалване и емисиите на CO₂ % при 1000 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0,0408x + 3,9342$, което показва, че с всяко увеличение на ъгъла на запалване с 1 единица, емисиите на CO₂ намаляват с около 0.0408%. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0,94592$ показва силна отрицателна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1000 RPM, с увеличаване на ъгъла на запалване, емисиите на CO₂ значително намаляват.



Фиг. 4.32. Графика, илюстрираща корелацията между CO₂ и различните ъгли на запалване при 1000 об./мин.

Резултатите от проведените изследвания на изменението на неизгорели въглеводороди (HC) в зависимост от стойностите на ъгъла на запалване и оборотите на двигателя са представени в табличен вид (виж таблица 4.5.). За обработването на резултатите са използвани корелационни уравнения, чрез които се получават корелационните коефициенти на изследваните емисии.

Табличните резултати са илюстрирани графично на фиг. 4.38.



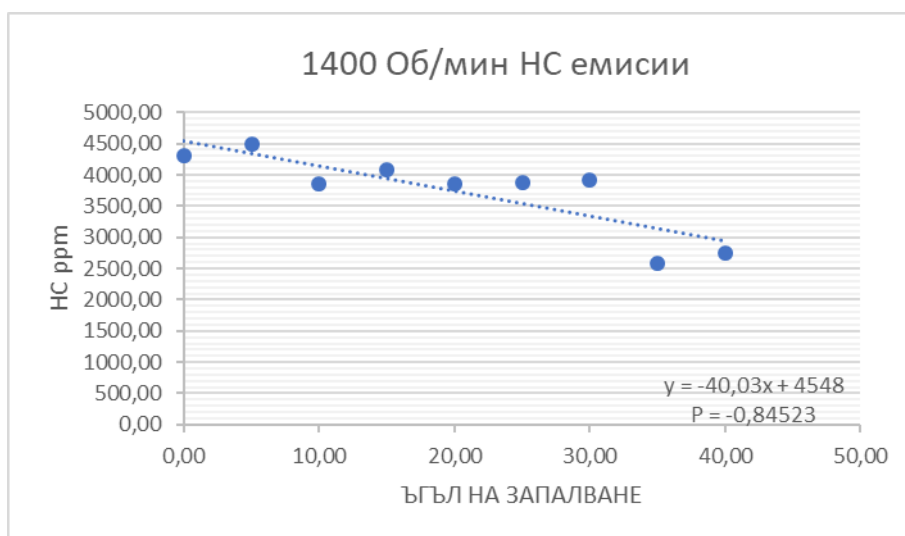
Фиг. 4.38. Диаграма на НС при различни ъгли на запалване и различни обороти на двигателя

Анализът на резултатите, визуализирани на фиг. 4.38, дава основание да се направят следните изводи:

15. При стойности на ъгъла на запалване от 0-20 градуса и обороти на двигателя в диапазона от 800-1400 об./мин стойностите на НС са най-ниски – 2000 до 4500 ppm;

16. Най-високи са стойностите на НС при ъгъл на запалване от 20-40 градуса и обороти на двигателя в диапазона от 1600-2000 об./мин;

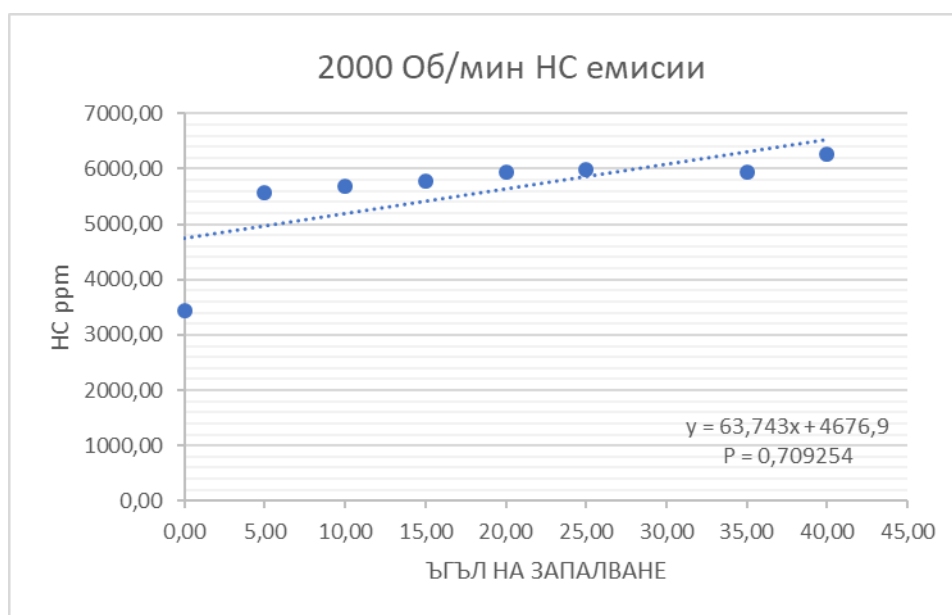
17. Стойностите на корелационните коефициенти доказват ясно изразена зависимост между ъгъла на запалване и измерените стойности на НС при 1600 об/мин. и слаба зависимост при 800 и 1000 об./мин.



Фиг. 4.41. Графика, илюстрираща корелацията между НС и различните ъгли на запалване при 1400 об./мин.

На фиг. 4.41. е изобразена графика, показваща връзката между ъгъла на запалване и емисиите на НС(ppm) при 1400 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -40.03x + 4548$, което показва, че с всяко увеличение на ъгъла на запалване с 5 градуса, емисиите на НС намаляват с около 40.03 ppm. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0.84523$ показва силна отрицателна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1400 RPM, с увеличаване на ъгъла на запалване, емисиите на НС значително намаляват.

На фиг. 4.44. е изобразена графика, показваща връзката между ъгъла на запалване и емисиите на НС(ppm) при 2000 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = 63.743x + 4676.9$, което показва, че с всяко увеличение на ъгъла на запалване с 5 градуса, емисиите на НС намаляват с около 63.743ppm. Коефициент на корелация (P-value): $P = 0.709254$ показва умерена положителна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 2000 RPM, с увеличаване на ъгъла на запалване, емисиите на НС се увеличават.



Фиг. 4.44. Графика, илюстрираща корелацията между НС и различните ъгли на запалване при 2000 об./мин.

Анализът на резултатите, визуализирани на фиг. 4.45, дава основание да се направят следните изводи:

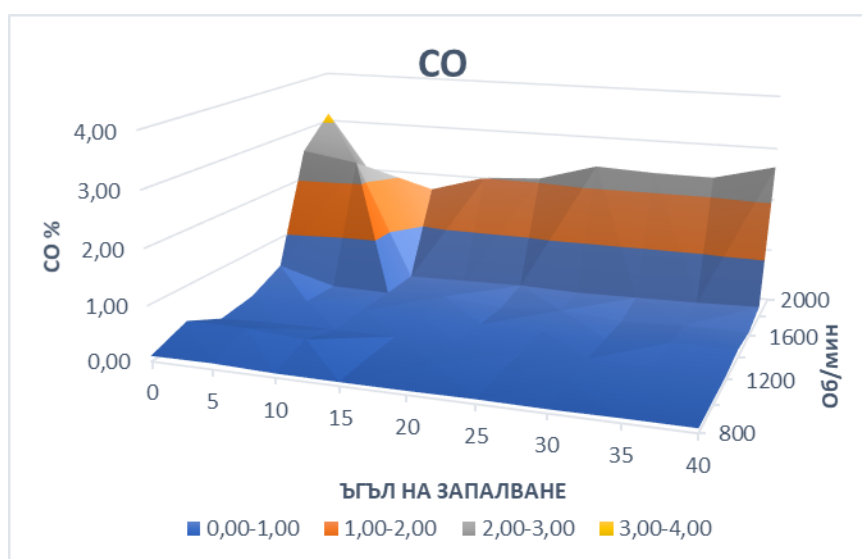
18. При стойности на ъгъла на запалване от 15-25 градуса и обороти на двигателя в диапазона от 800-1400 об/мин, стойностите на СО са най-ниски – 0,07 до 1 %;

19. Най-високи са стойностите на СО при ъгъл на запалване от 0-15 градуса и обороти на двигателя в диапазона от 1600-2000 об/мин;

20. Стойностите на корелационните коефициенти доказват ясно изразена зависимост между ъгъла на запалване и измерените стойности на СО.

Таблица 4.6. Резултати от изследвания, проведени върху модификацията на въглероден оксид (CO)

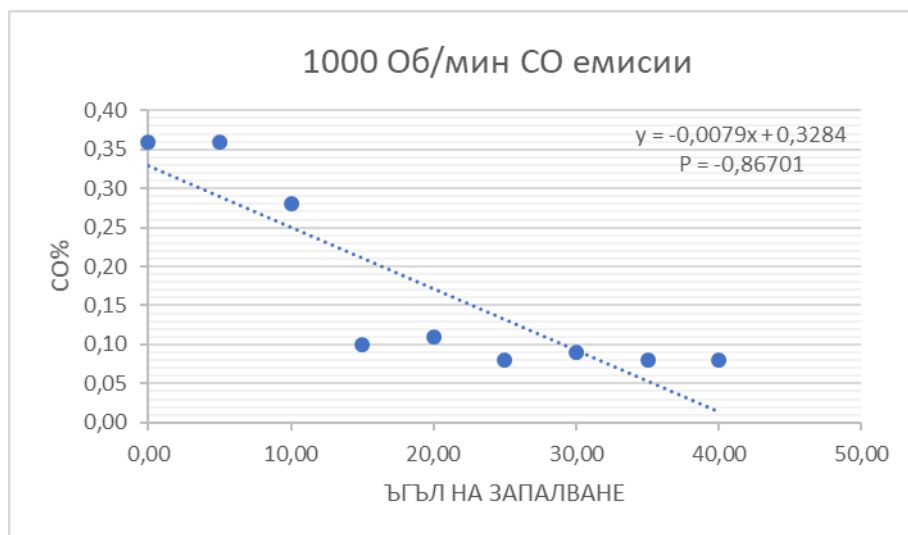
CO		Обороти на двигател (RPM/min)						
		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Ъгъл на запалване [градуси]	0	0,10	0,36	0,04	0,14	0,43	2,56	3,15
	5	0,11	0,36	0,08	0,15	0,12	2,39	1,66
	10	0,08	0,28	0,08	0,10	0,10	0,11	1,68
	15	0,07	0,10	0,09	0,10	0,14	0,13	2,01
	20	0,07	0,11	0,08	0,08	0,04	0,15	2,08
	25	0,08	0,08	0,07	0,07	0,11	0,12	2,41
	30	0,07	0,09	0,09	0,06	0,02	0,14	2,36
	35	0,08	0,08	0,08	0,13	0,08	0,16	2,35
	40	0,08	0,08	0,08	0,14	0,07	0,20	2,64



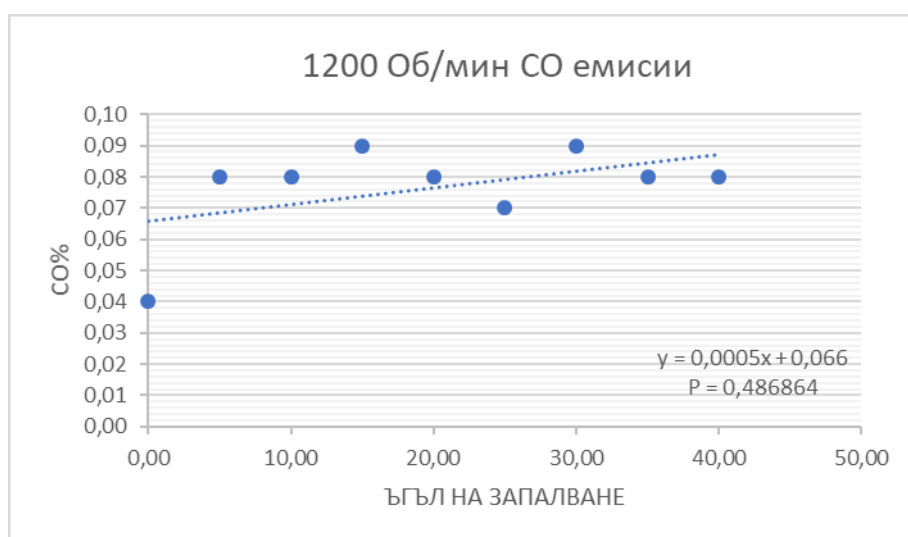
Фиг. 4.45. Диаграма на CO при различни ъгли на запалване и различни обороти на двигателя

На фиг. 4.47. е изобразена графика, показваща връзката между ъгъла на запалване и емисиите на CO % при 1000 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = -0.0079x + 0.3284$, което показва, че с всяко увеличение на ъгъла на запалване с 5 градуса, емисиите на CO намаляват с около 0.0079%. Коефициент на корелация (P-value): $P = -0.86701$ показва умерена отрицателна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1000 RPM, с увеличаване на ъгъла на запалване, емисиите на CO значително намаляват.

На фиг. 4.48. е изобразена графика, показваща връзката между ъгъла на запалване и емисиите на CO % при 1200 оборота в минута (RPM). Уравнението на линията: $y = 0.0005x + 0.066$, което показва, че с всяко увеличение на ъгъла на запалване с 5 градуса, емисиите на CO намаляват с около 0.0005%. Коефициент на корелация (P-value): $P = 0.486864$ показва умерена положителна корелация между двете променливи. Графиката показва, че при 1200 RPM, с увеличаване на ъгъла на запалване, емисиите на CO се увеличават.



Фиг. 4.47. Графика, илюстрираща корелацията между CO и различните ъгли на запалване при 1000 об./мин



Фиг. 4.48. Графика, илюстрираща корелацията между CO и различните ъгли на запалване при 1200 об./мин

Изводи

В четвърта глава от дисертационния труд е представено изследване относно влиянието на съотношението на гориво въздушната смес и ъгъла на запалване върху вредните емисии от бензинов двигател.

Изследването е проведено с бензинов двигател от BMW 318, оборудван с електронен блок за управление MegaSquirt 3 и софтуер TunerStudio MS. Двигателят е свързан с газ анализатор Kane AUTOplus, който измерва емисиите на въглероден диоксид (CO₂), въглероден оксид (CO) и въглеводороди (HC). Експерименталната установка, използвана за провеждане на изследването е изобразена на фигура 4.3. Двигателят е монтиран на лабораторен стенд, позволяващ мониторинг на основните му параметри и работни процеси. Електронният блок за управление MegaSquirt 3 е конфигуриран за управление на запалването и други параметри на двигателя, като за конфигурацията е използван софтуерният продукт „Tuner Studio MS”.

Измерени са концентрациите на въглероден оксид (СО), въглероден диоксид (СО₂) и неизгорели въглеводороди (НС). Изследванията са направени при различни обороти на двигателя, различни съотношения на гориво въздушната смес и различен ъгъл на запалване.

Характеристиките на софтуера и интуитивния потребителски интерфейс, позволяват бързо и ефективно настройване на параметрите на двигателя. Предоставя се възможност за наблюдение на данни в реално време, включително обороти на двигателя, температура на охладителната течност, налягане в колектора и други важни параметри, настройка на запалването и горивните карти. Налице са инструменти за създаване и редактиране на запалителни и горивни карти, които позволяват оптимизация на производителността на двигателя при различни условия.

Прецизността на измерванията се гарантира чрез многократно повторение и средно аритметично на получените стойности.

От проведените изследвания и анализа на данните може да се направи следното заключение: оптималното съотношението на горивно-въздушната смес са в диапазона от 15:1 до 17:1, при които вредните емисии СО₂, СО и НС са с минимални екологични последици.

Относно оборотите на двигателя може да се направи извода, че най-благоприятните стойности на вредните компоненти са между 1000 и 1400 об./мин.

Предложени са препоръки за реализиране на динамични режими на работа и горивни карти за двигателите с цел намаляване на вредните емисии при различни режими на шофиране.

На база на направените изследвания, се препоръчва оптимизация на съотношението на гориво въздушната смес на бензиновите двигатели с вътрешно горене.

От проведените изследвания и анализ на данните, може да се направи следното заключение; оптималните ъгли на запалване, при които вредните емисии СО₂, СО и НС са с минимални екологични последици, са от 15 до 25 градуса. Относно оборотите на двигателя може да се направи извода, че най-благоприятните стойности на вредните компоненти са между 800 и 1600 об./мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В глава първа от дисертационния труд е направено литературно проучване по конкретната проблематика. Представен е анализ на състоянието на проблема със замърсяването на въздуха, който е от критична важност за всички нас, както в национален така и в глобален мащаб. Конкретизирани са особеностите на основните източници на замърсяване, а именно автомобилния транспорт, оказващ влияние на замърсяването на въздуха. Анализирани са проблемите от проведеното литературно проучване. За постигане на поставената цел са дефинирани задачите на дисертационния труд. Подчертана е актуалността на проблема за намаляването на неблагоприятните последици от транспорта, която е важна цел на политиката на ЕС.

В глава втора от дисертационния труд се акцентира върху проблемите, породени от въглеродните отлагания в двигателите с вътрешно горене, тяхното

въздействие върху мощностите и екологичните им характеристики, симптомите, които се показват в следствие на натрупаните отлагания. Представен и анализиран е резултат от премахването на нежеланите отлагания по вътрешните части на двигателя.

Фокусът е върху методите и системите за намаляване на токсичността на отработените газове. Представена е принципна схема на електронна система за впръскване на гориво с два кислородни сензора. Разгледани са схеми на EGR, SCR системи и др.

Стига се до заключението, че основният акцент в този контекст са електронните системи за подобряване на вредните емисии на автомобилите. За най-разпространените и ефективните електронни системи е предоставена информация за конструктивните им особености и принципа на работа. Обърнато е внимание на прилагане на технология за подобряване на екологичните показатели на двигателите с вътрешно горене, въздействието на нагари върху работата на ДВГ. В хода на научното изследване са формулирани осем признака, които е необходимо да бъдат взети под внимание относно въглеродния нагар.

В хода на проведените изследвания е използвана изследователската апаратура ETU-2200е, която представлява стенд за почистване на бензинови и дизелови двигатели.

Представят се процедури от необходими действия за извършване на процеса на премахване на нежеланите наслагвания, оказващи силно влияние върху екологичните показатели на автомобила.

В края на втора глава от дисертационния труд е описан съставът на изгорелите газове на автомобилите и процентното съдържание на всеки един от компонентите при дизеловите и бензиновите двигатели. Дадена е информация за наситеността на вредните компоненти при различно натоварване на двигателя.

Като заключение може да се обобщи, че системите за подобряване на екологичните характеристики на автомобилите с електронен блок за управление, имат главна роля за намаляване на вредните емисии от автомобилите. Подробно са изследвани и описани електронните системи за подобряване на екологичните характеристики на двигателите с вътрешно горене, както и техният принцип на работа.

От проведените експерименти и получените резултати се стига до заключението, че почистването на вътрешните части на двигателя със стенд (ETU-2200E) води до подобряване работата на двигателя и неговите екологични параметри. От анализа на резултатите е видно, че има намаляване на вредните емисии, измерени със стенд (OPA-100).

В трета глава са симулирани различни неизправности в автомобилен двигател и е посочено тяхното въздействие върху емисиите от превозното средство. Реализирана и тествана е експериментална методика за изследване на различни неизправности на двигателя. Обосновано е, че определянето на степента на влияние на различните симулирани неизправности се постига чрез сравняването на еталонните данни с измерените данни от различните симулации.

Дадени са общо 10 различни неизправности. Резултатите от тях са анализирани и са представени графично, на база на което се предоставя

информация за ефективността на емисиите на моторните превозни средства. Получените изследователски данни се използват за оценка на ефекта от параметри, като натоварване на двигателя и околна температура, върху емисиите от превозното средство. В този контекст са направени тестове, които са симулирани и групирани в следните функционални области: всмукване на въздух, подаване на гориво, запалване и системи за последваща обработка на отработените газове.

В хода на изследването се установи, че влошаването на системите за контрол на емисиите в двигател с искрово запалване е предимно постепенен процес на износване, настъпващ с натрупването на пробег на превозните средства. За да се идентифицира въздействието на влошаването на повредите е използван лек автомобил Фолксваген Голф с бензинов двигател, върху който по време на експериментите са симулирани повреди на хардуерните системи на двигателя.

Следващият важен акцент е провеждането на лабораторни изпитвания на двигател с искрово запалване посредством симулирани неизправности.

Проведените тестове дават основание да установи, че на пръв поглед незначителни повреди могат да влошат състава на вредните емисии няколко пъти. Концентрацията на въглероден диоксид остава сравнително стабилна, като най-голямо влияние оказва неизправността в механизма на дроселовата клапа. При нея стойностите достигат до 14,872%.

Установи се, че най-висока концентрация на въглероден оксид се отчита при неизправност на кислородния сензор с постоянно напрежение от 0,9 V, като стойностите достигат до 3,06%.

Резултатите показваха, че най-висока концентрация на въглеводороди се отчита при неизправност на кислородния сензор с постоянно напрежение от 0,9V, като стойностите достигат до 429.51 ppm.

Друго важно изследване, което е представено в трета глава, е на газова дюзи, влияещи върху вредните емисии. То се фокусира върху анализа на сигнали от електронно управлявани клапани (дюзи), които регулират впръскването на гориво във всмукателния колектор на двигатели с вътрешно горене. Анализът от експериментите показва, че електронното управление на дюзите осигурява по-прецизно дозиране на горивото, което води до по-ефективно изгаряне и съответно до по-ниски нива на вредни емисии.

Особено внимание е отделено на анализа на дюзи с електронно управлявани клапани, които впръскват втечен нефтен газ. Използваната апаратура за реализиране на изследванията е автомобилен осцилоскоп „CarScope PLUS 4CH Msa/s Automotive DSO”.

Графично са представени резултатите от изпитването на газова дюза на първи, втори, трети и четвърти цилиндър.

Извършен е сравнителен анализ на формата на вълните на два конструктивно различаващи се сензори за обем на въздух. По време на експеримента са снети данни от механичен сензор за количество въздух модел BOSCH 1 734 655.9

Следващият експеримент е направен чрез сензор за обем на въздух с нажежаема жичка модел ZDTOPA 93BB-12B579-BA, при който термистор измерва температурата на входящия въздух.

В глава четвърта се акцентира върху експерименталните изследвания.

Практически е изследвано влиянието на съотношението на гориво въздушната смес и ъгъла на запалване върху вредните емисии от бензинов двигател.

Експериментите са проведени с бензинов двигател BMW 318, оборудван с електронен блок за управление MegaSquirt 3, софтуер TunerStudio MS и газ анализатор Kane AUTOrplus. Измерени са концентрациите на въглероден оксид (CO), въглероден диоксид (CO₂) и неизгорели въглеводороди (HC) при различни обороти на двигателя, различни съотношения на гориво въздушната смес и различен ъгъл на запалване. Получените данни са използвани за съставяне на корелационни уравнения, които описват зависимостта между съотношението на гориво въздушната смес, ъгъла на запалване и нивата на вредните емисии.

За обезпечаване на идейния проект на дисертационния труд и практическите експерименти е използван електронен блок за управление MegaSquirt 3.

Използван е софтуер за настройка и мониторинг на параметрите на двигателя, който позволява бързо и ефективно настройване на параметрите на двигателя, като предоставя възможност за наблюдение на данни в реално време.

Подробно е представена процедура за промяна на съотношението на гориво въздушната смес. Измерванията на емисиите се провеждат при различни обороти на двигателя: 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, и 2000 об./мин. За всяка комбинация от съотношение на гориво въздушна смес и обороти, газ анализаторът Kane AUTOrplus записва концентрациите на CO, CO₂ и HC.

Прецизността на измерванията се гарантира чрез тяхното многократно повторение и средно аритметичното от получените стойности. Обхватът на изследването включва влиянието на външни фактори като температура на околната среда и качеството на горивото, които могат да повлияят на резултатите.

Получените данни се анализират с помощта на статистически методи за определяне на корелацията между съотношението на гориво въздушната смес и нивата на вредните емисии. Извеждат се корелационни уравнения, които описват зависимостта между съотношението на гориво въздушната смес и емисиите при различни обороти на двигателя.

Резултатите от проведените изследвания на изменението на CO₂ в зависимост от съотношението на гориво въздушната смес и оборотите на двигателя са представени в табличен вид.

Анализът на резултатите са визуализирани графично, след всяко изследване са направени конкретни изводи.

От изследването графично е дадена връзката между AFR (Air-Fuel Ratio – съотношение въздух/гориво) и емисиите на CO % при различни обороти в минута (RPM). Дадени са уравненията на линията и коефициентите на корелация с техния анализ.

Представени са изследвания на вредни емисии от бензинов двигател в зависимост от ъгъла на запалване.

Подробно е представена процедура за промяна на ъгъла на запалване. Измерванията на емисиите се провеждат при различни обороти на двигателя: 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, и 2000 об./мин. Данните се анализират с

помощта на статистически методи за определяне на корелацията между ъгъла на запалване и нивата на вредните емисии. Извеждат се корелационни уравнения, които описват зависимостта между ъгъла на запалване и емисиите при различни обороти на двигателя.

Представени са диаграми на СО при различни ъгли на запалване и различни обороти на двигателя.

Получените резултатите при симулирането са анализирани и представени таблично и графично. Те потвърждават математическите зависимости разгледани в глава четвърта.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Научноприложни приноси:

1. Изследвани, систематизирани и анализирани са методи, техники и спецификата на състава на изгорелите газове за оценка на вредните емисии, влияещи на околната среда от екологичен аспект.
2. Реализирана и тествана е експериментална постановка и методи за изследване на различни неизправности на двигател с вътрешно горене и тяхното въздействие върху вредните емисии.
3. Изследвани са фактори, влияещи върху вредните емисии от двигателите с вътрешно горене, използващи искрово запалване и електронен блок за управлението им. Проведен е сравнителен анализ на получените резултати.
4. Проведени са изследвания и анализи на данни за влиянието на съотношението на горивно-въздушната смес върху състава на изгорелите газове. От получените резултати следва, че в диапазона на съотношението от 15:1 до 17:1 вредните емисии CO₂, СО и НС са с минимални екологични последици.
5. Реализирани, изследвани и анализирани са данните, за влиянието на корекцията на ъгъла на запалване върху количеството и състава на изгорелите газове. Експериментално се доказва, че минималните екологични последици от вредните емисии CO₂, СО и НС са в диапазона от 15 до 25 градуса.

Приложни приноси:

1. Проведени и представени са изследвания на симулирани неизправности на автомобилен двигател с искрово запалване, посредством лабораторни тестове и тяхното въздействие върху отделяните вредни емисии.
2. Извършени и представени са изследвания на електронно управлявани газови дюзи, които оказват влияние върху нивата на вредни емисии.
3. Изследвано е изменението на неизгорели въглеводороди (НС), въглеродни оксиди (СО) и въглероден двуокис (СО₂) в зависимост от електронно програмируеми корекции на ъгъла на запалване и оборотите на двигателя.
4. Проведено е изследване на вредните емисии, отделяни от бензинов двигател, в зависимост от съотношението въздух/гориво, управлявано от микропроцесорен блок. Практическите измервания са осъществени при

различни обороти на двигателя. Представени и анализирани са данни за съотношението на гориво въздушната смес и нивата на вредните емисии с помощта на статистически методи.

5. Осъществени са експериментални изследвания за вредните емисии, отделяни при работата на бензинов двигател с вътрешно горене – въглероден диоксид (CO₂), въглероден оксид (CO) и въглеводороди (HC), при различно съотношение на гориво въздушната смес, различна стойност на ъгъла на запалване и различни обороти на двигателя.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Хр. Каневски.** Прилагане на технология за подобряване на екологичните показатели на двигателите с вътрешно горене. — В: Сборник от Трета национална научна конференция „Човекът и Вселената“ 25-26 ноември 2021, СУБ-Смолян. ISSN 1314-9400 (online), стр. 440 - 447
2. **Хр. Каневски,** Сл. Любомиров, Р. Минчев. Обзор на проблемите и решенията, свързани със замърсяването на околната среда, породени от автомобилите. — В: Трета национална научна конференция „Човекът и Вселената“ 25-26 ноември 2021, СУБ-Смолян. ISSN 1314-9400 (online, стр. 465 – 471.
3. **Хр. Каневски,** Сл. Любомиров. Изследване на газови дюзи, влияещи върху вредните емисии. — В: „ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ОБЩЕСТВО“ 3-4.XI.2022, гр. Смолян, стр. 1080-1091, ISBN 978-619-7663-43-3, (online).
4. **Н. Kanevski, S. Lyubomirov** (2022) ANALYSIS OF SENSORS AFFECTING HARMFUL EMISSIONS FROM ROAD TRANSPORT APPLIED IN ENGINEERING EDUCATION, ICERI2022 Proceedings, pp. 7136-7145, ISBN: 978-84-09-45476-1.1.
5. **Н. Kanevski, S. Lyubomirov, S. Asenov** (2022) SIMULATION OF ENGINE MALFUNCTIONS AND THEIR IMPACT ON EMISSIONS WITH AN EMPHASIS ON ENGINEERING EDUCATION, ICERI2022 Proceedings, pp. 7525-7532, ISBN: 978-84-09-45476-1.
6. **Kanevski H., Lyubomirov S., Asenov S., Parushev A., Petrova S.,** Ecological effects of changes in Air-Fuel Ratio of a gasoline engine on exhaust harmful gases emissions, (2024) Ecologia Balkanica, 16 (1), ISSN 13140213 pp. 207 – 2016. (Scopus)(Web of Science)(Q4).