

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Шуба Євгеній Васильович

УДК 621.43.057

**ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ТА ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ
БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ В РЕЖИМАХ МАЛИХ НАВАНТАЖЕНЬ І
ХОЛОСТОГО ХОДУ**

Спеціальність 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету (НТУ) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гутаревич Юрій Феодосійович,
Національний транспортний університет, м. Київ,
завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Абрамчук Федір Іванович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет (м. Харків), завідувач кафедри «Двигуни
внутрішнього згоряння»;

кандидат технічних наук
Устименко Віктор Сергійович,
Державне підприємство
«Державний автотранспортний науково-дослідний і
проектний інститут» (м. Київ), завідувач лабораторії
дослідження використання палив та екології.

Захист відбудеться “ 14 ” червня 2016 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.03 в Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, аудиторія 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42.

Автореферат розісланий “ 12 ” травня 2016 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

С. В. Ковбасенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У наш час і найближчому майбутньому двигуни внутрішнього згоряння залишатимуться основним джерелом енергії на колісних транспортних засобах. Найбільш поширеними є бензинові двигуни, які найчастіше використовують у якості силових установок легкових автомобілів. Одним із недоліків цих двигунів є те, що в режимах малих навантажень і холостого ходу погіршуються їх паливна економічність та екологічні показники. Одним із напрямів поліпшення цих показників є інтенсифікація процесу згоряння використанням активуючих добавок. До таких добавок належить водень або речовини, які містять його в своєму складі. Такою добавкою є водневмісний газ, який складається з молекул і атомів водню і кисню. Цей газ отримують електролізом водних розчинів лугів або кислот. Науково-технічна задача по раціональному використанню водневмісного газу для поліпшення показників бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу, яка визначила напрямок дисертаційного дослідження є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно плану наукових робіт Національного транспортного університету на 2013 - 2015 роки “Використання альтернативних палив та удосконалення систем регулювання та живлення двигунів колісних транспортних засобів”, державна реєстрація № 0112U008409, інвентарні номери 0213U008208 та 0214U008214 та в 2015 - 2016 роках за держбюджетною темою “Поліпшення паливної економічності та екологічних показників двигунів автомобілів добавкою водневмісного газу до повітряного заряду”, державна реєстрація № 0115U002291, інвентарний номер 0215U002517.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є поліпшення паливної економічності та екологічних показників бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу доцільною добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні **задачі**:

1. Проведення стендових експериментальних досліджень бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи в режимах малих навантажень і холостого ходу для визначення впливу різних за величиною добавок водневмісного газу до повітряного заряду на паливну економічність та екологічні показники двигунів.
2. Визначення доцільної добавки водневмісного газу за роботи бензинових двигунів в різних режимах.
3. Розробка методики визначення економічного ефекту від добавки водневмісного газу з врахуванням витрат енергії на його отримання.
4. Визначення впливу добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші в бензинових двигунах.
5. Визначення масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів за роботи на бензині та на бензині з різними за величиною добавками водневмісного газу до повітряного заряду.
6. Індицирування робочого процесу бензинових двигунів за роботи на бензині та на бензині з доцільною добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

7. Визначення ступеня невідтворності послідовних робочих циклів двигуна за роботи в режимі малих навантажень на бензині та на бензині з доцільною добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

8. Уточнення методики розрахунку робочого процесу бензинового двигуна за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу.

9. Визначення характеристик активного тепловиділення і тепловикористання за роботи двигуна на бензині та на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Об'єкт дослідження - вплив різних за величиною добавок водневмісного газу до повітряного заряду на показники роботи бензинових двигунів з різними системами живлення в режимах малих навантажень і холостого ходу.

Предмет дослідження - енергетичні, паливо-економічні та екологічні показники бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи в режимах малих навантажень і холостого ходу з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Методи дослідження. Експериментальним методом досліджували: паливну економічність та екологічні показники бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи з різними за величиною добавками водневмісного газу в режимах малих навантажень і холостого ходу; з використанням планування двофакторного експерименту досліджували вплив добавки водневмісного газу на показники роботи бензинового двигуна в широких межах швидкісних і навантажувальних режимів; проводили індицирування робочого процесу двигуна за роботи без добавки та з доцільною добавкою водневмісного газу.

Розрахунковим методом визначали: масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів за роботи на бензині і з добавкою водневмісного газу в режимах малих навантажень і холостого ходу; вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші; поліноміальні залежності, що описують паливно-економічні та енергетичні показники двигуна за роботи на бензині і з добавкою водневмісного газу в широких межах навантажувальних і швидкісних режимів; характеристики тепловикористання і активного тепловиділення в бензиновому двигуні за роботи на бензині і з добавкою водневмісного газу; температуру в циліндрі двигуна в кожний момент робочого циклу за роботи на бензині і з добавкою водневмісного газу; ступінь невідтворності послідовних робочих циклів за роботи двигуна на бензині і з доцільною добавкою водневмісного газу.

Наукову новизну одержаних результатів складають:

1. Встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до поліпшення паливної економічності бензинових двигунів з різними системами живлення в режимах малих навантажень і холостого ходу, зменшення сумарних масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами в режимах холостого ходу та зменшення викидів продуктів неповного згоряння в навантажувальних режимах.

2. Встановлено, що добавка водневмісного газу не впливає на ефективність роботи каталітичного трикомпонентного нейтралізатора.

3. Встановлено, що добавка водневмісного газу інтенсифікує процес згоряння, при цьому скорочуються усі три фази згоряння та зменшується ступінь

невідтворюваності послідовних робочих циклів, що позитивно впливає на індикаторні показники двигуна.

Практичне значення одержаних результатів становлять:

1. Експериментальні залежності зміни паливо-економічних, енергетичних та екологічних показників бензинових двигунів від величини добавки водневмісного газу;
2. Поліноміальні залежності, що дозволяють визначити вплив добавки водневмісного газу на паливо-економічні та енергетичні показники двигуна в широких межах швидкісних і навантажувальних режимів;
3. Рекомендації щодо вибору доцільної величини добавки водневмісного газу в залежності від режиму роботи двигуна;
4. Методика визначення економічного ефекту від добавки водневмісного газу з врахуванням витрат енергії на його отримання;
5. Методика визначення впливу добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші;
6. Уточнена методика розрахунку робочого процесу бензинового двигуна, що дозволяє дослідити особливості процесу згоряння в двигуні при використанні добавки водневмісного газу.
7. Результати досліджень прийняті до використання в ДП «Харківське конструкторське бюро з двигунобудування», Інституті газу НАН України та ТОВ «Екотюнінг».

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертації опубліковані в 16 наукових працях. Роботи [7, 10, 11, 14] написані здобувачем одноосібно. У роботах написаних у співавторстві здобувачеві належать: [1, 3, 15] – створення експериментальної установки і обробка результатів стендових випробувань двигуна MeM3 – 245 за роботи в режимі холостого ходу з добавкою водневмісного газу; [8, 9, 12] – проведення стендових випробувань бензинових двигунів із системами впорскування палива та зворотнім зв'язком за роботи в режимі, що відповідає середній точці Європейського їздового циклу, з добавкою водневмісного газу, опрацювання результатів стендових випробувань і розробка методики визначення економічного ефекту від добавки водневмісного газу з врахуванням витрат енергії на його отримання; [5] – розробка методики визначення впливу добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна з карбюраторною системою живлення; [6, 13] – створення експериментальної установки для проведення індицирування двигуна, уточнення методики розрахунку робочого процесу бензинового двигуна за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу; [2] – аналіз літературних джерел за тематикою дослідження; [4, 16] – обробка результатів стендових випробувань бензинового двигуна з системою впорскування та зворотнім зв'язком за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень представлені на:

- LXX-LXXI щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ, 2014 - 2015 рр., м. Київ; на міжнародній українсько-польській конференції «Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів та

двигунів», НТУ, 2014 р., м. Київ; на VII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», ЖДТУ, 2014р., м. Житомир; на 13-й міжнародній науково-технічній конференції «Наука – образованию, производству, экономике», БНТУ, 2015, м. Мінськ; на міжнародній українсько-польській конференції «Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів та двигунів», НТУ, 2015 р., м. Київ; на науково-практичній конференції «Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів», Військова академія, 2015 р., м. Одеса; на VIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», ВНТУ, 2015 р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріали дисертації опубліковано в 16 наукових працях, з яких 7 статей у фахових виданнях України, 2 статті в іноземному виданні, 5 тез наукових конференцій, 2 свідоцтва на інтелектуальну власність. Одна стаття видана одноосібно.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків і списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації становить 211 сторінок, у тому числі 22 таблиці, 79 рисунків та 4 додатки на 53 сторінках. Список використаних джерел на 13 сторінках включає 119 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дисертації обґрунтовано науково-технічну задачу, що визначає актуальність обраної теми, сформульовані мета роботи, об'єкт, предмет і задачі дослідження, викладені наукова новизна одержаних результатів, їх практичне значення, відомості про апробацію та публікацію наукових результатів дисертації.

У першому розділі показано, що в процесі експлуатації автомобільних двигунів значне місце займають режими малих навантажень і холостого ходу, які є досить несприятливими для бензинових двигунів з точки зору паливної економічності та екологічних показників, тому є необхідним і актуальним пошук і застосування заходів, які покращують роботу двигунів в цих режимах.

Для поліпшення показників роботи бензинових двигунів застосовують заходи, які покращують протікання робочого процесу. Одним із перспективних заходів є інтенсифікація процесу згоряння. Найбільш перспективними методами інтенсифікації є ті, що не потребують зміни конструкції двигуна і які легко реалізувати в умовах експлуатації.

Одним із таких методів є використання добавок активуючих речовин, швидкість згоряння яких вища, ніж основного палива. До таких речовин відноситься водневмісний газ H_2/O_2 , який отримують в результаті електролізу водних розчинів лугів.

Аналіз раніше проведених досліджень показав, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення витрати палива і зниження концентрацій продуктів неповного згоряння у відпрацьованих газах двигунів. Разом з тим, у літературних джерелах не виявлено досліджень, результатами яких є встановлення доцільної добавки водневмісного газу за роботи двигунів в різних режимах, не встановлено, як оцінювати ефективність добавки на показники паливної економічності з врахуванням витрат енергії на отримання водневмісного газу, не виявлено

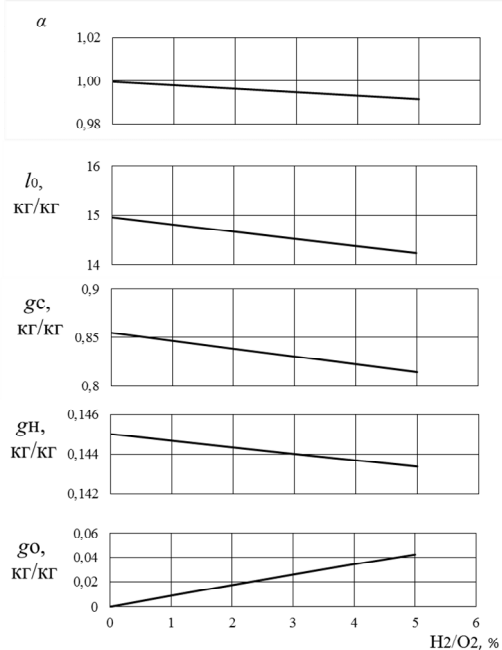
досліджень впливу добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші в двигунах з іскровим запалюванням, не виявлено результатів експериментальних досліджень по впливу добавки водневмісного газу на процес згоряння в двигуні і на ступінь невідтворності послідовних робочих циклів. Проведений аналіз підтвердив актуальність досліджень і дозволив визначити мету і задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз досліджень особливостей робочого процесу двигунів з іскровим запалюванням в режимах малих навантажень і холостого ходу, встановлено, що за роботи двигунів в цих режимах погіршуються їх основні робочі показники. Основними причинами цього є погіршення процесів сумішоутворення і згоряння внаслідок збільшення відносної кількості залишкових газів, зростання механічних опорів через дроселювання, підвищена втрата теплоти в охолоджуючу рідину і оливу. Погіршуються умови запалювання і збільшується тривалість усіх фаз згоряння. Як наслідок, за роботи в режимах малих навантажень і холостого ходу зростає витрата палива і збільшуються викиди продуктів неповного згоряння.

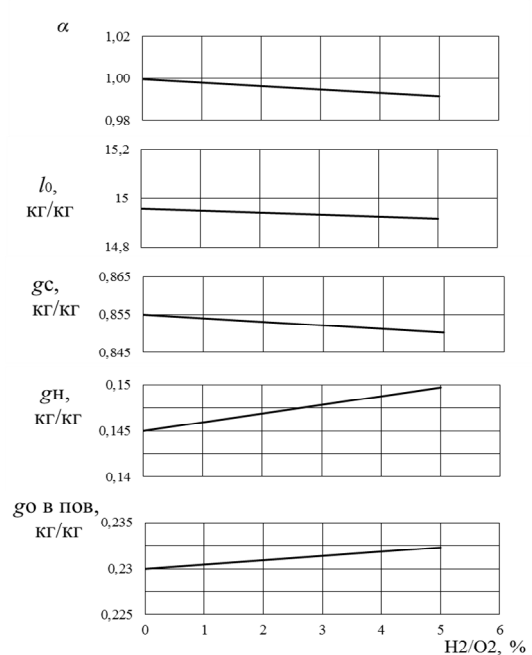
Проведено аналіз фізико-хімічних властивостей водневмісного газу, отриманого електролізом водних розчинів лугів. Основними його компонентами є водень і кисень, масові частки яких 0,111 та 0,889 відповідно. Продуктом згоряння газу є вода. Швидкість згоряння цього газу значно вища за швидкість згоряння бензину, що дозволяє використовувати його для інтенсифікації процесу згоряння в бензинових двигунах.

Визначено вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна. При розрахунку процесу сумішоутворення водневмісний газ розглядали як добавку водню і кисню до бензину і як добавку водню до бензину і кисню до повітря.

На рис. 1 показано вплив добавки водневмісного газу на показники сумішеутворення при обох варіантах розрахунку.



а) перший варіант



б) другий варіант

Рисунок 1 - Вплив добавки водневмісного газу на показники сумішеутворення бензинового двигуна

Як видно з рисунку 1, для обох варіантів розрахунку отримано однакове незначне збагачення складу паливоповітряної суміші. При цьому по різному змінюються масові частки компонентів палива і повітря.

Важливим показником, який характеризує процес згоряння вуглеводневих палив, є відношення водень-вуглець Н/С. На рис. 2 показано зміну в паливі відношення Н/С за добавки водневмісного газу.

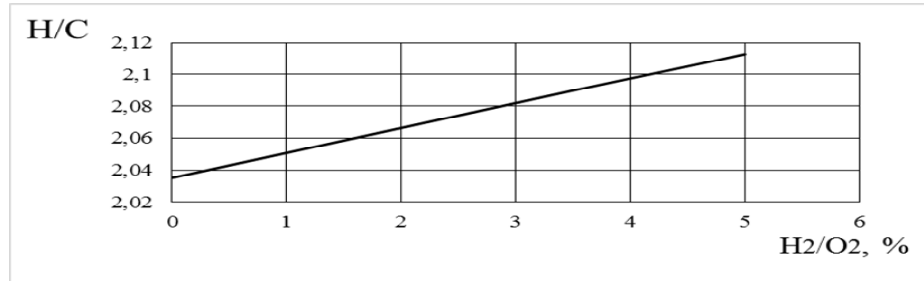


Рисунок 2 - Вплив добавки водневмісного газу на відношення Н/С суміші бензину з H₂/O₂

Як видно з рис. 2, по мірі додавання водневмісного газу відношення Н/С зростає, що свідчить про позитивний вплив на процес згоряння отриманої суміші.

Нижчу теплоту згоряння 1 кг суміші бензину і водневмісного газу розраховували за залежністю:

$$H_{u\text{ сум}} = H_{u\text{ б}} \cdot g_{\text{б}} + H_{u\text{ H}_2/\text{O}_2} \cdot g_{\text{H}_2/\text{O}_2}, \quad (1)$$

де $H_{u\text{ б}}$ і $H_{u\text{ H}_2/\text{O}_2}$ – нижча теплота згоряння бензину і водневмісного газу;
 $g_{\text{б}}$, $g_{\text{H}_2/\text{O}_2}$ – масові частки бензину і водневмісного газу в суміші.

$$H_{u\text{ H}_2/\text{O}_2} = H_{u\text{ H}_2} \cdot 0.111, \quad (2)$$

де $H_{u\text{ H}_2}$ – нижча теплота згоряння 1 кг водню.

Розраховано нижчу теплоту згоряння суміші бензину з водневмісним газом при добавці газу від 0 до 5 % від витрати бензину (рис. 3).

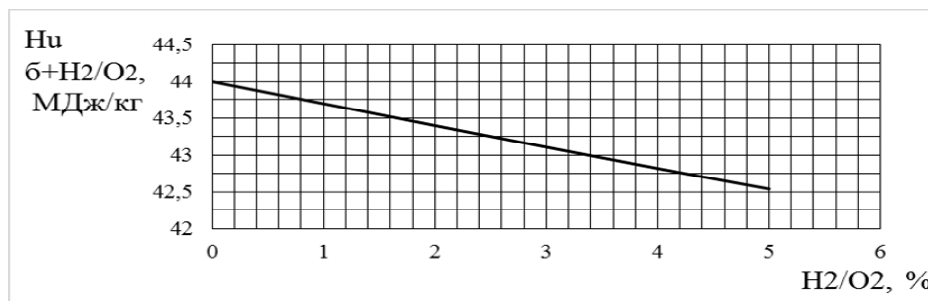


Рисунок 3 - Зміна нижчої теплоти згоряння суміші бензину з водневмісним газом в залежності від величини добавки газу H₂/O₂

Як видно з рисунку 3 добавка водневмісного газу призводить до зниження нижчої теплоти згоряння паливної суміші.

У третьому розділі представлена уточнена методика розрахунку робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням за роботи на бензині та на бензині з добавкою водневмісного газу. В даній роботі використана відома методика, яка дозволяє на основі отриманих експериментальних індикаторних діаграм за допомогою напівемпіричних залежностей розрахувати показники робочого процесу. Уточнення методики включає зміни складу паливоповітряної суміші та нижчої теплоти згоряння, що мають місце при добавці водневмісного газу. Розрахунок проведений за допомогою комп'ютерної програми складеної на кафедрі двигунів і теплотехніки НТУ і до якої внесено зміни, що враховують добавку H_2/O_2 . Показники робочого процесу визначені за допомогою залежностей отриманих на основі відомого рівняння стану ідеального газу.

Температуру в циліндрі в кожен момент часу визначали за залежністю:

$$T_i = \frac{P_i \cdot V_i \cdot n \cdot 30 \cdot i}{8314 \cdot (M_{nzi} + M_{pci}) \cdot G_n}, \quad (3)$$

де P_i – тиск в циліндрі двигуна в i -му кроці, Па;

V_i – об'єм циліндра в i -му кроці, m^3 ;

n – частота обертання колінчастого вала, xv^{-1} ;

i – число циліндрів двигуна;

8314 – універсальна газова стала, Дж/(моль K);

M_{nzi} – кількість продуктів згоряння в i -му кроці, моль/кг;

M_{pci} – кількість робочої суміші в i -му кроці, моль/кг;

G_n – годинна витрата палива, кг/год.

Кількість продуктів згоряння в i -му кроці визначали за формулою:

$$M_{nzi} = \left(\frac{g_c}{12} + \frac{g_H}{2} + 0,79 \cdot L_0 \right) \cdot \xi_i \cdot (1 + \gamma_r), \quad (4)$$

де g_c і g_H – масові частки вуглецю і водню в паливі;

L_0 – теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива, моль/кг;

ξ_i – коефіцієнт активного тепловикористання в i -му кроці;

γ_r – коефіцієнт залишкових газів.

Масові частки вуглецю і водню в паливі, теоретично необхідну кількість повітря для згоряння 1 кг палива розраховували з врахуванням добавки водневмісного газу.

Кількість робочої суміші в i -му кроці визначали за формулою:

$$M_{pci} = \left(\alpha \cdot L_0 + \frac{1}{\mu_m} \right) \cdot (1 + \gamma_r) \cdot (1 - \xi_i), \quad (5)$$

де μ_m – молекулярна маса палива.

Коефіцієнт використання теплоти в i -й ділянці визначали за залежністю:

$$\zeta_i = \frac{Q_{ai}}{H_u}, \quad (7)$$

де Q_{ai} - активна теплота в i -й ділянці;

H_u – нижча теплота згоряння палива з врахуванням добавки H_2/O_2 .

Активну теплоту, що виділяється в i -му кроці, розраховували виходячи з рівняння першого закону термодинаміки. Теплоту, що надійшла в стінки циліндрів ΔQ_{Ti} , розраховували за залежністю, отриманою на основі рівняння Ньютона – Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі визначали за відомою залежністю Вошні.

Коефіцієнт активного тепловиділення розраховували за формулою:

$$\chi = \frac{Q_{Ti} + Q_{ai}}{H_u}, \quad (8)$$

де Q_{Ti} - загальна теплота, що надійшла в стінки циліндрів.

Для підтвердження достовірності результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за експериментальними індикаторними діаграмами проведено розрахунок процесу згоряння за допомогою відомого виразу професора І.І. Вібе.

У четвертому розділі наведено мету, задачі, програму, прилади і обладнання, об'єкти та результати експериментальних досліджень двигунів з різними системами живлення за роботи на бензині та на бензині з різними за величиною добавками водневмісного газу до повітряного заряду.

Метою експериментальних досліджень є визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на паливну економічність, екологічні показники та робочий процес бензинових двигунів з різними системами живлення.

Для досягнення вказаної мети вирішувались наступні задачі:

1. Визначення паливної економічності бензинових двигунів за роботи з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду в режимах малих навантажень і холостого ходу.

2. Визначення впливу добавки водневмісного газу на концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових двигунів, зокрема оксиду та діоксиду вуглецю, оксидів азоту та незгорілих вуглеводнів.

3. Визначення впливу добавки водневмісного газу на енергетичні, паливно-економічні та екологічні показники бензинового двигуна в різних навантажувальних і швидкісних режимах.

4. Дослідження особливостей робочого процесу бензинового двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу в режимах малих навантажень і холостого ходу.

Об'єктами експериментальних досліджень є двигуни з іскровим запалюванням з різними системами живлення: 4Ч 7,2/6,7 (MeM3-245) з карбюраторною системою живлення, 6Ч 9,5/6,98 (Opel C30 NE) та 4Ч 7,65/7,56 (VW BBY) з системами впорскування бензину та зворотнім зв'язком. У випускній системі двигунів

встановлені трикомпонентні каталітичні нейтралізатори. Водневмісний газ отримували за допомогою електролізних установок «Лига-02» і SuperKit10.

При проведенні експериментальних досліджень визначали характеристики бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи в режимах холостого ходу та малих навантажень без добавки та з добавкою різної кількості водневмісного газу для встановлення доцільної для цих режимів. Після визначення доцільної добавки газу визначали швидкісні та навантажувальні характеристики двигуна за роботи з добавкою водневмісного газу.

В процесі випробувань заміряли силу струму і напругу, необхідні для отримання певної кількості водневмісного газу.

З використанням цих даних визначали витрати електроенергії (P , МДж/год) за формулою:

$$P = I \cdot U \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (10)$$

де I – сила струму заміряна при проведенні електролізу, А;

U – напруга заміряна при проведенні електролізу, В.

Розрахунок економії палива з урахуванням витрат електроенергії на отримання водневмісного газу для режимів холостого ходу проводили за формулою:

$$E_{\text{ч}} = \frac{G_{\text{п1}} - (G_{\text{п2}} + P)}{G_{\text{п1}}}, \quad (11)$$

де $G_{\text{п1}}$ – годинна витрата бензину в теплових одиницях за роботи без добавки водневмісного газу, МДж/год;

$G_{\text{п2}}$ – годинна витрата бензину в теплових одиницях за роботи з добавкою водневмісного газу, МДж/год;

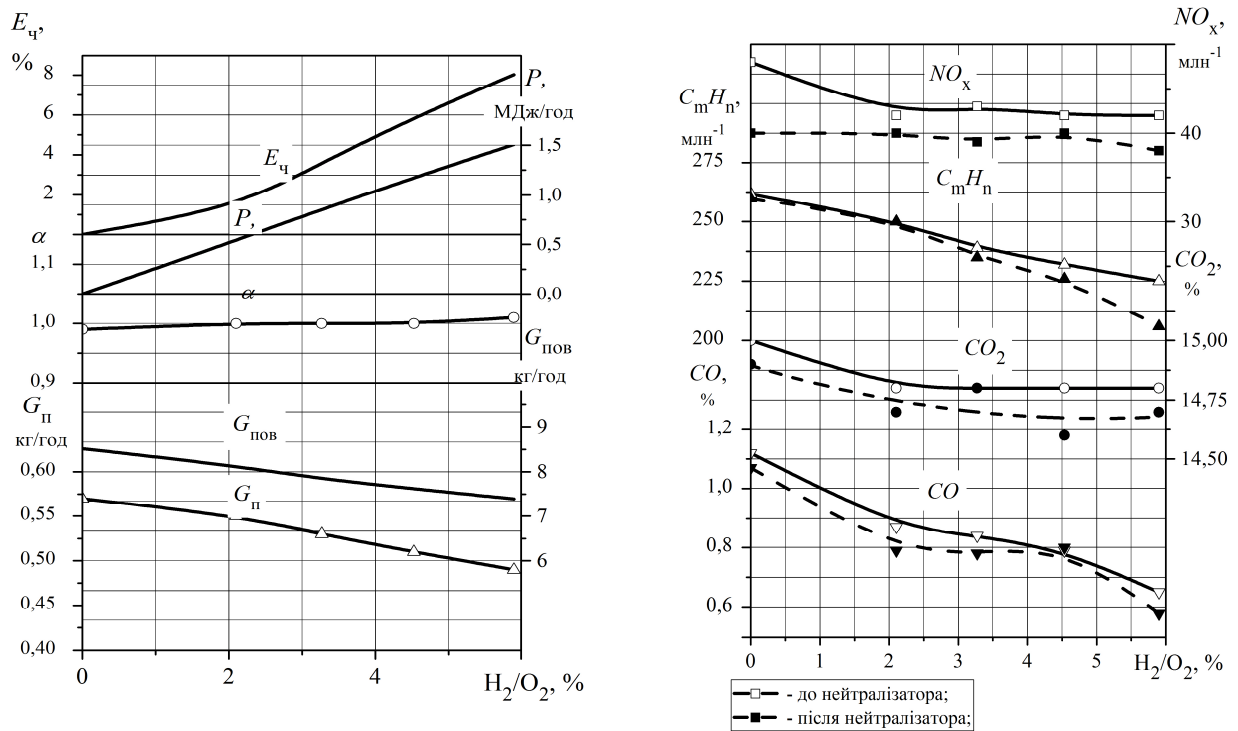
P – витрата електроенергії необхідної для отримання певної кількості водневмісного газу, МДж/год.

У навантажувальних режимах до питомої ефективної витрати палива, при використанні добавок водневмісного газу, додавали питому витрату на отримання водневмісного газу (МДж/кВт год), яку визначали за залежністю:

$$g_e = \frac{U \cdot I \cdot 3600 \cdot 10^{-6}}{N_e}, \quad (12)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Для прикладу на рис. 4 показані результати досліджень впливу добавки водневмісного газу на паливну економічність та екологічні показники двигуна МеМЗ-245 в режимі холостого ходу.



а) паливо-економічні показники

б) екологічні показники

Рисунок 4 - Вплив добавки газу H_2/O_2 на показники двигуна 4Ч 7,2/6,7 (МеМЗ-245) в режимі холостого ходу ($n=900$ хв⁻¹)

При добавці 5,9 % газу годинна витрата бензину знизилася з 0,57 кг/год при роботі без газу до 0,49 кг/год (рис. 4, а). В результаті добавки газу H_2/O_2 витрата палива знизилася на 14 %. З врахуванням витрат електроенергії економія палива при добавці 5,9 % газу склала 8 %.

За рахунок часткового заміщення газом H_2/O_2 , а також прикриття дросельної заслінки зменшилася витрата повітря і при максимальній добавці склала 7,39 кг/год порівняно з 8,52 кг/год за роботи без газу. Тому можна очікувати зменшення масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Як видно з залежностей показаних на рис. 4 б, добавка газу H_2/O_2 позитивно впливає на екологічні показники двигуна. Зокрема при додаванні різних масових часток газу H_2/O_2 знижуються концентрації незгорілих вуглеводнів і оксиду вуглецю, що свідчить про поліпшення процесу згоряння. Зниження концентрацій цих компонентів відбувається як до так і після нейтралізатора.

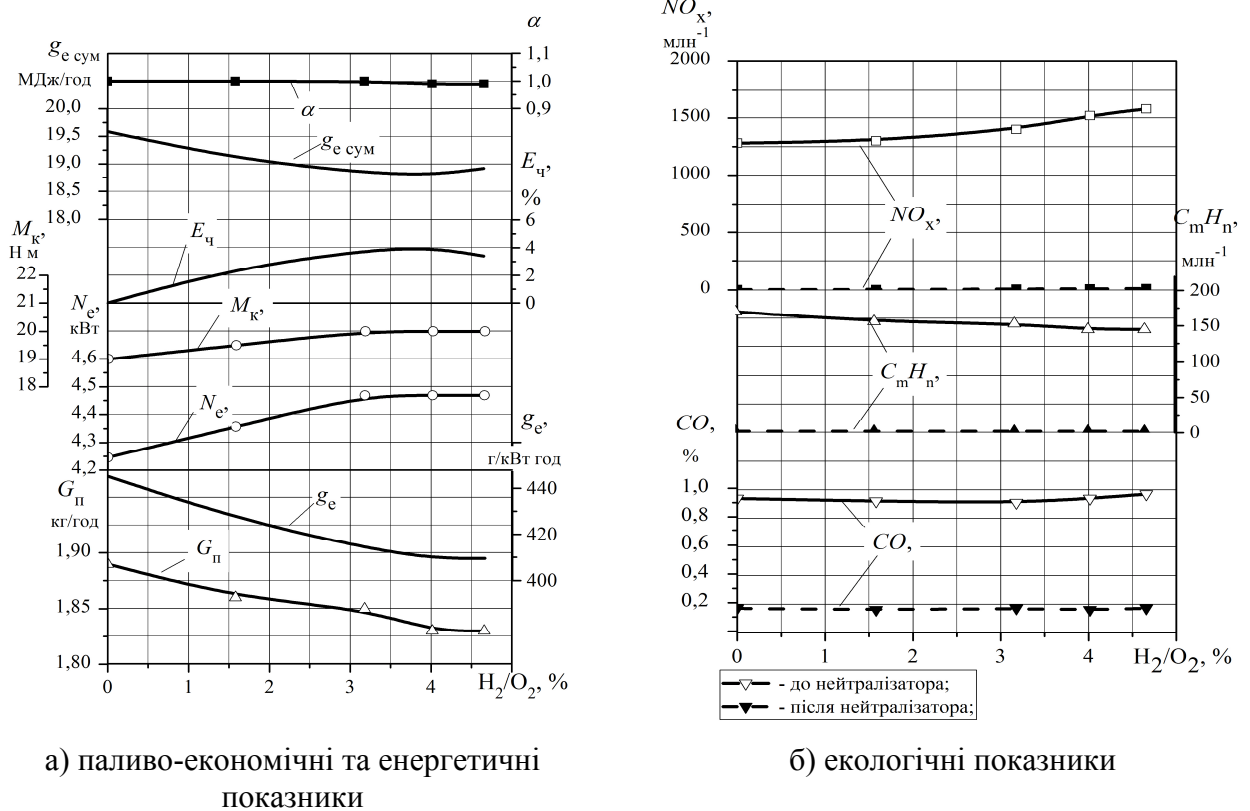
Зміна концентрації оксидів азоту знаходиться в межах похибки. Концентрації CO_2 практично не змінилися при додаванні водневмісного газу.

Оскільки в режимі холостого ходу температура відпрацьованих газів не висока (120 – 150 °C), ефективність нейтралізації трикомпонентного каталітичного нейтралізатора низька, але разом з тим по мірі додавання газу H_2/O_2 концентрації всіх компонентів після нейтралізатора дещо знижуються.

В двигунах з системами впорскування бензину та зворотнім зв'язком витрата палива в режимі холостого ходу зменшується на 7...12 % та 3 - 5,5 % з врахуванням витрат енергії на отримання газу за добавки 3,5...4 % H_2/O_2 .

На рис. 5 для прикладу показані результати досліджень впливу добавки водневмісного газу на паливо-економічні, енергетичні та екологічні показники сучасного двигуна з системою впорскування бензину та зворотнім зв'язком 4Ч 7,65/7,56 в середній точці Європейського їздового циклу.

Як видно з рисунку, добавка водневмісного газу приводить до зменшення годинної витрати палива і підвищення крутного моменту двигуна.



а) паливо-економічні та енергетичні показники

б) екологічні показники

Рисунок 5 – Вплив добавки газу H_2/O_2 на показники двигуна 4Ч 7,65/7,56 (VW BBY) в середній точці Європейського їздового циклу ($M_K=19$ Н·м, $n=2140$ хв $^{-1}$)

За роботи з добавкою 4 % водневмісного газу годинна витрата бензину зменшилася на 3,17 %. Зростання крутного моменту за роботи з тією ж добавкою становить 5,26 %. Питома витрата палива знизилася на 8 %. З врахуванням затрат електроенергії на отримання водневмісного газу найбільша економія палива становить 4,1 % за роботи з добавкою 4 % водневмісного газу.

За роботи з добавкою водневмісного газу концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах практично не змінюються. Незначно знижуються концентрації незгорілих вуглеводнів і монооксиду вуглецю. Концентрації оксидів азоту дещо зростають через підвищення температури в камері згоряння двигуна. У даному двигуні з системою впорскування та зворотнім зв'язком підтримується стехіометричний склад суміші, а тому ефективність каталітичного нейтралізатора висока і концентрації всіх компонентів після нейтралізатора досить низькі.

Добавка водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з карбюраторною системою живлення в режимі середньої точки Європейського їздового циклу приводить до зменшення питомої витрати палива на 10 %. З врахуванням витрат енергії на отримання газу економія становить 3,8 % за добавки 5 % H_2/O_2 .

Проведено індицирування двигуна MeM3 – 245 в режимі, що відповідає середній точці Європейського їздового циклу ($M_k = 16,96 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $n = 1900 \text{ хв}^{-1}$). Індикаторні діаграми записані за роботи без добавки водневмісного газу і з добавкою 3 л/хв газу (5,4 % від витрати бензину).

Для аналізу відбиралися діаграми, максимальний тиск яких найбільше відповідає значенню середнього максимального тиску для серії із 70 послідовних діаграм і індикаторні показники яких з врахуванням механічних втрат відповідають заміряним ефективним показникам двигуна для даного режиму.

Як видно з рис. 6, добавка водневмісного газу приводить до зростання максимального тиску циклу з 18,56 до 20,02 бар і зміщення його в бік в.м.т. на 4 градуси повороту колінчастого вала. Внаслідок підвищення тиску зростає крутний момент і потужність двигуна, що підтверджено замірами на гальмівному стенді. При роботі без добавки крутний момент становить 16,96 Н·м, з добавкою зростає до 18,02 Н·м.

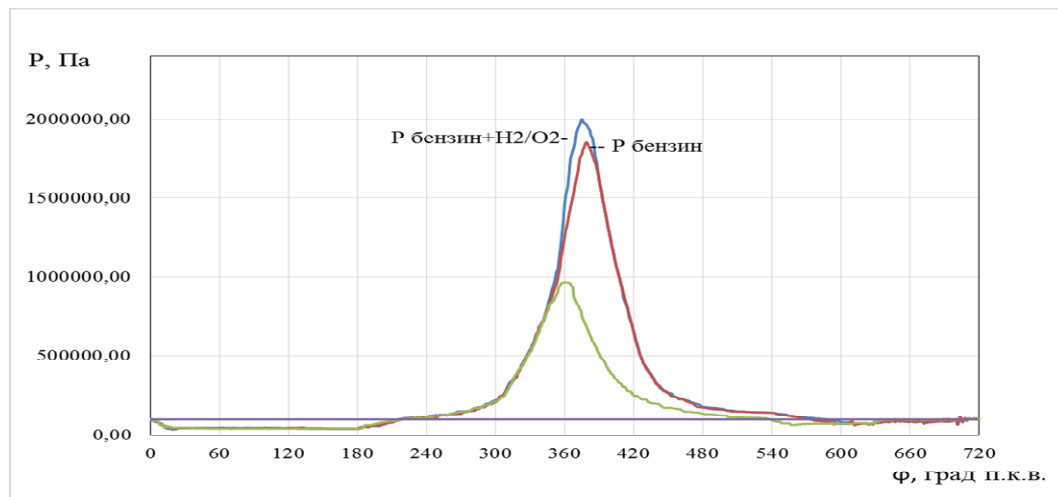


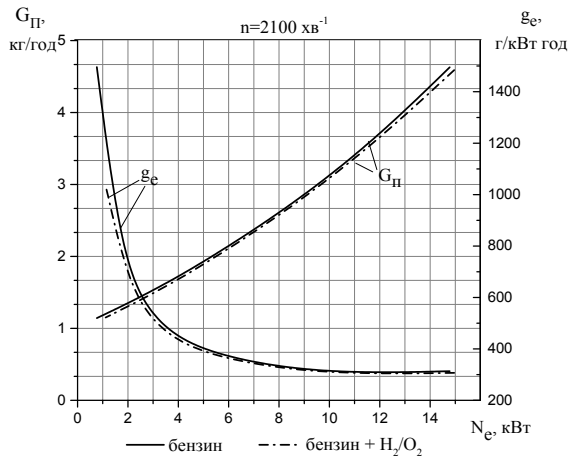
Рисунок 6 - Розгорнуті індикаторні діаграми двигуна 4Ч 7,2/6,7 (MeM3 – 245) за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу

Для дослідження впливу добавки водневмісного газу на паливно-економічні та енергетичні показники бензинового двигуна в різних навантажувальних і швидкісних режимах проведено стендові випробування двигуна методом двофакторного експерименту. В результаті встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення годинних витрат палива і повітря та підвищення ефективної потужності в усіх навантажувальних і швидкісних режимах.

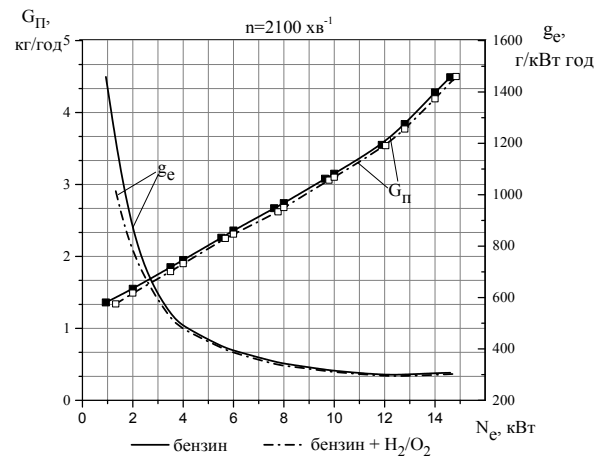
У п'ятому розділі наведено поліноміальні залежності, які описують енергетичні та паливно-економічні показники роботи двигуна 4Ч 7,2/6,7 (MeM3-245) за роботи на бензині та на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду.

Для визначення впливу добавки водневмісного газу на енергетичні та паливно-економічні показники двигуна в різних навантажувальних режимах, за поліноміальними залежностями розрахована навантажувальна характеристика за роботи з частотою 2100 хв^{-1} (рис. 7,а). Для перевірки достовірності отриманих розрахунком за поліноміальними залежностями результатів визначена

експериментальна навантажувальна характеристика двигуна MeM3-245 за роботи з частотою 2100 хв^{-1} на бензині і з добавкою водневмісного газу (рис. 7,б).



а) розрахована за поліноміальними залежностями



б) визначена експериментально

Рисунок 7 - Навантажувальні характеристики двигуна 4Ч 7,2/6,7 (MeM3-245) ($n = 2100 \text{ хв}^{-1}$)

Як видно з показаних характеристик, годинна і питома витрати палива за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу менші, ніж за роботи лише на бензині. Отримані експериментально результати підтверджують достовірність результатів розрахунку за поліноміальними залежностями.

Для об'єктивної оцінки впливу добавки водневмісного газу на екологічні показники бензинових двигунів розраховані масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами (рис. 8 і 9).

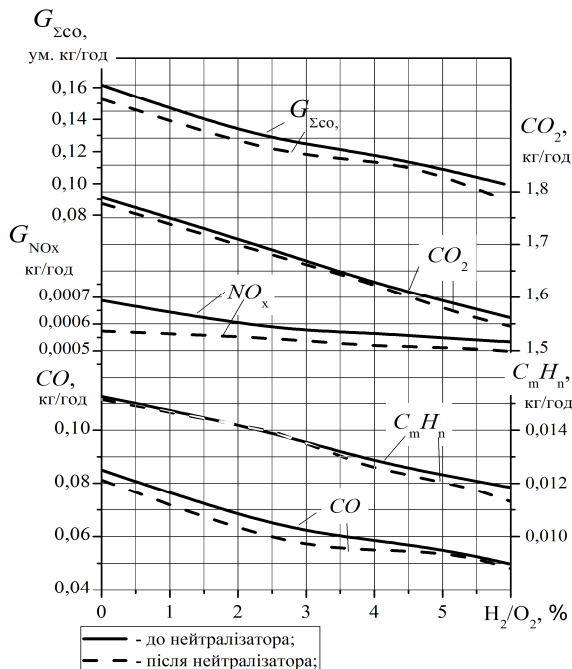


Рисунок 8 – Вплив добавки газу H_2/O_2 на викиди шкідливих речовин двигуна 4Ч 7,2/6,7 (MeM3-245) в режимі холостого ходу ($n=900 \text{ хв}^{-1}$)

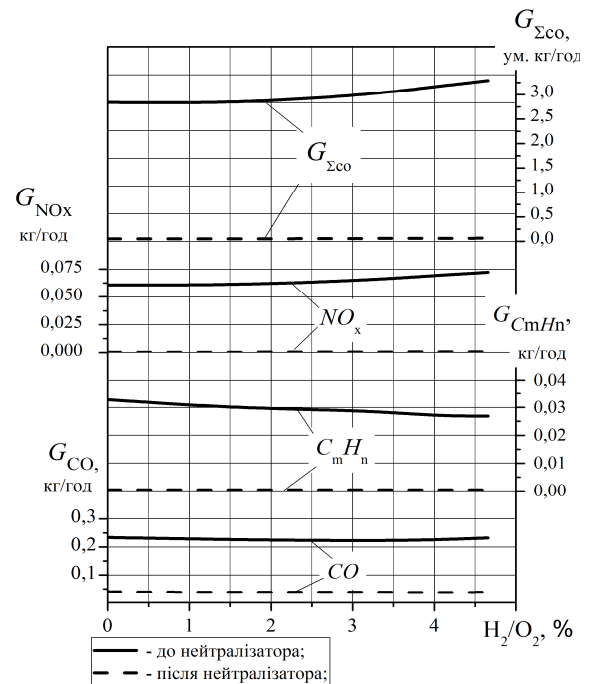


Рисунок 9 - Вплив добавки газу H_2/O_2 на викиди шкідливих речовин двигуна 6Ч 9,5/6,98 (Opel C30 NE) в середній точці Європейського їздового циклу ($M_k=28,88 \text{ Н м}$, $n=2000 \text{ хв}^{-1}$)

Як видно з рис. 8, добавка водневмісного газу приводить до зменшення сумарних масових викидів, приведених до СО. Масові викиди визначені до нейтралізатора, в двигуні 4Ч 7,2/6,7 (MeM3-245) зменшуються в середньому на 28,5 %, після нейтралізатора - на 29,8 %. В режимі середньої точки Європейського міського їздового циклу добавка водневмісного газу практично не впливає на сумарні масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна 6Ч 9,5/6,98 (Opel C30 NE). Добавка водневмісного газу приводить до зменшення викидів СО і C_mH_n , масові викиди NO_x незначно зростають, що є наслідком зростання температури в циліндрі двигуна при добавці H_2/O_2 .

Розраховано ефективність нейтралізації трикомпонентного каталітичного нейтралізатора за роботи на бензині та на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. Встановлено, що добавка водневмісного газу не впливає на ефективність роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора. Це дозволить використовувати добавку водневмісного газу для покращення паливної економічності двигунів з нейтралізаторами без погіршення їх екологічних показників.

Використовуючи уточнену методику розрахунку робочого процесу двигуна з іскровим запалюванням розраховано основні показники робочого циклу двигуна за роботи на бензині і на бензині з добавкою водневмісного газу до повітряного заряду. Розраховано характеристики активного тепловикористання і тепловиділення двигуна за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу (рис. 10, 11).

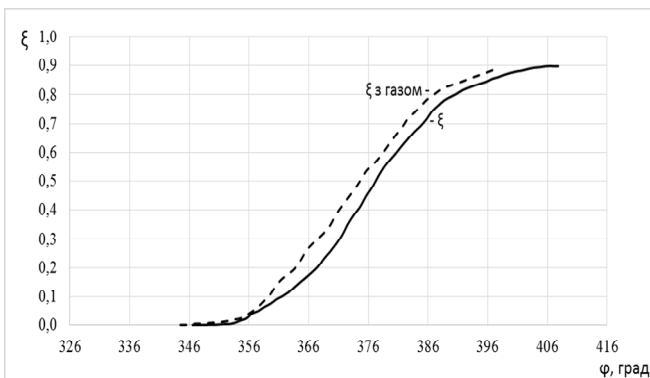


Рисунок 10 - Характеристики тепловикористання за роботи двигуна без добавки та з добавкою водневмісного газу

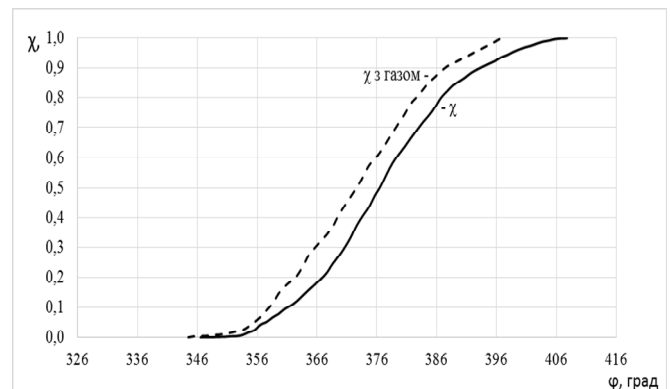


Рисунок 11 - Характеристики активного тепловиділення за роботи двигуна без добавки та з добавкою водневмісного газу

Встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до скорочення тривалості згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема, перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала.

На рис. 12, 13 показані характеристики активного тепловиділення за роботи без добавки та з добавкою водневмісного газу розраховані за обраною в дослідженні методикою і за відомою методикою проф. І.І. Вібе.

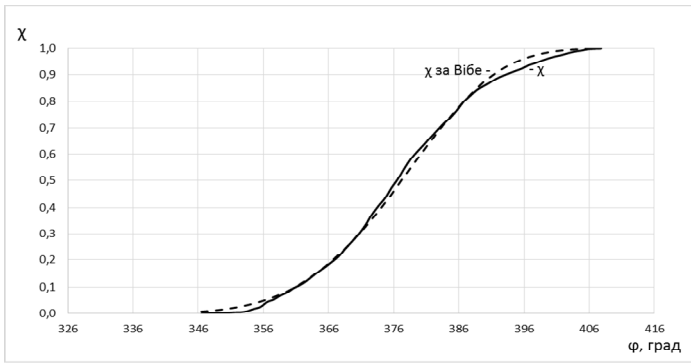


Рисунок 12 - Порівняння результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за різними методиками при роботі двигуна без добавки водневмісного газу

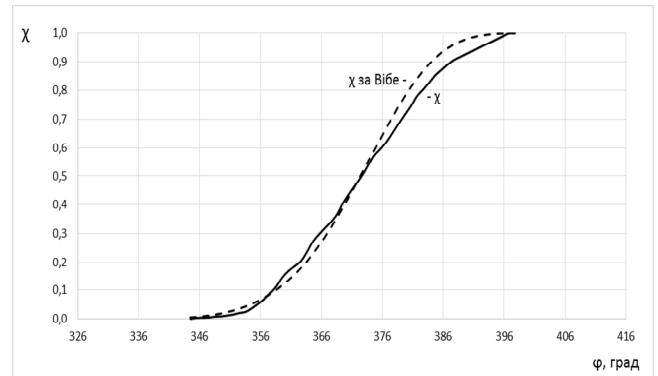


Рисунок 13 - Порівняння результатів розрахунку характеристик активного тепловиділення за різними методиками при роботі двигуна з добавкою водневмісного газу

Як видно з показаних на рис. 12 і 13 характеристик, результати розрахунку за обраною в дослідженні методикою і за методикою проф. Вібе І.І. є досить близькими.

Використання добавки водневмісного газу підвищує індикаторний ККД η_i з 0,3107 до 0,333, що дає підстави очікувати поліпшення паливної економічності двигуна за рахунок поліпшення робочого процесу.

За результатами статистичної обробки серії індикаторних діаграм встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення ступеня невідтворності послідовних робочих циклів на 6,8 %.

Визначено похибки вимірювань експериментальних величин. Розраховані значення похибок підтверджують достовірність результатів експериментальних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. В процесі експлуатації автомобільних двигунів значне місце займають режими малих навантажень і холостого ходу, які є досить несприятливими для бензинових двигунів з точки зору паливної економічності та екологічних показників, а тому необхідним і актуальним є пошук і застосування заходів, які покращують роботу двигунів в цих режимах. Одним з таких заходів є інтенсифікація процесу згоряння використанням добавок активуючих речовин, швидкість згоряння яких вища, ніж основного палива. До таких речовин відноситься водневмісний газ H_2/O_2 , який отримують в результаті електролізу водних розчинів лугів. В дисертаційній роботі вирішена науково-технічна задача поліпшення показників бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу доцільною добавкою водневмісного газу до бензину.

2. Розроблено методику визначення показників паливної економічності бензинових двигунів за роботи з добавкою водневмісного газу з врахуванням витрат енергії в процесах електролізу.

3. За результатами проведених експериментальних досліджень бензинових двигунів з різними системами живлення в режимі холостого ходу встановлено поліпшення паливної економічності: двигуна з карбюраторною системою живлення на 12...14 %, з врахуванням затрат енергії на отримання газу на 7...8 % за добавки

4,8...5,9 % H_2/O_2 від витрати бензину; двигунів з системою впорскування бензину на 7...12 % та 3 - 5,5 % за добавки 3,5...4 % H_2/O_2 .

4. Дослідженнями, проведеними в режимі середньої точки Європейського міського їздового циклу встановлено зниження питомої ефективної витрати палива: двигуна з карбюраторною системою живлення на 10 %, з врахуванням затрат електроенергії на проведення електролізу на 3,8 % за добавки 5 % водневмісного газу; двигунів з системою впорскування бензину на 8...9,3 %, з врахуванням затрат на отримання H_2/O_2 на 4...6,7 % за добавки 2,6...4 % H_2/O_2 . В цілому за результатами експериментальних досліджень можна стверджувати, що доцільна добавка водневмісного газу для всіх випробуваних двигунів становить близько 4...6 % від витрати бензину у відповідному режимі. Подальше збільшення добавки H_2/O_2 , як правило, призводить до зниження економії так як затрати на отримання газу зростають. За результатами факторного експерименту встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до підвищення потужності і зменшення ефективної питомої витрати бензину у всьому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів.

5. Встановлено, що добавка водневмісного газу впливає на масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами. За роботи двигунів в режимі холостого ходу отримані наступні результати: сумарні масові викиди, приведені до CO, визначені до нейтралізатора, в двигуні 4Ч 7,2/6,7 (MeM3-245) зменшуються в середньому на 28,5 %, після нейтралізатора - на 29,8 %; в двигуні 6Ч 9,5/6,98 (Opel C30 NE) на 5,8 % до нейтралізатора і 1,3 % після нейтралізатора; в двигуні 4Ч 7,65/7,56 (VW BBU) до нейтралізатора збільшуються на 4,7 %, після нейтралізатора знаходяться в межах точності замірів.

В режимах, що відповідають середній точці Європейського їздового циклу встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення викидів CO і C_mH_n , масові викиди NO_x незначно зростають, що є наслідком зростання температури в циліндрі двигуна при добавці H_2/O_2 . Встановлено, що добавка водневмісного газу не впливає на ефективність роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора.

6. Індицируванням двигуна MeM3-245 за роботи в режимі середньої точки Європейського їздового циклу встановлено, що добавка водневмісного газу в кількості 5,4 % від витрати бензину приводить до підвищення максимального тиску циклу з 18,56 до 20,02 бар. За уточненою методикою розрахунку робочого процесу, яка враховує вплив добавки H_2/O_2 на склад паливоповітряної суміші, встановлено, що добавка водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна скорочує тривалість згоряння на 10 градусів повороту колінчастого вала. Зокрема, перша і друга фази згоряння скорочуються на 2 градуси кожна, третя фаза скорочується на 6 градусів повороту колінчастого вала.

7. Встановлено, що за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу зменшується ступінь невідтворності послідовних робочих циклів на 6,8 %.

8. Встановлено, що індикаторний ККД двигуна MeM3-245 за роботи з добавкою H_2/O_2 в кількості 5,4 % від витрати бензину в режимі середньої точки Європейського їздового циклу підвищується на 6,7 %.

9. Результати досліджень прийняті до використання в ДП «Харківське конструкторське бюро з двигунобудування», Інституті газу НАН України та ТОВ «Екотюнінг».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

Статті в наукових фахових виданнях

1. Гутаревич Ю.Ф. Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, Є.В. Шуба, О. Д. Філоненко, І. В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. –Вип. 30, С. 78–85.

2. Гутаревич Ю.Ф. Про можливість використання водневмісних сполук в дизелях транспортних машин. / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, О.Д. Філоненко, Є.В. Шуба // Вісник ЖДТУ: Наук. журн. Вип. 2/2014. Серія: Технічні науки. –Житомир, 2014. С. 85-89.

3. Гутаревич Ю.Ф. Використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для покращення показників двигунів з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. –Вип. 31, С. 161–165.

4. Гутаревич Ю.Ф. Ефективність використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду бензинових двигунів. / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, Є.В. Карев, О.Д. Філоненко, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №1(3). С. 59-63.

5. Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 32, С. 100 – 107.

6. Гутаревич Ю.Ф. Уточнення методики розрахунку робочого процесу бензинового двигуна за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №2(4). С. 20-27.

7. Шуба Є.В. Поліпшення паливної економічності бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Є.В. Шуба // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – ПолтНТУ 2015. - Вип. 3 (45) с. 47-53.

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав з напрямку

8. Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу до повітряного заряду на паливну економічність бензинового двигуна із системою впорскування. / Ю.Ф. Гутаревич, М.П. Цюман, Є.В. Шуба // Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza. Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. Seria: Transport. – 2014. - № 5. - С.149-154.

9. Гутаревич Ю.Ф. Використання добавки водневмісного газу для покращення показників роботи сучасного бензинового двигуна. / Ю.Ф.Гутаревич, І.В. Манько, Є.В. Карев, Є.В. Шуба // Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza.

Monografia pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy. Seria: Transport. – 2015. - № 6. - С.153-158.

Опубліковані праці апробаційного характеру

10. Шуба Є.В. Вплив додавання продуктів електролізу води до повітряного заряду на показники роботи бензинового двигуна в режимах холостого ходу. / LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей.- К.: НТУ, – 2014 – С.22.

11. Шуба Є.В. Вплив добавки водневмісного газу на показники роботи бензинового двигуна в режимах малих навантажень./ LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей.- К.: НТУ, – 2015 – С.32.

12. Гутаревич Ю.Ф. Використання водневмісного газу для поліпшення показників двигунів внутрішнього згоряння. / Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Шуба Є.В., Філоненко О.Д. // Тези доповідей науко-практичної конференції. Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. – Одеса: Військова академія, 2015. С. 68.

13. Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу на робочий процес бензинового двигуна з карбюраторною системою живлення. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Вінниця, 2015 р., с. 76-77.

14. Шуба Е.В. Улучшение топливной экономичности и экологических показателей бензиновых двигателей добавкой водородсодержащего газа к воздушному заряду. / Материалы тринадцатой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» БНТУ, г. Минск, 2015 р. В 4-х томах. Том 2. С.72 - 73.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

15. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №60740 Науковий твір «Використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для покращення показників двигунів з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу» Гутаревич Ю.Ф., Шуба Є.В. Дата реєстрації 21.07.2015

16. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №63948 Науковий твір «Ефективність використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду бензинових двигунів.» Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, С.В. Карев, О.Д. Філоненко, Є.В. Шуба. Дата реєстрації 05.02.2016

АНОТАЦІЯ

Шуба Є. В. Зниження токсичності та поліпшення паливної економічності бензинових двигунів в режимах малих навантажень і холостого ходу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. – Національний транспортний університет. - Київ, 2016.

Дисертація присвячена вирішенню науково-технічної задачі, спрямованої на зниження шкідливих викидів і витрати палива бензиновими двигунами в режимах малих навантажень і холостого ходу використанням добавки водневмісного газу до повітряного заряду. Проведено дослідження впливу добавки водневмісного газу на паливну економічність, екологічні показники та робочий процес бензинових двигунів з різними системами живлення за роботи в режимах малих навантажень і холостого ходу. В результаті досліджень встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до зменшення годинної та питомої витрат палива, зменшуються сумарні масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів в режимах холостого ходу та викиди продуктів неповного згоряння в навантажувальних режимах. Встановлено, що добавка водневмісного газу приводить до скорочення тривалості згоряння та зменшення ступеня невідтворності послідовних робочих циклів карбюраторного двигуна, що позитивно впливає на його ефективні показники. Результати досліджень прийняті к використанню в ГП «Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению», Інституте газу НАН України и ООО «Экотюнинг».

Ключові слова: водневмісний газ, холостий хід, карбюратор, система впорскування, зворотній зв'язок, паливна економічність, екологічні показники, бензиновий двигун, робочий процес.

АННОТАЦИЯ

Шуба Е. В. Снижение токсичности и улучшение топливной экономичности бензиновых двигателей в режимах малых нагрузок и холостого хода. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 - двигатели и энергетические установки. - Национальный транспортный университет. - Киев, 2016.

Диссертация посвящена решению научно-технической задачи, направленной на снижение вредных выбросов и расхода топлива бензиновыми двигателями в режимах малых нагрузок и холостого хода использованием добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду. Предложена методика расчета процесса смесеобразования в двигателе при работе с добавкой водородсодержащего газа. Уточнена методика расчета рабочего процесса бензинового двигателя при работе с добавкой водородсодержащего газа. Разработана методика оценки влияния добавки водородсодержащего газа на топливную экономичность с учетом расхода энергии на проведение электролиза. Для определения влияния добавки водородсодержащего газа на топливную экономичность и экологические показатели двигателей проведены стендовые исследования бензиновых двигателей с различными системами питания при работе в режимах малых нагрузок и холостого хода с различными по величине добавками водородсодержащего газа. Для определения влияния добавки водородсодержащего газа на рабочий процесс бензинового двигателя проведено индицирование рабочего процесса двигателя MeM3-245 с карбюраторной системой питания при работе на бензине и на бензине с

добавкой водородсодержащего газа к воздушному заряду. Рассчитаны массовые выбросы вредных веществ с отработавшими газами при работе двигателя на бензине и на бензине с добавкой водородсодержащего газа к воздушному заряду. Так как у выпускных системах испытуемых двигателей установлены трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы, исследовано влияние добавок водородсодержащего газа на эффективность нейтрализации.

В результате исследований установлено, что добавка водородсодержащего газа приводит к незначительному обогащению топливовоздушной смеси и уменьшению часового и удельного расхода топлива бензиновых двигателей. При работе с добавкой водородсодержащего газа уменьшаются суммарные массовые выбросы вредных веществ с отработавшими газами двигателей в режимах холостого хода и выбросы продуктов неполного сгорания в нагрузочных режимах. На эффективность работы трехкомпонентного каталитического нейтрализатора добавка водородсодержащего газа не влияет. Установлено, что добавка водородсодержащего газа приводит к сокращению продолжительности сгорания и уменьшению степени невоспроизводимости последовательных рабочих циклов бензинового двигателя, что положительно влияет на его эффективные показатели.

Ключевые слова: водородсодержащий газ, холостой ход, карбюратор, система впрыска, обратная связь, топливная экономичность, экологические показатели, бензиновый двигатель, рабочий процесс.

SUMMARY

Shuba Ye.V. Reducing of toxicity and improvement of petrol engine fuel efficiency at low load modes and idling. - The manuscript.

Thesis for Scientific Degree of Candidate of Technical Sciences in 05.05.03 - engines and power plants. - National Transport University. - Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to solving scientific and technical problems aimed at reducing harmful emissions and fuel consumption of petrol engines at modes of low load and idling by using hydrogen-containing gas additive to air charge. To determine the effect of hydrogen-containing gas additive on the fuel efficiency and environmental performance of engines a research of gasoline engines with different systems of power at work in modes of low loads and idling with various amount of hydrogen-containing gas additives was conducted. The studies have shown that the addition of a hydrogen-containing gas reduces time and specific fuel consumption, reduces the total mass emissions of harmful substances in exhaust gases of engines idling and emissions of incomplete combustion in load conditions. It is proved that the addition of a hydrogen-containing gas results in reduction of combustion duration and reduces non-repeatability of successive operating cycles of the engine carburetor, which positively affects its effective performance.

Keywords: hydrogen-containing gas, idle, carburetor, injection system, feedback, fuel efficiency, environmental performance, petrol engine, work flow.