Шифр «Біогаз»

Наукова робота

Напрям конкурсу «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»

«Покращення показників транспортного засобу під час роботи на біогазі»

2020

АНОТАЦІЯ

Актуальність теми. Інтенсивне збільшення ціни на традиційні палива визначили актуальність досліджень використання альтернативних палив. Одним з шляхів зменшення експлуатаційних витрат є використання газових палив.

Стрімкий розвиток технологій переробки різноманітних біоорганічних відходів на біогаз призвів до розповсюдження переробних комплексів в країнах ЄС і в Україні. Такі комплекси передбачають у своєму технологічному ланцюгу дільниці отримання біогазу і його подальшої утилізації в когераційних установках, на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Біогаз за своїм складом подібний до природного газу і може бути застосований в ДВЗ автотракторного типу.

Однак створення автомобільного варіанту ДВЗ, здатного споживати газ з низькою калорійністю, викликає певні труднощі. Вони зумовлені необхідністю збереження потужності та економічності роботи базового ДВЗ на експлуатаційних режимах, забезпечення його надійності та стабільності роботи, з мінімальними доробками базового ДВЗ і т.п. Тому доцільніше застосовувати не біогаз, а отримане з нього біогазове паливо – біометан.

З цією метою біогаз висушують та очищують від небажаних домішок. Очистка біогазу може здійснюватися різноманітними методами. Після цього отриманий газ має практично однорідний склад, із вмістом метану 90-97 % і придатний для живлення ДВЗ транспортних засобів.

Метою дослідження є покращення техніко-економічних показників транспортного засобу під час його роботи на біогазі. Відповідно до мети дослідження в роботі розв'язані наступні **завдання**:

- вивчення сучасного стану досліджуваної проблеми;

- розробка методу теоретичного дослідження показників газового двигуна при роботі на біогазі;

- дослідження впливу ступеня очищення біогазу від домішок на ефективні показники газового двигуна;

- обґрунтування економічної ефективності експлуатації транспортного засобу при роботі на біогазі.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації транспортного засібу з переобладнаним з дизеля газовим двигуном під час його роботи на біогазі.

Предмет дослідження – вплив ступеня очистки біогазу на техніко-економічні показники транспортного засобу з переобладнаним з дизеля газовим двигуном.

Під час виконання роботи були використані наступні методи дослідження:

- описовий, що полягає в систематизації теоретичного матеріалу;

- наукового моделювання через вивчення об'єктів за допомогою математичних моделей;

- статистичний метод полягав у систематизації отриманих результатів.

Новизна одержаних результатів полягає у застосуванні методики оцінювання показників переобладнаного з дизеля газового двигуна, що дозволяє досліджувати вплив ступенів очистки біогазу на техніко-економічні показники транспортного засобу.

Практичне значення одержаних результатів. складає методика, що дозволяє досліджувати вплив ступенів очистки біогазу на техніко-економічні показники транспортного засобу.

Реалізація роботи. Результати проведених досліджень впроваджені у виробничому процесі ПрАТ «Волинь-Авто» та ФОП Дашевський О.В. Отримані результати висвітлені в студентському науковому віснику Луцького НТУ, випуск 34 [1].

Особистий внесок автора в роботу. Особистий внесок автора полягає в аналізі літературних джерел за темою досліджень, формуванні задач, виборі методик і об'єктів досліджень, участі у проведенні експериментальних досліджень у лабораторних умовах, визначенні показників експлуатаційних властивостей біогазу, в узагальненні та інтерпретації одержаних результатів, у формулюванні висновків роботи в цілому.

ПЛАН

	ВСТУП.....	5
1	АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1	Аналіз стану питання щодо використання газових палив.....	6
1.2	Біогаз та його фізико-хімічні властивості.....	8
1.3	Попередні дослідження використання біогазу в якості моторного палива...	10
1.4	Покращення властивостей біогазу його очищенням.....	12
2	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	15
2.1	Переобладнання дизеля в газовий двигун з іскровим запалюванням для роботи на газовому паливі.....	15
2.2	Розрахунок параметрів роботи газового двигуна на біогазі.....	18
2.3	Розрахунок зовнішньої швидкісної характеристики газового двигуна, який живиться біогазом.....	21
3	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ РОБОТІ НА БІОГАЗІ.....	23
3.1	Витрати на переведення транспортного засобу з дизелем для роботи на біогазі.....	23
3.2	Розрахунок економічного ефекту.....	24
	ВИСНОВКИ.....	27
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	28
	ДОДАТОК А.....	31
	ДОДАТОК Б.....	39
	ДОДАТОК В.....	41
	ДОДАТОК Г.....	42
	ДОДАТОК Д.....	44
	ДОДАТОК Е.....	46
	ДОДАТОК Є.....	50

ВСТУП

Україна є суттєво залежною від імпорту нафти. Має місце постійний ріст цін на традиційні енергоносії. Тому ще на початку 90-х років минулого століття значна частина вантажних автомобілів і автобусів з бензиновими двигунами були переведені на природний газ. Разом з тим все більшою проблемою для нашої держави є утилізація побутових та сільськогосподарських відходів. Велика кількість біогазу та звалищного газу викидається в атмосферу і забруднює навколишнє середовище [2].

Інтерес до біогазу як альтернативного палива виник завдяки можливості його отримання в місцевих умовах. В даний час в Європі діють більше 500 станцій отримання біогазу з звалищного газу. Також постійно зростає кількість сільськогосподарських біогазових установок. В цілому в ЕС їх зараз більше 4000 [3].

Але тільки деякі з них виробляють біогаз для подальшого використання в якості автомобільного палива. Практично на всіх станціях отримуваний біогаз використовується для продукування тепла або електроенергії. І все ж потенціал використання біогазу в якості моторного палива величезний. В густонаселених регіонах екологічний ефект від його використання може бути значним [4].

Свідченням цього є те, що світовим лідером з виробництва біогазу є Китай. Там ще в 2006 році діяло 17 млн. біогазових установок з річним виробництвом 6,5 млрд. куб. м газу, що дозволило замінити 10 млн. т умовного палива і забезпечити 50 млн. чоловік. В даний час ставиться завдання досягти до 2022 року рівня 25 млрд. куб.м^3 [5].

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз стану питання щодо використання газових палив

До газового альтернативного палива належать: водень, метан вугільних родовищ, а також газ, одержаний у процесі підземної газифікації; газ, одержаний під час переробки твердого палива (кам'яне та буре вугілля, горючі сланці, торф); газ, що міститься у водоносних пластах нафтогазових басейнів з аномально високим пластовим тиском, в інших підземних газонасичених водах, а також у газонасичених водоймищах і болотах; газ, одержаний з природних газових гідратів, та підгідратний газ; біогаз, генераторний газ, інше газове паливо, одержане з біологічної сировини, у тому числі з біологічних відходів; газ, одержаний з промислових відходів (газових викидів, стічних вод промислової каналізації, вентиляційних викидів, відходів вугільних збагачувальних фабрик тощо); стиснений та зріджений природний газ, зріджений нафтовий газ, супутній нафтовий газ, вільний газ метан, якщо вони одержані з газових, газоконденсатних та нафтових родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ [6].

Нагальні труднощі, пов'язані з переходом автомобільного транспорту (АТ) на газове паливо, полягають у створенні відповідної інфраструктури: заводів, сховищ, заправних станцій. Нині світовий автомобільний парк, який працює на газових паливах, становить 3-3,5млн одиниць. Розвідані світові запаси природного газу на 2018 рік обчислюються майже 197 трлн $м^3$ (в Україні – 1,1) [7]. Якщо поділити 197 трлн $м^3$ на величину очікуваного споживання газу у 2015 р. (3,5 трлн $м^3$), то матимемо 56 років. Тобто ресурси природного газу виснажаться не набагато пізніше, ніж нафти. Щоправда, існують величезні запаси (близько 10^{16} $м^3$) природного метану у вигляді гідратів $CH_4(H_20)_n$ (це дно океанів та шари вічної мерзлоти), які на два порядки перевищують ресурси природного газу. Але технології використання метану ще не освоєно. Метан також накопичується у вугільних пластах; його вміст за обсягом близький до запасів кам'яного вугілля (майже 10^4 млрд. т).

Природний газ може слугувати моторним паливом після порівняно нескладної переробки двигуна та власне автомобіля: необхідно встановити балони, розраховані на тиск приблизно 20 МПа, і змінити конструкцію системи подачі палива. Завдяки високому значенню октанового числа природний газ є чудовим паливом для бензинових двигунів. У дизелях застосування природного газу утруднене через його порівняно високу температуру самозапалювання і, відповідно, низьке цетанове число. Щоб подолати ці проблеми, використовують, наприклад, двопаливну систему: невелика кількість дизельного палива впорскується у камеру згоряння, а вже потім подається стиснений природний газ.

Скраплений супутній нафтовий газ на 90-95 % являє собою суміш пропану та бутану з домішкою важких вуглеводнів. За показниками потужності та екологічними характеристиками двигунів він близький до стиснутого природного газу. Із вмонтованих на автомобілі балонів із нафтовим газом (під тиском майже 1,6МПа) він через випарний пристрій дозується у камеру згоряння двигуна. Основні недоліки цього виду палива такі: процес випарювання погіршує його пускові властивості; для роботи двигуна за низьких температур повітря потрібно вмонтовувати спеціальні підігрівники або ж запускати і прогрівати двигун з використанням стандартного палива.

Водень може бути альтернативним моторним паливом так само, як і звична бутано-пропанова суміш або ж метан. Джерелами одержання цього газу є не тільки вода, прямогінний бензин, спирти чи кам'яне вугілля, а також і синтез-газ. Водень (чи метан) можна використати не лише у двигунах внутрішнього згоряння, а й у спеціальних паливних елементах, які безпосередньо виробляють електроенергію. Нині саме паливні елементи фахівці вважають перспективнішими джерелами електроенергії, аніж традиційні.

Біогаз – різновид біопалива. Добувають із відходів тваринництва, харчової промисловості, стічних вод та твердих побутових відходів. Один із найперспективніших видів альтернативних моторних палив.

Вихідною сировиною у виробництві альтернативних синтетичних палив для бензинових двигунів та дизелів є вугілля, природний і супутні нафтові та вугільні гази, біомаса, торф, сланці тощо. Найбільш перспективне джерело - природний газ, а також одержуваний із нього синтез-газ (суміш CO та H_2). Виробництво синтетичних моторних палив із синтез-газу ґрунтується па каталітичних процесах Фішера-Тропша та Мобіл через проміжне отримання метанолу.

1.2 Біогаз та його фізико-хімічні властивості

Біогаз – це продукт метанового бродіння органічних речовин рослинного та тваринного походження. При цьому склад біогазу значно залежить від характеру процесу його бродіння. Основними компонентами біогазу є метан (50-70%), вуглекислий газ (25-45%). Також до складу біогазу у невеликих кількостях входять сірководень H_2S (до 0,15%), водень (до 0,15%), водяна пара (0,05%) і азот (1%). Рівень домішок в біогазі досягає 50%, які не тільки перешкоджають використання газу, але й шкодять обладнанню (трубопроводам та газгольдеру). Таким чином, біогаз має значну кількість домішок (особливо CO_2, і N_2), що приводить до зменшення теплоти згоряння біогазу ($H_U = 3800 - 5000 кДж/м^3$), в порівнянні з природним газом (метаном $H_U = 34 - 37,2 МДж/м^3$). Але при хорошому очищенні і збагаченні газу, отриманий із біомаси, має теплоту згоряння $H_U = 30000 - 35000 кДж/м^3$ (біометан). По іншим фізико-хімічним властивостям показники біогазу близькі до природного газу [8].

Основні фізико-хімічні властивості показників біогазу і природного газу наведені в таблиці 1.1 та таблиці 1.2.

Таблиця 1.1

Фізико-хімічні властивості біогазу і природного газу

Показники	Види палива	
	біогаз	метан
Масова теплота згоряння, *кДж / кг*	30000	23800
Об'ємна теплота згоряння, *кДж / м*^{3}	25000	34000
Кількість повітря, необхідна для повного згоряння 1кг палива, кг	3,5-10,2	17,2
Границі займання суміші по α : - багата - бідна	 0,66-0,70 1,80-1,95	 0,70 2,10
Максимальна швидкість горіння, *м / с*	0,20-0,37	0,4
Октанове число	115-130	110
Теплота згоряння, *кДж / м*^{3}	3800-35000 (використання різних способів очищення)	34000-37200

Таблиця 1.2

Хімічний склад біогазу

Речовина	Хімічна формула	Вміст, %
Метан	CH_4	40 - 75
Вуглекислий газ	CO_2	25 – 55
Водяний пар	H_2O	0 – 10
Азот	N_2	<5
Кисень	O_2	<2
Водень	H_2	<1
Сірководень	H_2S	<1

Позитивними сторонами використання біогазу є [9]:

- біогаз є відновлювальним паливом, використання якого не призводить до підсилення глобального парникового ефекту і сприяє покращенню екологічної ситуації;

- застосування біогазу для виробництва енергії позитивно впливає на розвиток місцевої економіки регіонів України, оскільки гроші, сплачені за паливо, не спрямовуються за кордон;

- залучення біогазу до паливно-енергетичного балансу областей та країни в цілому сприяє створенню нових робочих місць (збір, підготовка та доставка біогазу, обслуговування біогазового обладнання), що допомагає вирішенню проблеми зайнятості в Україні;

- відносна дешевизна у порівнянні з традиційними паливами;

- використання біогазу в сільській місцевості дозволяє істотно здешевити процес агропромислового виробництва;

- безвідходне виробництво біогазу;

- високе значення октанового числа (ОЧ).

Негативними сторонами використання біогазу є [9]:

- наявністю домішок інших газів в його складі, що робить таке паливо не стабільним;

- менше значення нижчої теплоти згоряння суміші, а звідси і гірші техніко-економічні показники роботи двигуна у порівнянні з метаном;

- менша швидкість горіння у порівнянні з метаном;

- більш високе значення температури самозаймання у порівнянні з метаном, а звідси і поганий запуск ДВЗ.

1.3 Попередні дослідження використання біогазу в якості моторного палива

Використання природного газу в двигунах, переобладнаних з бензинових, є добре дослідженими. Цим питанням тривалий час займались в Національному

транспортному університеті, Харківському автомобільно-дорожньому університеті, Інституті проблем машинобудування та інших закладах. Менш дослідженим є використання природного газу в дизелях і мало дослідженим є питання використання біогазу в якості моторного палива.

Дослідження двигунів під час їх роботи на біогазі проводять провідні вузи України. У працях групи авторів харківського автомобільно-дорожнього університету була порушена проблема найбільш ефективного, економічно доцільного використання біогазу як моторного біологічного палива в ДВЗ, робота на якому забезпечувала техніко-економічні і екологічні показники двигуна не гірші, ніж при роботі на бензині. Було взято модель двигуна ВАЗ, переведену на біогаз. При заданих параметрах двигуна ($Ne = 50 кВт$, $g_e = 395 г/(кВт \cdot год)$) оптимальні показники робочого циклу складають: індикаторний ККД $\eta_i = 0{,}346$, ступінь стиску $\varepsilon = 12{,}5$, коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1{,}3$, кут випередження запалювання $\theta_{зап.} = 40^\circ$ до ВМТ [10].

В роботі [11] вирішене завдання покращення показників бензинового двигуна МеМЗ-245 при його переведенні на біогаз коректуванням регулювальних параметрів двигуна. Встановлено, що зміною складу суміші та кута випередження запалювання при вмісті в біогазі вуглекислого газу 50% зниження потужності двигуна складає не більше 10%, тоді як без коректування – до 50%. Але використання неочищеного біогазу не можна вважати виправданим. Адже наявний там сірководень буде викликати корозію деталей двигуна.

В роботі російських дослідників [12] встановлено, що збільшення концентрації метану в біогазі з 60 до 73…75% призводить до збільшення потужності газодизеля на великих навантаженнях до 16% при незначному зменшенні ефективного ККД. При збільшенні концентрації метану до 85% потужність зростає менш суттєво (4%), а ефективний ККД знижується на 5%. Тобто рекомендованим для використання в газодизелі є біогаз з вмістом метану 73…75%.

Білоруські вчені також досліджували роботу дизеля на сумішах дизельного палива і біогазу [13]. Робота дизеля з додаванням 30% біогазу супроводжується зниженням викидів сажі на 99%, але ріст викидів оксидів азоту при цьому становить 151…2976 ppm. При цьому ефективна потужність та ефективний ККД двигуна не зменшуються. Але використання біогазу в газодизелях не можна вважати раціональним за відсутності повного заміщення дизельного палива.

В інституті газу НАН України проводяться лабараторні і промислові випробування по горінню біогазу, розроблені пристрої згоряння для парових котлів продуктивністю від 1 до 16т/год пари. На першій стадії були досліджені особливості горіння біогазу і відмінність його як палива від природного газу [14]. Також проведені результати порівняльних стендових випробувань автомобіля ЗИЛ-138А працюючому на біогазі з різним вмістом метану. Випробування проводились з метою визначення оптимальної глибини очистки біогазу. В результаті дослідження виявлено, що ефективним є очищення біогазу до вмісту в ньому метану 93%. Це забезпечує здешевлення біогазу, оскільки при цьому застосовуються недорогі способи очистки [15].

В роботах [16-18] приводяться переваги біогазу перед традиційними джерелами енергії та викладені наукові основи ефективного застосування біопалива як альтернативи нафтового палива у двигунах внутрішнього згоряння.

1.4 Покращення властивостей біогазу його очищенням

Можливе використання біогазу не тільки як палива, а у вигляді основних чистих компонентів (метану й діоксиду вуглецю), значно підвищує економічну цінність цього нетрадиційного джерела енергії, поліпшує екологічну ситуацію та дозволяє отримати цінні й органічні добрива.

Метан може використовуватись як паливо, а діоксид вуглецю – як інертний газ для зварювальних робіт, для заправлення вогнегасників, у харчовій промисловості.

Діоксид вуглецю (CO_2) та сірководень (H_2S) – це найпоширеніші шкідливі домішки в біогазі. Біогаз містить шкідливі домішки, здатні перешкоджати роботі каталізаторів, викликати корозію і забруднення апаратури. Для видалення цих домішок і покращення властивостей біогазу застосовують очищення. Залежно від необхідного ступеня очищення умовно розрізняють грубе, середнє і тонке очищення [10].

Для грубого очищення біогазу від домішок застосовують такі способи:

- водневе очищення під тиском;
- етаноламіноване очищення;
- очищення гарячим розчином поташу.

Для тонкого очищення газу застосовують такі способи:

- лужне очищення газу від CO_2;
- очищення газу від CO_2 методом низькотемпературної абсорбції метанолом;
- біокаталітична безреагентна технологія очищення від H_2S природного газу і біогазу;
- окисно-адсорбційний метод очищення газів від сірководню.

Вибір способу очищення залежить від необхідної чистоти біогазу та подальшого його використання. Грубе очищення дозволяє використовувати біогаз у пальниках плит та котлах для нагріву води, тонке очищення потрібно для використання біогазу як палива у транспорті, призначеному для роботи на природному газі. Вибір способу очищення залежить також від фінансових можливостей господарства, що його виробляє, та потребує відповідного технологічного обладнання. Вибір способу очищення біогазу від шкідливих домішок рекомендується виконувати за допомогою алгоритму, що наведений на рисунку 2.1. При виборі оптимального способу очищення біогазу від

шкідливих домішок відповідно зі структурно-логічною схемою (рисунок 2.1) необхідно враховувати технологічні особливості різних способів.

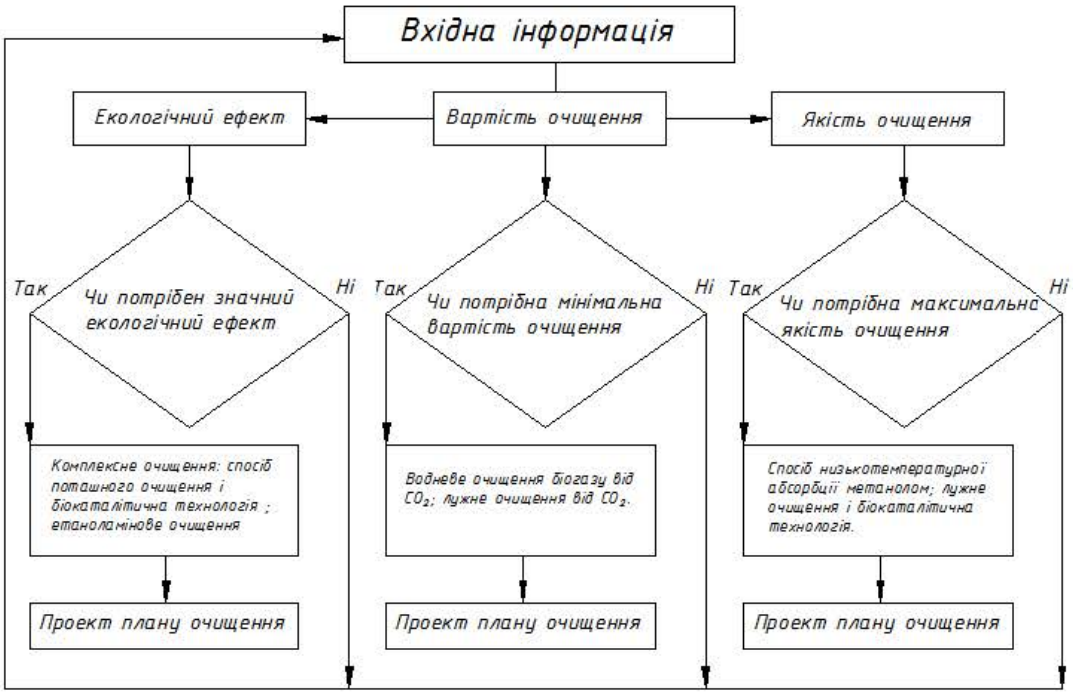

Рис. 1.1 – Структурно-логічна схема вибору способу очищення

2 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Переобладнання дизеля в газовий двигун з іскровим запалюванням для роботи на газовому паливі

В лабораторії Луцького національного технічного університету було переобладнано дизель Д-243 в газовий двигун з іскровим запалюванням. Було здійснено найпростіше переобладнання, яке можна виконувати в умовах невеликих підприємств. Конвертація дизеля здійснена з мінімальними витратами коштів за рахунок використання серійного газового обладнання, серійної системи запалювання бензинового двигуна і невеликих змін в конструкції двигуна. Зокрема ступінь стискання був зменшений з 16 до 12 встановленням додаткових прокладок головки циліндрів. Тому є можливість відновлення роботи двигуна за дизельним процесом [19].

Проведено експериментальні дослідження показників газового двигуна, переобладнаного з дизеля Д-243 (рис. 2.1) під час його роботи на природному газі (ПГ). Стендові випробування газового двигуна проводились на електричному гальмівному стенді КИ-4893 ГОСНИТИ. Під час досліджень визначалися: ефективний крутний момент $M_к$, частота обертання колінчастого вала $n_д$, годинна витрата газу $G_{газ}$, годинна витрата повітря $G_{пов}$, розрідження у впускному колекторі Δp_k, кут випередження запалювання θ, положення дросельних заслінок $\varphi_{др}$ газоповітряного змішувача, вміст у відпрацьованих газах оксиду вуглецю CO, вуглеводнів C_mH_n і оксидів азоту NO_x.

Експериментальні дослідження газового двигуна підтвердили його роботоздатність у всьому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів. На рис. 2.2 показані навантажувальні характеристики газового двигуна та дизеля для частоти обертання $n_д = 1400$ хв$^{-1}$.

Рис. 2.1 – Переобладнаний з дизеля Д-243 газовий двигун на випробувальному стенді

Аналіз характеристики показує, що під час роботи на ПГ потужність двигуна підвищилась з 40 кВт до 41,4 кВт (на 3,4 %). Деяке підвищення потужності пояснюється роботою двигуна при значеннях коефіцієнта надлишку повітря α = 0,99… 1,1. Еквівалентна питома ефективна витрата палива (в МДж/(кВт·год)) газового двигуна в порівнянні з дизелем збільшилась на 16,8… 25,6 %.

Для вимірювання концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) за компонентами: оксид вуглецю CO, вуглеводні C_mH_n та оксиди азоту NO_x використовувався комплекс газоаналізуючої апаратури.

Концентрації CO у газового двигуна більші ніж у дизеля на холостому ходу та малих навантаженнях, і дещо менші при максимальному навантаженні. Така ж закономірність характерна і для вуглеводнів C_mH_n, з яких переважну частину становить метан CH_4. Викиди NO_x у дизеля менші на середніх навантаженнях, але більші на

максимальних. Також у ВГ газового двигуна відсутня сажа, викиди якої мають місце в дизеля.

Сумарна токсичність ΣCO відпрацьованих газів, зведена до оксиду вуглецю CO, газового двигуна та дизеля суттєво залежить від навантаження на двигун. Якщо при малих навантаженнях різниця в сумарній токсичності практично відсутня, то у разі збільшення навантаження, до максимальних значень сумарна токсичність газового двигуна зменшується до 55 % у порівнянні з дизелем (рис. 2.2).

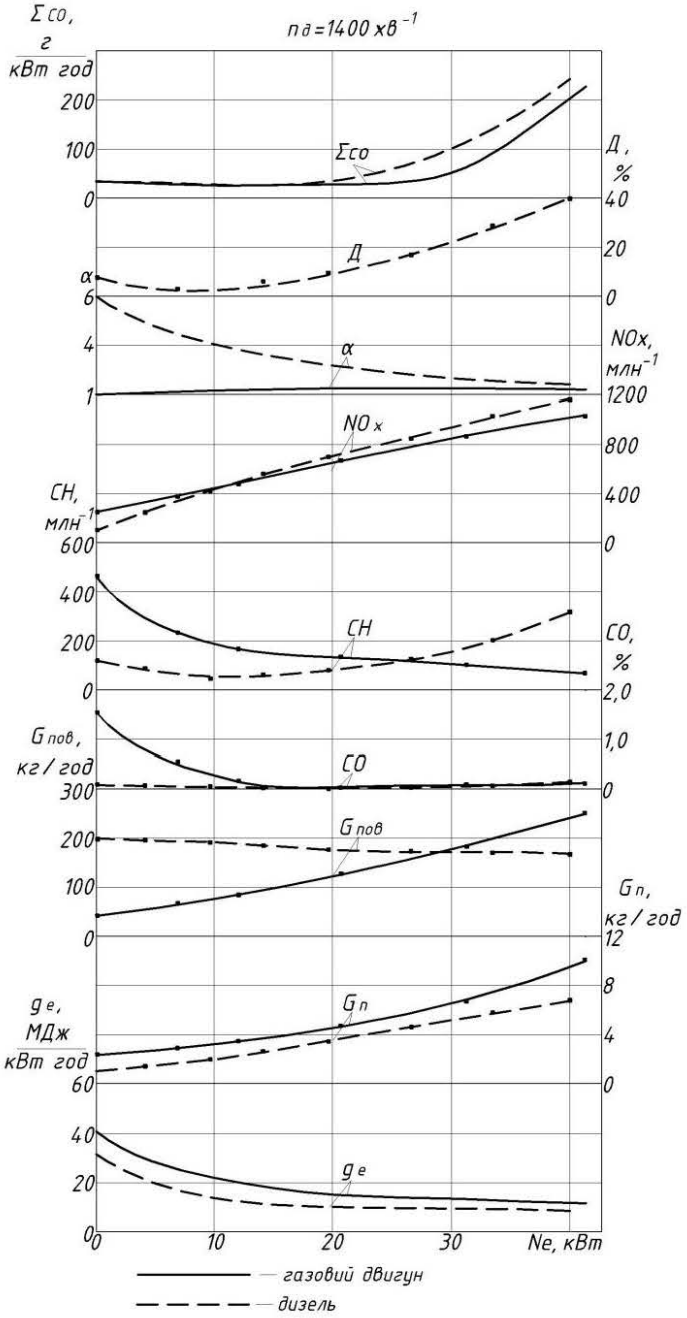

Рис. 2.2 – Навантажувальні характеристики газового двигуна та базового дизеля Д-243 з заміром токсичності відпрацьованих газів

На основі методики правил R 49 ЄЕК ООН проводились порівняння паливної економічності та токсичності газового двигуна та дизеля. Викиди окремих ШР на деяких режимах роботи газового двигуна є більшими, ніж у дизеля, але сумарна токсичність ΣCO відпрацьованих газів, зведених до оксиду вуглецю CO газового двигуна складає 294,5, а в дизеля становить 578,3. У ВГ газового двигуна повністю відсутній вміст твердих частинок. Таким чином екологічні показники газового двигуна в 1,96 рази є кращі, ніж у дизеля. Отримані значення показників енергетичних затрат під час роботи двигуна на різних паливах. При роботі двигуна на СПГ середні сумарні значення еквівалентної питомої ефективної витрати палива складають – 18,2 (МДж/кВт·год), а під час роботи двигуна на дизельному паливі – 14,8. Отже, газовий двигун споживає на 18,7 % більше палива, приведеного до єдиних енергетичних одиниць, ніж дизель. Не зважаючи на це, можна стверджувати, що створений високоефективний газовий двигун, який буде працювати з хорошими показниками і на біогазі. Високі енергетичні показники двигуна отримані завдяки правильному вибору конструктивних та регулювальних параметрів, зокрема ступеня стиску двигуна та установочного кута випередження запалювання [20].

2.2 Розрахунок параметрів роботи газового двигуна на біогазі

Розрахунок параметрів роботи газового двигуна на біогазі вівся методом теплового розрахунку. Математична модель робочого циклу газового двигуна наведена в додатку А.

Метою теплового розрахунку є: знаходження значення тиску і температури газів у характерних точках циклу, визначення індикаторних і ефективних показників газового двигуна при роботі на біогазі в залежності від різних ступенів очистки.

Були проведені розрахункові дослідження газового двигуна на біогазі. Дані розрахункових досліджень двигуна Д-243 при використанні газу з конкретним вмістом метану і вуглекислого газу подано в таблиці Б1 додатку Б.

Результати розрахункових досліджень газового двигуна з іскровим запалюванням, створеного на базі дизеля Д-243, показали, що його потужність при роботі на газі, який імітує склад біогазу, менша, ніж при роботі на природному газі. Також більшою є витрата біогазу, тобто використання біогазу в якості моторного палива не можна вважати ефективним. Виходом з положення є очищення біогазу від негорючих та шкідливих домішок.

Діоксид вуглецю CO_2 та сірководень H_2S – це найпоширеніші шкідливі домішки в біогазі. Біогаз містить шкідливі домішки, здатні перешкоджати роботі каталізаторів, викликати корозію і забруднення апаратури. Для видалення цих домішок і покращення властивостей біогазу застосовують очищення. Залежно від необхідного ступеня очищення умовно розрізняють грубе, середнє і тонке очищення [21].

Для грубого очищення біогазу від домішок застосовують такі способи: водневе очищення під тиском; етаноламіноване очищення; очищення гарячим розчином поташу. Для тонкого очищення газу застосовують такі способи: лужне очищення газу від CO_2; очищення газу від CO_2 методом низькотемпературної абсорбції метанолом; біокаталітична безреагентна технологія очищення від H_2S природного газу і біогазу; окисно-адсорбційний метод очищення газів від сірководню [22].

Вибір способу очищення залежить від необхідної чистоти біогазу та способу подальшого його використання. Грубе очищення дозволяє використовувати біогаз у пальниках плит та котлах для нагріву води, тонке очищення потрібно для використання біогазу як палива у транспорті, призначеному для роботи на природному газі. Вибір способу очищення залежить також від фінансових можливостей господарства, що його виробляє, та потребує відповідного технологічного обладнання. При виборі оптимального способу очищення біогазу від шкідливих домішок за структурно-логічною схемою необхідно враховувати технологічні особливості різних способів.

Було досліджено вплив ступеня очищення біогазу на ефективні показники газового двигуна. Розрахункові дані двигуна Д-243 при використанні біогазу з різним вмістом метану показані на рис. 2.3.

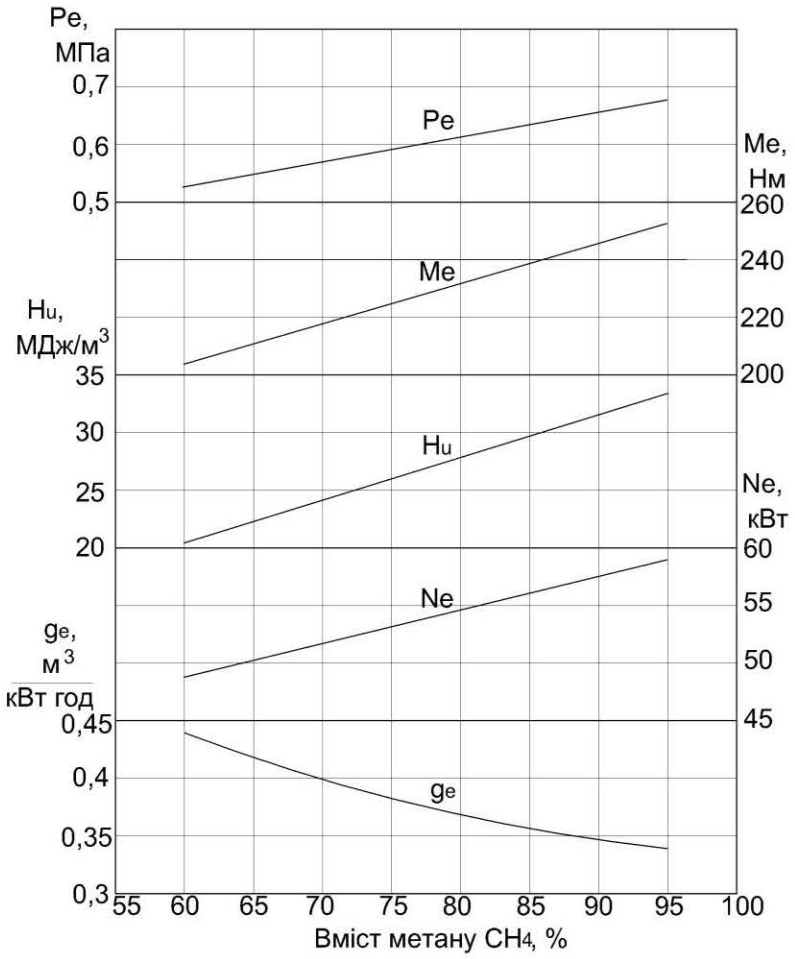

Рис. 2.3 – Залежності ефективних показників двигуна Д-243 при його роботі на біогазі з різним вмістом метану

З рисунка 2.3 можна зробити висновок, що з підвищенням вмісту метану в біогазі за допомогою його очищення з 60 % до 95 % нижча теплота згоряння H_u зростає на 37,3 %, ефективна потужність двигуна N_e на 21,2 %, ефективний крутний момент M_e на 21,2 %, а питома ефективна витрата газу g_e зменшується на 29,4 %.

2.3 Розрахунок зовнішньої швидкісної характеристики газового двигуна який живиться біогазом

При дослідженні показників ДВЗ, які працюють на альтернативних паливах доцільно провести їх порівняльну характеристику і побудувати зовнішню характеристику ДВЗ.

Залежність таких параметрів двигуна як крутний момент, ефективна потужність та питома ефективна витрата палива від частоти обертання колінчастого вала ДВЗ при повному відкритті дросельної заслінки називають зовнішньою швидкісною характеристикою ДВЗ.

Зовнішня швидкісна характеристика будується за результатами теплового розрахунку, проведеного для режиму максимальної потужності ДВЗ.

Методика розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики ДВЗ який живиться біогазом наведено в додатку В.

Залежності ефективної потужності, крутного моменту та питомої ефективної витрати палива від частоти обертання газового двигуна Д-243 наведені в табл. Г1, Г2 та Г3 додатку Г.

За результатами розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики газового двигуна при його роботі на біогазі побудовано характеристику, яку наведено на рис. 2.4.

Побудова зовнішньої швидкісної характеристики газового двигуна Д-240, при роботі на біогазі, дає можливість більш наочно простежити зміну ефективної потужності, ефективного крутного моменту, ефективної питомої витрати палива в залежності від частоти обертання двигуна.

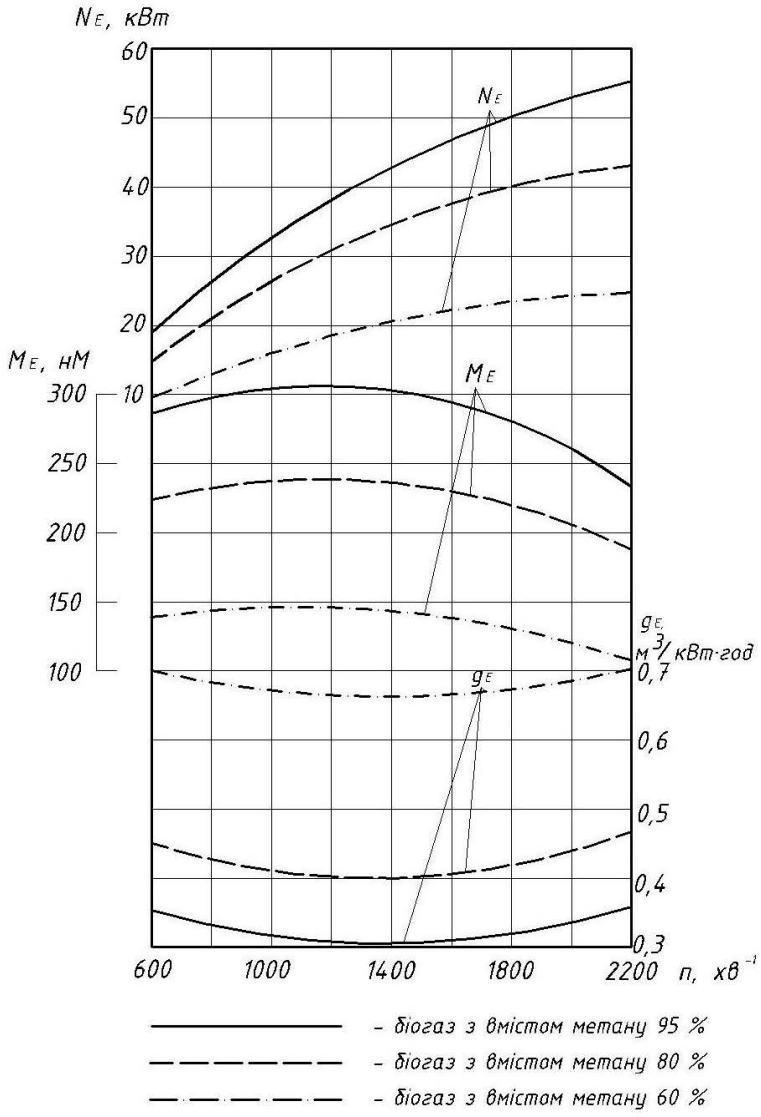

Рис. 2.4 – Зовнішня швидкісна характеристика газового двигуна, який живиться біогазом з різним вмістом метану

3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ РОБОТІ НА БІОГАЗІ

3.1 Витрати на переведення транспортного засобу з дизелем для роботи на біогазі

Витрати на переведення транспортного засобу на прикладі вантажного автомобіля ГАЗ-3309 включають в себе витрати на придбання обладнання, комплектуючих та заробітну плату виконавців робіт.

Переведення техніки з дизелем для роботи на біогазі включає в себе демонтаж системи живлення, зменшення ступеня стиску та забезпечення нормального протікання робочого процесу за циклом Отто, тобто встановлення іскрової системи запалювання та додаткового газового обладнання для зберігання і подачі газу у циліндри двигуна, заміна привода керування регулятором частоти обертання дизеля на привод керування дросельними заслінками газоповітряного змішувача, виконання необхідних регулювань систем живлення та запалювання, випробування техніки пробігом. При цьому необхідно виконувати вимоги нині діючих нормативно-технічних документів, що регламентують переобладнання мобільної техніки для роботи на природному газі.

Потужність переведених з дизеля газових двигунів з іскровим запалюванням під час роботи на біогазі буде такою ж, як і у базових дизелів, тому продуктивність техніки з таким двигуном при роботі на біогазі не змінюється. Собівартість транспортної роботи зменшиться, не зважаючи на те, що середні експлуатаційні витрати біогазу на 15–25 % більші у порівнянні з дизельним паливом. Витрата 1 $м^3$ газу еквівалентна витраті 1 л дизельного палива [23]. Моторесурс газового двигуна приблизно на 20 % більший у порівнянні з дизелем [23].

Результати розрахунку витрат на переведення транспортного засобу для роботи на біогазі зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Вартість переведення транспортного засобу для роботи на біогазі

№ з/п	Статті витрат	Сума, грн.
1.	Комплект газової паливної апаратури: газові металопластикові балони (6 балонів), редуктор триступінчатий Bigas, інша апаратура	21900
2.	Комплект системи запалювання (від двигуна МеМЗ-245): переривач-розподільник, котушка запалювання, комутатор запалювання, інші елементи системи	1090
3.	Вартість виготовлення оригінальних вузлів: привод переривача-розподільника, привод дросельної заслінки газоповітряного змішувача, впускний трубопровід, касета для кріплення газових балонів, дюралева прокладка головки блока циліндрів для зниження ступеня стиску газового двигуна	3030
4.	Додаткові покупні деталі та матеріали: прокладки головки блока циліндрів (2 штуки), інші вироби	1420
5.	Вартість переобладнання транспортного засобу для роботи на біогазі (заробітна плата виконавців переобладнання (2 слюсарі) та нарахування на заробітну плату)	6137
7.	Інші витрати	3000
8.	Всього	36577

Щоб виконати переведення транспортного засобу з дизелем, для роботи на біогазі, потрібно витратити коштів у розмірі 36577 грн.

3.2 Розрахунок економічного ефекту

Розрахунок економічного ефекту проводився за методикою [24, 25], яка наведена в додатку Д.

Розрахунок собівартості транспортної роботи транспортного засобу, який працює на дизельному паливі та біогазі наведено в додатку Е.

Критеріями економічної ефективності переобладнання транспортног засобу для роботи на біогазі є зменшення затрат на паливо, підвищення ресурсу двигуна, зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Вихідні дані для розрахунку зводяться в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту від переобладнання транспортного засобу для роботи на біогазі

№ з/п	Показник	Позн.	Одиниця вимірю-вання	Значення показника транспортного засобу	
				ДП	Біогаз
1.	Річний випуск	A	шт.	1	1
2.	Собівартість транспортної роботи	S	грн.	190324	159332
3.	Сукупні інвестиції у переобладнання	K	грн.	0	36577
4.	Середній річний пробіг	$L_р$	тис. км.	30	30
5.	Моторесурс транспортного засобу в перерахунку на пробіг до капітального ремонту	L_{kp}	тис. км.	150	180
6.	Лінійна норма витрати палива	q_n	л/100км $м^3$/100км	16	20
7.	Ціна палива (на середину січня 2019 р.)	$Ц_n$	грн./л грн./$м^3$	25,3	11,5

Річна сума економії експлуатаційних витрат транспортного засобу, який працює на біогазі:

$$Е_{евбіогаз} = S_{диз} - S_{біогаз} = 309916 - 257429 = 52487 \text{ грн.}$$

Термін окупності інвестицій транспортного засобу, який працює на біогазі:

$$Т_{окПГ} = \frac{К}{Е_{евбіогаз}} = \frac{36577}{52487} = 0{,}7 \text{ роки.}$$

Розраховано витрати на переобладнання транспортного засобу на прикладі вантажного автомобіля ГАЗ-3309, які включають в себе витрати на

придбання обладнання та комплектуючих і заробітну плату виконавців робіт. Щоб виконати переобладнання транспортного засобу, для роботи на біогазі необхідно 36577 грн.

Розраховано собівартість транспортної роботи вантажного автомобіля який працює на дизельному паливі та біогазі. Зокрема, собівартість транспортної роботи автомобіля, який працює на ДП – 309916 грн. а на біогазі – 257429 грн.,

Розраховано річну суму економії експлуатаційних витрат транспортного засобу, який працює на біогазі – 52487 грн. Витрати на переобладнання окупляться за 0.7 роки.

ВИСНОВКИ

1. Робота переобладнаних з дизелів газових двигунів є добре дослідженою. Але використання біогазу для живлення мобільних енергетичних засобів досить проблематичне внаслідок низького вмісту метану (60 %) і значної кількості баласту, в основному двоокису вуглецю, що викликає зниження потужності двигунів та погіршення масово-габаритних показників мобільної техніки.

2. За допомогою очищення біогазу від вуглекислого газу та інших домішок можна його показники (перш за все нижчу теплоту згоряння) наблизити до показників природного газу, чим значно покращити енергетичні та економічні показники двигуна, який працює на біогазі.

3. В результаті теоретичних досліджень двигуна на математичній моделі встановлено, що з підвищенням вмісту метану в біогазі за допомогою очищення, зростають такі показники, як ефективна потужність, ефективний ККД, ефективний крутний момент, а питома ефективна витрата газу зменшується.

4. Визначено, що економічний ефект від експлуатації транспортного засобу на біогазі становить 52487 грн за рік, а термін окупності витрат на переобладнання – 0,7 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біогаз Вплив різних параметрів та факторів на показники конвертованих газових двигунів та транспортних засобів / Біогаз // Студенський вісник. – 2019. – №34. – С. 182-188.

2. Спольник А.И. Топливо из отходов агропромышленного производства /А. И. Спольник и др. // Автодвор. – 2018. – №1. – С. 5–8.

3. Razbani O., Mirzamoharamad N., Assadi M. Literature review and road map for using biogas in internal combustion engines // Third International Conference on on Applied Energi. – 16 – 18 May, 2011. – Perugia, Italy.

4. Гелетуха Г.Г. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМЕТАНА В УКРАИНЕ / Г.Г. Гелетуха, П.П. Кучерук, Ю.Б. Матвеев // Аналитическая записка БАУ. – 2014. – № 11. – www.uabio.org/activity/uabio-analytics.

5. Друзьянова В.П. Биогазовая технология за рубежом / В.П. Друзьянова, В.В. Горбунова, Р.С. Кузьмина // СтройМного. – 2016. – № 4(5). – С. 1–8.

6. Альтернативне паливо [Електронний ресурс]: https://uk.wikipedia.org/wiki/Альтернативне_паливо.

7. Мировые запасы природного газа [Електронний ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Мировые_запасы_природного_газа.

8. Биогаз [Електронний ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз.

9. Некрасов В.Г. Перспективы использования биогаза / В.Г. Некрасов // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – №4 – С. 18–25.

10. Тимченко И.И. Научные основы эффективного применения биотоплив в ДВС / И.И. Тимченко, Д.И. Тимченко // Мир техники и технологии. – 2010. – № 4 (101). – С. 44–46.

11. Абрамчук Ф.И. Результаты экспериментального исследования автомобильного биогазового двигателя /Ф.И.Абрамчук, А.Н.Кабанов, А.А. Приходкин и др.// Техника и технологии: роль в развитии современного

общества: Мат-лы II Международн. научн.-практ. конф. 4 октября 2013 г.: Сб. науч. тр. – Краснодар, 2013. – с. 8–14.

12. Чумаков В.Л. Биогаз как альтернативное моторное топливо / В.Л. Чумаков, И. Белаль // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. Горячкина. Агроинженерия. – 2006. – №3. – С. 85–90.

13. Карташевич А.Н. Исследование работы дизеля 4Ч11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с биогазом / А.Н. Карташевич, В.А. Шапорев // Сельськохозяйственные технологии. – 2019. – №1. – С. 10–17.

14. Сигал И.Я. Тепловая энергетика / И.Я. Сигал // Биогаз в промышленной теплоенергетике. – 2007. – №2. – С. 15–20.

15. Ковальчук В.Г. Биогаз: Использование в качестве моторного топлива для автомобилей / В.Г. Ковальчук, А.И. Пятничко, Т.К. Крушневич, С.И. Калачев, И.С. Вознюк // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – №5. – С. 12–15.

16. Домарецький В. Джерело відновлюваної енергії / В. Домарецький // Харчова і переробна промисловість. – 2007. – №6. – С. 4–6.

18. Гусаков С. Работа дизеля на топливах, полученных из возобновляемых источников, и пути совершенства его рабочего процесса / С. Гусаков, П. Вальехор // АвтоГазоЗаправочный Комплекс+Альтернативное топливо. – 2006. – №3 (27). – С. 69 – 71.

20. Ратушняк Г.С. Енергозбереження в системах біоконверсії. Навчальний посібник / Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула. – Вінниця: ВНТУ. – 2006. – 83 с.

21. Zaharchuk V. The Choice of a Rational Type of Fuel For Technological Vehicles / Zaharchuk, V., Gritsuk, I., Біогаз, Golovan, A. et al., // SAE Technical Paper 2018-01-1759, 2018.

22. Біогаз Покращення експлуатаційних показників колісного трактора з переобладнаним з дизеля газовим двигуном: дис. … кандидата техн. наук: 05.22.20 / Біогаз. – К., 2013. – 199 с.

23. Очистка биогаза [Електронний ресурс]: http://www.aditi.su/bio.htm

24. Очистка от CO2 [Електронний ресурс]: http://igs-generon.ru/co2-removal.htm.

25. Морев А.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей / А.И. Морев, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт, 1988. – 184 с.

26. Біогаз Обґрунтування економічної ефективності переобладнання колісного трактора для роботи на природному газі / Біогаз // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник за напрямом "Інженерна механіка". Випуск 46, 2014. – С. 190–194.

27. Біогаз Економічна ефективність переобладнання мобільної техніки для роботи на природному газі / Біогаз // Вісник НТУ «ХПІ». №9, 2015. – С. 126–132.

ДОДАТОК А

Математична модель робочого циклу газового двигуна

Розрахунок основних параметрів робочого циклу газових двигунів виконується в основному за формулами, які застосовуються для бензинових двигунів, але з деякими відмінностями.

Теоретично необхідна кількість повітря для повного згоряння 1 моля газу.

$$L_0 = \frac{1}{0,21}\sum(n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2})C_nH_mO_r \text{, кмоль/ м}^3 \text{ газу,}$$

де $C_nH_mO_r$ – об'ємні долі газу, які входять в 1 м^3 або 1моль газового палива.

Відношення дійсної кількості повітря L, що бере участь в згорянні 1 м^3 газу, до теоретично необхідного у кількості повітря L_0 називається коефіцієнтом надлишку повітря:

$$\alpha = L / L_0 .$$

При розрахунку газових двигунів кількість свіжого заряду можна визначити із виразу:

$$M_1 = 1 + \alpha * L_0 \text{, кмоль/ м}^3 \text{ газу.}$$

При роботі в режимі номінальної потужності коефіцієнт надлишку повітря приймається в межах $\alpha = 1,0 - 1,3$.

При коефіцієнті надлишку повітря $\alpha > 1$ приймається, загальна кількість продуктів згорання рівною:

$$M_2 = \alpha * L_0 \text{, кмоль/ м}^3 \text{ газу}$$

Відносна зміна об'єму при згорянні характеризується величиною хімічного коефіцієнта молекулярної зміни паливної суміші μ_0, який являє собою відношення кількості молей продуктів згоряння до кількості молей свіжого заряду:

$$\mu_0 = M_2 / M_1$$

Теплотворна здатність палива визначається з нормативних технічних матеріалів [24]. На основі цього приймаємо нижчу теплоту згорання газоподібного палива:

- (біогаз $CH_4 = 95\%; CO_2 = 5\%$) – 761600 кДж/м^3;
- (біогаз $CH_4 = 90\%; CO_2 = 10\%$) – 716800 кДж/м^3;
- (біогаз $CH_4 = 80\%; CO_2 = 20\%$) – 636160 кДж/м^3;
- (біогаз $CH_4 = 70\%; CO_2 = 30\%$) – 560000 кДж/м^3;
- (біогаз $CH_4 = 60\%; CO_2 = 40\%$) – 477411 кДж/м^3.

Кількість продуктів згоряння:

При згорянні суміші з $\alpha \geqslant 1$ вуглець і водень пального повністю окислюються, що призводить до повного згоряння пального і продукти згоряння матимуть такий склад:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = \sum M_i \text{, кмоль прод. згор./ м}^3 \text{ газу.}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} \text{, кмоль } CO_2\text{/ м}^3 \text{ газу.}$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} \text{, кмоль } H_2O\text{/ м}^3 \text{ газу.}$$

$$M_{O_2} = 0.21(\alpha - 1)L_0 \text{, кмоль } O_2\text{/ м}^3 \text{ газу.}$$

$$M_{N_2} = 0.79\alpha L_0 \text{, кмоль } N_2\text{/ м}^3 \text{ газу.}$$

Величини С, Н і О підставляються в формули в $\% \cdot 10^{-2}$.

Параметри дійсного циклу двигуна:

Тиском та температурою навколишнього середовища необхідно задатися: $p_0 = 0.1$ МПа, $t_0 = 15^{\circ}$C або $T_0 = 273 + t_0 = 288$ К.

У процесі роботи двигуна в його камерах згоряння завжди залишається деяка кількість продуктів згоряння від попереднього циклу. Тиск залишкових газів можна прийняти рівним:

$p_r = (1.05 \ldots 1.25) p_0$, МПа.

Температура залишкових газів $T_г$ приймають в межах: $T_г = 900 \ldots 1100$ К.

При збільшенні ступеня стиску і збагаченні робочої суміші величина T_r зменшується, а при збільшенні частоти обертання – збільшується.

Параметри процесу впуску:

Під час процесу впуску в результаті контакту свіжого заряду з нагрітими стінками каналів системи впуску температура горючої суміші підвищується. Величиною підігріву свіжого заряду ΔT задаються: ΔT = 0 … 25°;

Підвищення температури ΔT покращує процес випаровування палива, але зменшує густину свіжого заряду і, таким чином, негативно впливає на наповнення циліндрів двигуна. Ці два протилежні фактори потрібно врахувати при виборі величини ΔT. При збільшенні частоти обертання і ступеня стиску величина ΔT буде збільшуватись.

Густина заряду на впуску:

$$\rho_0 = \frac{p_0}{T_0 B} \cdot 10^6 \text{ , кг/м}^3,$$

де B = 287 Дж/(кг·град) – питома газова стала для повітря.

Втрати тиску на впуску за рахунок опору впускної системи і затухання швидкості руху заряду в циліндрі:

$$\Delta p_a = \left(\beta^2 + \xi_{вп}\right) \frac{w_{вп}^2}{2} \rho_0 \cdot 10^{-6}, \text{ МПа},$$

де β – коефіцієнт затухання швидкості руху заряду в циліндрі;

$\xi_{вп}$ – коефіцієнт опору впускної системи;

$w_{вп}$ – середня швидкість заряду в найменшому перерізі впускної системи, м/сек.

При розрахунках рекомендується задаватися наступними інтервалами значень:

$$\left(\beta^2 + \xi_{вп}\right) = 2.5 \ldots 4; \; w_{вп} = 50 \ldots 130 \text{ м/с}.$$

Величина Δp_a повинна лежати в межах: $\Delta p_a = (0.06 \ldots 0.2)\, p_0$ МПа.

Тиск в циліндрі в кінці впуску:

$$p_a = p_0 - \Delta p_a \text{ , МПа}.$$

Температура заряду в кінці впуску:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}\ , \text{К}.$$

де γ_r - коефіцієнт залишкових газів.

Значення γ_r приймають в межах: $\gamma_r = 0.04 \ldots 0.10$.

Розрахункові значення T_a повинні знаходитись в межах: $T_a = 320 \ldots 360$ К.

Коефіцієнт наповнення η_v циліндрів двигуна визначає ступінь заповнення об'єму циліндра свіжим зарядом в процесі впуску:

$$\eta_V = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_0} \left(\varepsilon \cdot p_a - p_r \right).$$

Значення η_v для сучасних двигунів при їх роботі з повним навантаженням повинні знаходитись в наступних межах: $\eta_v = 0.70 \ldots 0.90$;

Параметри процесу стиску:

Умовно приймається, що процес стиску в дійсному циклі проходить по політропі з постійним показником n_1. Процес стиску характеризується показником політропи стиску, температурою, тиском і теплоємністю робочого тіла в процесі стиску.

Величина показника політропи стиску: $n_1 = (k_1 - 0.01) \ldots (k_1 - 0.04)$;

де k_1 – показник адіабати стиску.

Тиск в циліндрі в кінці процесу стиску:

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \text{МПа}.$$

Температура робочого тіла в кінці процесу стиску:

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

де ε – ступінь стиску двигуна.

Значення p_c і T_c повинні лежати в межах: $p_c = 0.9 \ldots 2.0$ МПа, $T_c = 600 \ldots 800$ К;

Параметри процесу згоряння:

Коефіцієнт молекулярної зміни горючої суміші

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}.$$

Дійсний коефіцієнт зміни робочої суміші (враховує наявність залишкових газів):

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}.$$

Кількість тепла, що не виділяється при згорянні сумішей з $\alpha<1$ внаслідок неповного згоряння

$$\Delta H_u = 119950(1-\alpha)L_0, \text{ кДж/кг пального.}$$

при $\alpha \geqslant 1$ - $\Delta H_u=0$.

Теплота згоряння робочої суміші:

$$H_{p.сум} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1(1+\gamma_r)}, \text{ кДж/кмоль роб. суміші,}$$

де H_u – найнижча теплота згоряння палива. Це кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива без врахування теплоти, яка міститься в утвореній в процесі згоряння водяній парі. Таке згоряння відбувається в циліндрах ДВЗ при надлишку повітря.

Величина H_u підставляються в формули в КДж/кг.

Для бензину H_u рівна 44,0 МДж/кг, для етанолу 27,1 МДж/кг.

Середня молярна теплоємність продуктів згоряння:

$$\left(mC_v'\right)_{t_C}^{t_Z} = \frac{1}{M_2}[M_{CO_2}\left(mC''_{vCO_2}\right)_{t_C}^{t_Z} + M_{CO}\left(mC''_{vCO}\right)_{t_C}^{t_Z} +$$
$$+M_{H_2O}\left(mC''_{vH_2O}\right)_{t_C}^{t_Z} + M_{H_2}\left(mC''_{vH_2}\right)_{t_C}^{t_Z} + M_{O_2}\left(mC''_{vO_2}\right)_{t_C}^{t_Z} +$$
$$+M_{N_2}\left(mC''_{vN_2}\right)_{t_C}^{t_Z}], \text{ кДж/кмоль. роб. суміші,}$$

де $mC''_{vCO_2}, mC''_{vCO}, mC''_{vH_2O}, mC''_{vH_2}, mC''_{vO_2}, mC''_{vN_2}$ – середні молярні теплоємності компонентів продуктів згоряння, які визначаються за емпіричними формулами, для інтервалу температур 1501…2800^{0}С.

Підставляючи в цю формулу замість t_Z величину T_Z-273 і групуючи відомі члени, одержимо рівняння виду:

$$\left(mC_V'\right)_{t_C}^{t_Z} = A' + B'\left(T_z - 273\right).$$

Температура в кінці видимого процесу згоряння може бути визначена з виразу:

$$\xi_z H_{p.сум} + \left(mC'_V\right)_{t_0}^{t_C}\left(T_c - 273\right) = \mu\left(mC''_V\right)_{t_C}^{t_Z}\left(T_z - 273\right),$$

де ξ_Z – коефіцієнт використання тепла: $\xi_Z = 0.80\ldots0.95$;

$\lambda = \frac{p_z}{p_c}$ – ступінь підвищення тиску.

Після підстановки в рівняння згоряння відповідних числових значень $H_{p.сум}, \left(mC'_V\right)_{t_0}^{t_C}, \left(mC''_V\right)_{t_C}^{t_Z}$ і виконання необхідних перетворень рівняння згоряння прийме вигляд:

$$AT_Z^2 + BT_Z - C = 0.$$

Тоді:

$$T_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}, \text{ К.}$$

Тиск в кінці видимого згоряння:

$$p_z = p_c \cdot \mu \frac{T_z}{T_c}, \text{ МПа.}$$

Значення T_z, p_z, λ і ρ для сучасних двигунів знаходяться в межах: T_z = 2400…2990 К; p_z = 3.5…6.5 МПа; λ = 3.2 … 4.2.

Дійсний максимальний тиск в циліндрах двигуна: $p_{zд} = 0.85p_z$ МПа

Параметри процесу розширення:

Температура та тиск в кінці процесу розширення визначаються, виходячи з того, що процес розширення проходить по політропі:

$$p_в = p_z \frac{1}{\varepsilon^{n_2}}, \text{ МПа.}$$

$$T_в = T_z \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}}, \text{ К.}$$

Значення середнього показника політропи розширення n_2 приймається рівним значенню показника адіабатного розширення: $n_2 \approx k_2$

Величина показника адіабати розширення k_2 визначається залежно від ε, δ, α, T_z.

Значення параметрів кінця розширення: $p_в$ = 0.35…0.60 МПа, $T_в$ = 1200…1700 К.

Показники робочого циклу і двигуна:

Індикаторні показники робочого циклу:

Теоретичний середній індикаторний тиск:

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

Середній індикаторний тиск дійсного циклу відрізнятиметься від теоретичних значень на величину, пропорційну зменшенню площі розрахункової діаграми при її скругленні, яка враховується коефіцієнтом повноти індикаторної діаграми: $\varphi_п$ = 0.90…0.97.

Тоді:

$$p_i = \varphi_n \cdot p_i' \text{ , Мпа.}$$

Індикаторний ККД двигуна характеризує ступінь використання теплоти в дійсному циклі:

$$\eta_i = \frac{p_i l_0 \alpha}{H_u \eta_V \rho_0}.$$

Питома індикаторна витрата палива:

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i} \text{ , г/(кВт·год).}$$

Індикаторні показники повинні знаходитись в межах: p_i = 0,6…1,4 МПа; η_i = 0.26…0.39; g_i = 235…320 г/(кВт·год).

Ефективні показники двигуна:

Середній ефективний тиск:

$$p_e = p_i - p_м \text{ , МПа,}$$

де $p_м$ – середній тиск механічних втрат, який залежить від середньої швидкості поршня $v_п$ і визначається:

$p_м$ = 0.039 + 0.0132 ·$V_п$, МПа,

Середні швидкості поршня для ДВЗ знаходяться в межах: 9…12 м/с.

Ефективний ККД враховує механічні втрати:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_м,$$

де $\eta_м$ – механічний ККД.

$$\eta_м = \frac{p_e}{p_i}.$$

Питома ефективна витрата палива:

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e}, \text{ г/(кВт·год).}$$

Ефективні показники розраховуваних автомобільних ДВЗ повинні знаходитись в межах: p_e = 0.6…1.1 МПа; η_m = 0.7…0. 9; η_e = 0.28…0.33; g_e = 250…325 г/(кВт·год).

Ефективну потужність двигуна розраховуємо за формулою:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_Л \cdot n}{30 \cdot \tau} \ кВт,$$

де n – оберти двигуна;

τ – тактність двигуна.

Ефективний крутний момент визначаємо за формулою:

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_e}{3{,}14 \cdot n}, \text{ Нм.}$$

Годинна витрата палива:

$$G_т = N_e \cdot g_e, \text{ л.}$$

ДОДАТОК Б

Розрахункові дані газового двигуна при його роботі на біогазі з різним вмістом метану

Таблиця Б1

Розрахункові дані газового двигуна при його роботі на біогазі з різним вмістом метану

Параметри	Позначення	Значення				
		60 %	70 %	80 %	90 %	95 %
Ступінь стиску	ε	12	12	12	12	12
Коефіцієнт надлишку повітря	α	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Підвищення температури заряду в процесі впуску, К	ΔT	10	10	10	10	10
Теоретично необхідна кількість (моль) повітря для згоряння 1 моля газу	L_0	5,71	6,67	7,62	8,57	9,05
Коефіцієнт молекулярної зміни паливної суміші	μ_0	0,87	0,88	0,9	0,91	0,91
Нижча теплота згорання, кДж/кг палива	H_u	21313	25000	28400	32000	34000
Тиск навколишнього середовища, МПа	P_0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Температура навколишнього середовища, К	T_0	293	293	293	293	293
Тиск середовища, звідки повітря надходить у циліндр, МПа	P_0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Тиск залишкових газів у циліндрі двигуна перед початком процесу наповнення, МПа	P_r	0,1121	0,1121	0,1121	0,1121	0,1121
Втрати тиску при наповненні, МПа	ΔP_a	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Коефіцієнт залишкових газів	γ	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
Тиск в кінці наповнення, МПа	P_a	0,0852	0,0852	0,0852	0,0852	0,0852
Температура в кінці наповнення, К	T_i	338,9	338,9	338,9	338,9	338,9
Коефіцієнт наповнення	η_v	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Показник політропи в такті стискання	n_1	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Сумарний коефіцієнт для розрахунку тиску в кінці впускання	$\beta^2+\varphi_в$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Середня швидкість руху заряду в прохідному перерізі клапана, м/с	$\omega_{кл}$	85	85	85	85	85
Тиск в кінці теоретичного стиску, МПа	P_c	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
Температура в кінці теоретичного стиснення, К	T_c	769,4	769,4	769,4	769,4	769,4
Коефіцієнт використання теплоти згоряння	ξ	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Температура згорання робочої суміші, К	T_z	2821	2820	2805	2801,2	2810,1
Максимальний тиск згорання, МПа	P_z	7,39	7,53	7,6	7,67	7,73

Продовження табл. Б1

Ступінь підвищення тиску	λ	3,18	3,24	3,27	3,31	3,33
Показник політропи розширення	n_2	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279
Тиск кінця процесу розширення, МПа	P_b	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Температура кінця процесу розширення, К	T_b	1410	1410	1401,4	1400	1404,5
Температура залишкових газів, К	T_r	1007	1000	991,9	987,5	988
Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа	P_i'	0,846	0,87	0,88	0,892	0,9
Дійсний середній індикаторний тиск, МПа	P_i	0,737	0,76	0,767	0,779	0,79
Індикаторна потужність, кВт	N_i	64,16	65,97	66,8	67,81	68,6
Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми	φ	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв	n	2200	2200	2200	2200	2200
Індикаторний коефіцієнт корисної дії	η_i	0,356	0,357	0,358	0,359	0,36
Індикаторні питомі витрати палива, $м^3$/кВт год	q_i	0,47	0,4	0,35	0,31	0,29
Тиск механічних втрат, МПа	P_m	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Середній ефективний тиск, МПа	P_e	0,597	0,62	0,627	0,64	0,65
Механічний ККД	η_i	0,81	0,815	0,818	0,82	0,82
Ефективний ККД	η_d	0,288	0,291	0,293	0,2944	0,3
Ефективні питомі витрати палива, $м^3$/кВт год	g_e	0,57	0,479	0,42	0,37	0,35
Ефективна потужність двигуна, кВт	N_e	51,97	53,78	54,6	55,62	56,4
Ефективний крутний момент, Н*м	M_e	225,6	233,4	236,95	241,4	244,8

ДОДАТОК В

Методика розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики газового двигуна при живленні біогазом

Залежність таких параметрів двигуна як крутний момент, ефективна потужність, питома ефективна витрата палива від частоти обертання колінчастого вала при повному відкритті дросельної заслінки називають зовнішньою швидкісною характеристикою двигуна.

Побудова кривих швидкісної характеристики ведеться в інтервалі:

- для газових двигунів від $n_{min} = 400…1200$ хв$^{-1}$ до $n_{max}=(1,1…1,2)\ n_N$;

де n_N – частота обертання колінчастого валу при номінальній потужності.

Розрахункові точки кривих визначаються по емпіричних залежностях через кожні 500...1000 хв$^{-1}$.

Крива ефективної потужності:

$$N_{ex} = N_e \frac{n_x}{n_N}\left[0{,}87 + 1{,}13\frac{n_x}{n_N} - \left(\frac{n_x}{n_N}\right)^2\right], \text{ кВт}$$

де N_e – номінальна ефективна потужність, кВт;

N_{ex} і n_x – ефективна потужність і частота обертання колінчастого вала в шуканій точці швидкісної характеристики.

Крива ефективного крутного моменту:

$$M_{ex} = \frac{3\cdot 10^4 \cdot N_{ex}}{3{,}14 \cdot n_x}, \text{Нм}$$

По розрахункових точках в відповідних масштабах будуються криві ефективної потужності і ефективного крутного моменту.

Питома ефективна витрата палива:

- для бензинових двигунів

$$g_{ex} = g_{eN}\left[1{,}2 - \frac{n_x}{n_N} + 0{,}8\left(\frac{n_x}{n_N}\right)^2\right], \text{ м}^3/(\text{кВт·год})$$

де g_{eN} – питома ефективна витрата палива при номінальній потужності, г/(кВт·год).

ДОДАТОК Г

Залежності ефективної потужності, крутного моменту та питомої ефективної витрати палива від частоти обертання газового двигуна Д-243 при роботі на біогазі

Таблиця Г1

Залежності ефективної потужності від частоти обертання газового двигуна

Вміст метану	Значення потужності, кВт				
	600 $хв^{-1}$	880 $хв^{-1}$	1320 $хв^{-1}$	1760 $хв^{-1}$	2200 $хв^{-1}$
60%	8,43	12,8	19,2	23,9	25,8
70%	11,46	17,4	26,1	32,5	35,1
80%	14,2	21,5	32,3	40,3	43,44
90%	17,04	25,9	38,8	48,4	52,13
95%	18,44	27,98	41,98	52,36	56,4

Таблиця Г2

Залежності ефективного крутного моменту від частоти обертання газового двигуна

Вміст метану	Значення крутного моменту, Н*м				
	600 $хв^{-1}$	880 $хв^{-1}$	1320 $хв^{-1}$	1760 $хв^{-1}$	2200 $хв^{-1}$
60%	134,2	138,9	138,9	129,9	112
70%	182,4	188,8	188,8	176,6	152,2
80%	226	233,9	233,9	218,8	188,6
90%	271,3	280,7	280,7	262,6	226,3
95%	293,6	303,8	303,8	284,2	244,9

Таблиця Г3

Залежності питомої ефективної витрати палива від частоти обертання газового двигуна

Вміст метану	Значення питомої ефективної витрати палива, м3/кВт*год				
	600 $хв^{-1}$	880 $хв^{-1}$	1320 $хв^{-1}$	1760 $хв^{-1}$	2200 $хв^{-1}$
60%	0,75	0,7	0,67	0,69	0,76
70%	0,55	0,518	0,495	0,509	0,558
80%	0,44	0,418	0,4	0,411	0,45
90%	0,37	0,348	0,333	0,342	0,375
95%	0,342	0,322	0,308	0,316	0,347

ДОДАТОК Д

Методика розрахунку економічного ефекту від переобладнання транспортного засобу для роботи на біогазі

Економічна ефективність – це міра доцільності прийняття економічних рішень у відношенні використання матеріальних, трудових і грошових ресурсів.

Ефективність інвестицій визначається співставленням отриманого ефекту з величиною витрат. При розрахунку ефективності інвестицій враховуються витрати за всіма джерелами фінансування на створення нових, реконструкцію і розширення діючих основних фондів.

Загальна економічна ефективність інвестицій по галузях і підприємствах, де приймається показник зниження собівартості, визначається відношенням економії від зменшення експлуатаційних витрат до розміру інвестицій:

$$E_э = \frac{E_{ев}}{К},$$

де $E_{ев.}$ – річна сума економії експлуатаційних витрат;

К – розмір інвестицій (в нашому випадку – витрати на переведення транспортного засобу).

Одночасно з розрахунком загальної економічної ефективності інвестицій визначають величину, обернену до показника ефективності інвестицій, – термін окупності інвестицій:

$$Т_{ок} = \frac{К}{E_{ев}}.$$

Визначення загальної ефективності необхідно для того, щоб виробити правильну структурну, інвестиційну і технічну політику, встановити найбільш ефективні напрямки науково-технічного прогресу.

Порівняльна ефективність інвестицій характеризує переваги одного варіанта організаційно-технічних заходів в порівнянні з іншими і оптимальність вибраного варіанта.

Щоб визначити річну суму економії експлуатаційних витрат необхідно визначити собівартість транспортної роботи транспортного засобу, який живиться традиційним паливом та біогазом:

$$S = ФЗП_{вод} + В_{п} + В_{ТОПР} + В_{нв}$$

де $ФЗП_{вод}$– фонд заробітної плати водія, грн;

$В_{п}$ – витрати на паливо, грн;

$В_{ТОПР}$ – витрати на ТО і ПР, грн;

$В_{нв}$ – накладні витрати, грн.

Річна сума економії експлуатаційних витрат – це різниця річних експлуатаційних витрат техніки до модернізації та техніки після модернізації:

$$Е_{ев} = S_{e1} - S_{e2},$$

де S_{e1} – річні експлуатаційні витрати техніки до модернізації;

S_{e2} – річні експлуатаційні витрати техніки після модернізації.

Вартість покупних комплектуючих, деталей, палива, тарифні ставки на оплату праці взяті на середину січня 2020 року.

ДОДАТОК Е

Розрахунок собівартості транспортної роботи транспортного засобу, який працює на дизельному паливі

Собівартість транспортної роботи транспортного засобу з дизельним двигуном:

$$S_{диз} = ФЗП_{вод} + В_{п} + В_{ТОПР} + В_{нв} = 125558 + 144358 + 30000 + 10000 = 309916 \text{ грн},$$

де $ФЗП_{вод}$– фонд заробітної плати водія транспортного засобу, грн;

$В_{п}$ – витрати на паливо, грн;

$В_{ТОПР}$ – витрати на ТО і ПР, грн;

$В_{нв}$ – накладні витрати, грн.

Фонд заробітної плати водія транспортного засобу:

$$ФЗП_{вод} = ЗП_{осн} + ЗП_{кл} + ЗП_{дод} = 83706 + 8370 + 33482 = 125558 \text{ грн.},$$

де $ЗП_{осн}$ – основна заробітна плата водія транспортного засобу, грн;

$ЗП_{кл}$ – надбавка за класність, грн;

$ЗП_{дод}$ – додаткова заробітна плата, грн;

Основна заробітна плата водія транспортного засобу:

$$ЗП_{осн} = ФРЧ \cdot Т_{год} = 1993 \cdot 42 = 83706 \text{ грн},$$

де $ФРЧ$ – фонд робочого часу водія транспортного засобу, год;

$Т_{год}$ – годинна тарифна ставка водія 2-го класу, грн;

Надбавка за класність:

$$ЗП_{кл} = 0{,}1 \cdot ЗП_{осн} = 0{,}1 \cdot 83706 = 8370 \text{ грн},$$

Додаткова заробітна плата водія транспортного засобу:

$$ЗП_{дод} = 0{,}4 \cdot ЗП_{осн} = 0{,}4 \cdot 83706 = 33482 \text{ грн},$$

Нарахування на заробітну плату складає єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування (22 %):

$$Н_{зп} = 0{,}22 \cdot ФЗП = 0{,}22 \cdot 125558 = 27622 \text{ грн}.$$

Кількість витраченого палива:

$$В_{заг} = 1{,}005 \cdot \left(\frac{Н_1}{100} \cdot L_р + \frac{Н_2}{100} \cdot Р\right) = 1{,}005 \cdot \left(\frac{16}{100} \cdot 30000 + \frac{1{,}3}{100} \cdot 67500\right) = 5705 \text{ л},$$

де $Н_1$ – норма витрати палива, л/100 км;

$L_р$ – середній річний пробіг, км;

$Н_2$ – норма витрати палива на 100 ткм, л;

Р – річний обсяг транспортної роботи, ткм.

Річний обсяг транспортної роботи транспортного засобу:

$$Р = q \cdot L_р \cdot \beta = 4{,}5 \cdot 30000 \cdot 0{,}5 = 67500 \text{ ткм},$$

де q – вантажопідйомність транспортного засобу, т;

β – коефіцієнт використання пробігу.

Витрати на паливо:

$$В_п = В_{заг} \cdot Ц_п = 5705{,}88 \cdot 25{,}3 = 144358 \text{ грн},$$

де $Ц_п$ – ціна ДП (25,3 грн. за 1 л).

Витрати на ТО і ПР.

Згідно з законом України "Про оподаткування прибутку підприємств" на експлуатаційний ремонт відносяться витрати, рівні 10 % вартості рухомого складу.

$$В_{ТОПР} = 0{,}1 \cdot Ф_{тр.зас} = 0{,}1 \cdot 300000 = 30000 \text{ грн}.$$

Накладні витрати приймаються 10000 грн. на рік.

Розрахунок собівартості транспортної роботи транспортного засобу, який працює на біогазі

Собівартість транспортної роботи транспортного засобу з газовим двигуном переобладнаним з дизеля, який працює на біогазі:

$$S_{газ} = ФЗП_{вод} + В_п + В_{ТОПР} + В_{нв} = 125558 + 83214 + 33657 + 15000 = 257429 \text{ грн},$$

де $ФЗП_{вод}$– фонд заробітної плати водія транспортного засобу, грн;

$В_п$ – витрати на паливо, грн;

$В_{ТОПР}$ – витрати на ТО і ПР, грн;

$В_{нв}$ – накладні витрати, грн.

Фонд заробітної плати водія транспортного засобу:

$$ФЗП_{вод} = ЗП_{осн} + ЗП_{кл} + ЗП_{дод} = 83706 + 8370 + 33482 = 125558 \text{ грн.},$$

де $ЗП_{осн}$ – основна заробітна плата водія транспортного засобу, грн;

$ЗП_{кл}$ – надбавка за класність, грн;

$ЗП_{дод}$ – додаткова заробітна плата, грн;

Основна заробітна плата водія транспортного засобу:

$$ЗП_{осн} = ФРЧ \cdot Т_{год} = 1993 \cdot 42 = 83706 \text{ грн},$$

де ФРЧ – фонд робочого часу водія транспортного засобу, год;

$Т_{год}$ – годинна тарифна ставка водія 2-го класу, грн;

Надбавка за класність:

$$ЗП_{кл} = 0{,}1 \cdot ЗП_{осн} = 0{,}1 \cdot 83706 = 8370 \text{ грн},$$

Додаткова заробітна плата водія транспортного засобу:

$$ЗП_{дод} = 0{,}4 \cdot ЗП_{осн} = 0{,}4 \cdot 83706 = 33482 \text{ грн},$$

Нарахування на заробітну плату складає єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування (22 %):

$$Н_{зп} = 0{,}22 \cdot ФЗП = 0{,}22 \cdot 125558 = 27622{,}76 \text{ грн.}$$

Кількість витраченого біогазу:

$$В_{заг} = 1{,}005 \cdot \left(\frac{Н_1}{100} \cdot L_р + \frac{Н_2}{100} \cdot Р\right) = 1{,}005 \cdot \left(\frac{20}{100} \cdot 30000 + \frac{2}{100} \cdot 60000\right) = 7236 \text{ м}^3,$$

де $Н_1$ – норма витрати палива, м^3/100 км;

$L_р$ – середній річний пробіг, км;

$Н_2$ – норма витрати палива на 100 ткм, м^3/100 км;

Р – річний обсяг транспортної роботи, ткм.

Річний обсяг транспортної роботи:

$$Р = q \cdot L_р \cdot \beta = 4 \cdot 30000 \cdot 0{,}5 = 60000 \text{ ткм},$$

де q – вантажопідйомність транспортного засобу з врахуванням маси газобалонного обладнання;

β – коефіцієнт використання пробігу.

Витрати на паливо:

$$В_п = В_{заг} \cdot Ц_п = 7236 \cdot 11.5 = 83214 \text{ грн},$$

де $Ц_п$ – ціна біогазу, приймається рівною вартості природного газу (11,5 грн. за 1 $м^3$).

Витрати на ТО і ПР.

Згідно з законом України "Про оподаткування прибутку підприємств" на експлуатаційний ремонт відносяться витрати, рівні 10 % вартості рухомого складу.

$$В_{ТОПР} = 0,1 \cdot Ф_{тр.зас} = 0,1 \cdot 336577 = 33657 \text{ грн.}$$

Накладні витрати приймаються 15000 грн. на рік.

ДОДАТОК Є

Реалізація наукової роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Біогаз

МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СТУДЕНТСЬКИЙ НАУКОВИЙ ВІСНИК
(серія – технічні науки)

Випуск 34

Біогаз

П'ЄЗОАКТЮАТОРАМИ 94
Камінярський І.В. ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГІЛКОРІЗНО-РОЗКРЯЖУВАЛЬНОГО ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА МАЛОГО КЛАСУ 101
Канагеєв О.О. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ FORMINGSUITE ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОФІЛЕМ 108
Карась К.В. МІЖНАРОДНІ ТРАНСПОРТНІ КОРИДОРИ ТА ЇХ РОЛЬ У ТРАНЗИТНОМУ ПОТЕНЦІАЛІ УКРАЇНИ 115
Карманський М.В. РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ 121
Киричук І.В. ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ЗМІННОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ 126
Киричук І.В., Кічун В.А, Капітула О.В. РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ КАЛІБРУВАННЯ ВУЗЛА ВИМІРЮВАННЯ ВАГИ НА ПРИКЛАДІ МІКСЕРА ДОНОРСЬКОЇ КРОВІ "ВАХТЕР СОМВІМІХ-Х3" 133
Климовець Е.А., Іванець В.О. ПОКАЗНИКИ ДВИГУНІВ ПРИ РОБОТІ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ 139
Ковальчук Н.Р. ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ СЕРЕДНЬОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ 145
Кожушко О.С. УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ 152
Коновалюк І.Ю., Бабула І.В. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ МЕДИЧНИХ ТЕРМОМЕТРІВ 156
Конопатський Р.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖУ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ПРИКЛАДІ ЯГІД ТА ЗАМОРОЖЕНОЇ РИБИ 162
Коржевич А.М. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГЛИБОКОГО ВИТЯГУВАННЯ ТА АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В ПРОЦЕСІ ШТАМПУВАННЯ 169
Кручковський Р.В. РОЗРОБКА НАТЯЖНИКА БРАЛЬНОГО ПАСА ЛЬОНОКОМБАЙНА 176
Біогаз ВПЛИВ РІЗНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИКИ КОНВЕРТОВАНИХ ГАЗОВИХ ДВИГУНІВ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ 182
Лах М.П. ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ 188
Лобанов В.Д., Лящук А.О. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГАРБУЗА 193
Луцюк О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО ДАВАЧА ДЛЯ ПАКУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА 200

УДК 629.3.07:631.372

Біогаз

ВПЛИВ РІЗНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИКИ КОНВЕРТОВАНИХ ГАЗОВИХ ДВИГУНІВ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В статті проведено аналіз впливу регулювальних і конструктивних параметрів та дорожніх факторів на витрату палива та викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами конвертованих газових двигунів і транспортних засобів.

Постановка проблеми. Інтенсивне збільшення ціни на палива за останні роки та забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами (ВГ) різних видів техніки визначили актуальність досліджень використання альтернативних палив. Одним з дійових шляхів зменшення витрат на паливо та зниження викидів ШР з ВГ двигунів є використання природного газу (ПГ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як показали попередні наукові дослідження [1, 2, 3], одним з найкращих способів поліпшення екологічних показників транспортних засобів (ТЗ) та економії витрат на пальне є їх конвертація для роботи на ПГ. Конвертуванням та переведенням двигунів у газові займаються в США, Німеччині, Італії, Франції, Японії, Україні та інших країнах світу [3, 4, 5, 6, 7].

Для забезпечення паливної економічності та хороших екологічних показників ТЗ з переобладнаними газовими двигунами (ГД) необхідно оптимізувати регулювальні та конструктивні параметри двигуна: склад паливоповітряної суміші, кут випередження запалювання та ступінь стиску, параметри керування трансмісією і ГД. А також враховувати дорожні фактори: коефіцієнт опору кочення коліс, коефіцієнт зчеплення, рівність дорожнього покриття, профіль та план дороги і ін.

Таким чином на сьогоднішній день є актуальними дослідження впливу різних параметрів та факторів на експлуатаційні показники ТЗ з конвертованими ГД.

Метою роботи є аналіз впливу різних параметрів та факторів на паливну економічність та екологічні показники конвертованих ГД та ТЗ.

Результати дослідження. Одним із важливих регулювальних параметрів є коефіцієнт надлишку повітря α, який суттєво впливає на ефективні та екологічні показники ГД з іскровим запалюванням.

Робочі процеси двигуна на бензині та ПГ в цілому схожі, проте їх показники значно відрізняються і цим обумовлюють різні характери регулювань. Слід відмітити, що в ГД запалювання і стійке горіння ПГ можливе при більш високих, ніж в бензинових α. Так, при згорянні бензинів

творюючи цивілізацію

Mercedes-Benz
Jeep
KIA MOTORS
CHEVROLET
CHERY
ZAZ

ВОЛИНЬ-АВТО

Юридична адреса:
ПРАТ «ВОЛИНЬ-АВТО»
вул. Рівненська, 145
м. Луцьк , 43020, Україна
IBAN :UA023033980000026001300689092
у Волинському ОУ АТ «Ощадбанк»
МФО 303398, ЄДРПОУ 03120584,
тел/ф.: (0332) 28-18-00 / (0332) 28-18-10
e-mail: office@volyn-avto.com
www.volyn-avto.ukravto.ua/ua/

Фактична адреса:
вул. Рівненська, 145
м. Луцьк, 43020, Україна

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукової роботи
«Покращення показників транспортного засобу під час роботи на біогазі»
Автор: Біогаз

Фахівцями підприємства ПрАТ «Волинь-Авто» проведено детальну перевірку ефективності результатів дослідження, запропонованого автором наукової роботи на предмет новизни і практичної значимості. За результатами перевірки констатовано, що на сьогоднішній день дані дослідження є надзвичайно актуальні і спрямовані на впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій на транспорті. Встановлено, що з підвищенням вмісту метану в біогазі, покращуються ефективні показники транспортного засобу і досягається значний економічний ефект від експлуатації такої техніки.

Вважаємо, що наукова тематика є досить актуальна та перспективна, в контексті сьогоднішніх проблем екології та економії паливних ресурсів, і повинна бути продовжена з метою отримання наукоємних результатів та практичного впровадження.

Враховуючи наукову новизну роботи наше підприємство зацікавлене в прийнятті до використання результатів дослідження.

Генеральний директор
ПРАТ «ВОЛИНЬ-АВТО» **Ю. С. Корольчук**

Кец Г.(281800)

ФОП Дашевский О. В.
Код за ЄДРПОУ 3243910256, тел. 0990587721
Адреса 43017, м. Луцьк, вул. Карбишева 2б/78

ДОВІДКА
про використання результатів наукової роботи
«Покращення показників транспортного засобу під час роботи на біогазі»

автор Біогаз

Результати досліджень, які отримані Біогаз використані ФОП Дашевский О. В. під час встановлення, налаштування та обслуговуваня газобалонного обладнання транспортних засобів.

Директор О. В. Дашевський