

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ІНШИМИ ВИДАМИ ДІЯЛЬНОСТІ

УДК 620.92

JEL O33, Q40

DOI: 10.31471/2409-0948-2018-1(17)-45-52

Козак Федір Васильович
к.т.н, професор
професор кафедри автомобільного транспорту

Дикун Тарас Васильович
старший викладач кафедри автомобільного транспорту

Гасва Любов Іванівна
к.хім.н, доцент
доцент кафедри автомобільного транспорту

Дем'янчук Ярослав Михайлович
к.т.н, доцент
доцент кафедри автомобільного транспорту
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15
e-mail: trans@nung.edu.ua

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТА ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ТВАРИННИЦТВА ЯК ПАЛИВА ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Анотація. Природний газ (метан) широко використовується в світі як альтернатива рідкому нафтовому паливу. Це дає можливість зменшити шкідливість викидів в атмосферу, здешевити експлуатацію автотранспорту, а також подовжити строк служби двигунів. Особливо це актуально для України з її потужною мережею АГНКС. Однак природний газ незважаючи на його значні запаси є вичерпуваним ресурсом як і нафта. А отже його вартість невпинно зростає. Альтернативою є використання біогазу – продукту переробки біовідходів різного походження. Однак склад біогазу суттєво відрізняється від природного газу. Для його використання необхідне додаткове очищення від баластних складників або, як варіант, використовувати в якості палива суміш біогазу та природного газу.

Проаналізовано перспективи використання біогазу в складі суміші з природнім газом, зміну характеристик палива та його оціночної вартості в залежності від відсоткового вмісту компонентів.

Ключові слова: біогаз, метан, витрата палива, теплота згорання, комерційна ефективність.

Kozak Fedir Vasiliiovych
Ph.D., Professor
Professor of the Department of Automobile Transport

Dikun Taras Vasiliovych
Senior Lecturer at the Department of Automobile Transport

Gaeva Lyubov Ivanivna
Ph.D., associate professor
Associate Professor of the Department of Automobile Transport

Demyanchuk Yaroslav Mykhailovych
Ph.D., Associate Professor
Associate Professor of the Department of Automobile Transport
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, Ivano-Frankivsk, st. Carpathian, 15
e-mail: trans@nung.edu.ua

ANALYSIS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF BIOGASES FROM WASTE AND SECONDARY COMMODITIES OF FISHING AS FUEL IN INTERNAL ARRANGEMENTS

Abstract. Natural gas (methane) is widely used in the world as an alternative to the use of liquid petroleum fuels. This makes it possible to reduce the harmfulness of emissions into the atmosphere, cheapen the use of motor vehicles, and extend the life of engines. This is especially true for Ukraine with its powerful network of AGNKS. However, natural gas, despite its significant reserves, is an exhaustive resource, like oil. And so its value is constantly increasing. An alternative is to use biogas - a product of recycling biowaste of various origins. However, the composition of biogas is significantly different from natural gas. For its use, additional cleaning is required from the ballast components or, alternatively, as a fuel, a mixture of biogas and natural gas.

The prospects of using biogas in the composition of the mixture with natural gas, changes in fuel characteristics and their estimated value depending on the percentage content of the components are analyzed.

Key words: biogas, methane, fuel consumption, heat of combustion, commercial efficiency.

Казак Федор Васильевич
к.т.н., профессор
профессор кафедры автомобильного хозяйства

Дикун Тарас Васильевич
старший преподаватель кафедры автомобильного хозяйства

Гаева Любовь Ивановна
к.хим.н, доцент
доцент кафедры автомобильного хозяйства

Демьянчук Ярослав Михайлович
к.т.н., доцент
доцент кафедры автомобильного хозяйства
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
76019, Ивано-Франковск, ул. Карпатская, 15
e-mail: trans@nung.edu.ua

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА ИЗ ОТХОДОВ И ВТОРИЧНОГО ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА КАК ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. Природный газ (метан) широко используется в мире как альтернатива жидкому нефтяному топливу. Это дает возможность уменьшить вредность выбросов в атмосферу, удешевить эксплуатацию автотранспорта, а также продлить срок службы двигателей. Особенно это актуально для Украины с ее мощной сетью АГНКС. Однако природный газ несмотря на его значительные запасы являются исчерпаемым ресурсом как и нефть. А значит его стоимость постоянно растет. Альтернативой является использование биогаза - продукта переработки биоотходов различного происхождения. Однако состав биогаза существенно отличается от природного газа. Для его использования необходимо дополнительная очистка от балластных компонентов или, как вариант, использовать в качестве топлива смесь биогаза и природного газа.

Проанализированы перспективы использования биогаза в составе смеси с природным газом, изменение характеристик топлива и его оценочной стоимости в зависимости от процентного содержания компонентов.

Ключевые слова: биогаз, метан, расход топлива, теплота сгорания, коммерческая эффективность.

Вступ. Биогаз – це газ, який виробляється із органічних відходів (відходів їжі, тваринництва) з допомогою бактерій і має склад, подібний до природного газу: до 70% метану, 30-40% діоксиду карбону, 0-3% сірководню, а також домішки аміаку, оксидів нітрогену, води. Кількість біогазу, що може бути виділено з різних видів сировини залежить від кількості субстрату, умов протікання процесу, бактеріального складу в реакторі. Зазвичай зброджується 2-4% вихідного продукту. У таблиці 1 наведені показники виходу біогазу з різної сировини.

Таблиця 1 – Вихід біогазу і вміст в ньому метану

Вихідна сировина	Вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, л/кг	Вміст метану в газі, %
Трава	630	70
Полова	615	62
Бадилля картоплі	420	60
Стебла кукурудзи	420	53
Солома пшенична	340	58
Фекальні осади	250-310	60
Кінський гній із соломою	250	56-60
Гній великої рогатої худоби	200-300	60
Деревне листя	220	59

Биогаз має низку переваг перед природним газом, а саме:

- біогаз одержують із біологічної сировини, отже, його виробництво і спалювання є частиною природного циклу карбону, що не призводить до накопичення природного газу в атмосфері і парникового ефекту. Природний газ видобувається з глибини землі, він не є частиною атмосфери, отже, при його спалюванні відбувається накопичення вуглекислого газу.

- біогаз – відновлюване джерело енергії, тобто він ніколи не вичерпається. Природного газу і нафти при теперішніх темпах їх використання за прогнозами вистачить не більше, ніж на 50-70 років.

- біогаз одержують близько до споживача, сировина для його виробництва теж знаходиться недалеко від заводів. Немає необхідності транспортувати газ на великі відстані [1].

Сам процес утворення газу — це так зване *метанове зброджування* (біометаногенез). Його суть полягає в анаеробному зброджуванні (без доступу повітря), яке відбувається внаслідок життєдіяльності комплексу мікроорганізмів і супроводжується рядом біохімічних реакцій. Власне сам процес утворення газу (біогазу) складається з двох етапів: перший — розщеплення мікроорганізмами біополімерів до мономерів, другий — переробка мономерних біомолекул мікроорганізмами.

На сьогоднішній день частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в світовому енергетичному балансі невелика – близько 14%, а внесок біомаси – близько 1,8%. Але, як показує практика, навіть незначні коливання на ринках енергетичних ресурсів викликають сильні зміни цін. Це говорить про те, що роль альтернативної енергетики на ринках буде тільки рости. У структурі альтернативної енергетики в світі енергія біомаси складає до 13%. За прогнозами вчених, частка відновлюваних джерел енергії до 2040 р досягне 47,7%, а внесок біомаси – 23,8%.

Екологічний ефект біогазового виробництва полягає у екологічно безпечній переробці органічних відходів з розвитком комплексних технологій утилізації біомаси за рахунок метанового зброджування. У біогазових установках застосовуються, перш за все, екскременти тварин і відтворювана сировина, насамперед, різноманітні органічні відходи агропромислового комплексу, які багаті на целюлозу та інші полісахариди. Однак, і біогенні відходи харчової промисловості і побутові відходи набувають все більшого значення. У біогазовому виробництві застосовується первинна сировина, яка раніше не використовувалася і тільки додатково забруднювала навколишнє середовище. Такі органічні речовини використовуються або окремо, або в поєднанні (субстрати) з іншими органічними речовинами. Таким чином, можна створювати програми для конкретного місця розташування, що дозволяють раціональне виробництво і використання біогазу.

Мета дослідження. Встановити переваги та недоліки використання біогазу, проаналізувати техніко-економічні показники роботи бензинового двигуна на біогазі з відходів та продуктів тваринництва.

Іноземний досвід. У більшості розвинених країн світу переробку органічних відходів у біогазових установках частіше використовують для виробництва теплової та електричної енергій. Вироблена таким чином енергія в середньому становить близько 3-4 % всієї споживаної енергії в країнах Європейського Союзу (ЄС). Наприклад, у Фінляндії, Швеції й Австрії законодавчо заохочують використання енергії біомаси на державному рівні. Частка енергії, добутої з біомаси, у цих країнах досягає 15-20 % від енергії спожитої загалом.

Нині європейський ринок біогазових установок становить 2 млрд доларів, за прогнозами до 2020 року він може зрости до 25 млрд. Використання електроенергії та тепла, отриманих у результаті анаеробної переробки біомаси, найбільш поширено в Австрії, Фінляндії, Німеччині, Данії та Великобританії.

У Німеччині на сьогодні є більше 9000 установок анаеробного зброджування, з них близько 2000 великих і близько 7000 середніх. У перспективі 10...20 % використовуваного в країні природного газу може бути замінено біогазом. До 2020 р. прогнозують збільшення кількості установок до 20000.

В Австрії нині функціонує понад 120 установок з обсягами реакторів більше 2000 м³ кожна, близько 25 установок перебуває в стадії планування і будівництва.

Сьогодні за інтенсивністю використання біогазу лідирує Данія, де цей вид палива забезпечує майже 20 % енергоспоживання країни.

Ринок біогазу в США розвивається значно повільніше, ніж у Європі. Наприклад, незважаючи на наявність великої кількості ферм, на території країни діє всього близько 200 біогазових заводів, що переробляють сільськогосподарські відходи.

Із 2002 року уряд Китаю виділяє щорічно близько 200 мільйонів доларів на підтримку будівництва біогазових установок. Дотація на кожну установку дорівнює приблизно 50 % середньої вартості. Таким чином, уряд домогся річного зростання кількості біогазових установок до 1 мільйона в рік [2].

Очищення біогазу. Оскільки у складі біогазу з продуктів тваринництва міститься до 40% шкідливих домішок (CO_2 , $\text{H}_2\text{O}(n)$, N_xO_y , NH_3 , Cl_2), необхідно провести його очищення, щоб отримати чистий біометан. На сьогоднішній день існує три основних методи очищення біогазу: рідкого (мокрого) і твердого (сухого) хімічного поглинання домішок (абсорбція і адсорбція), мембранного поділу і виморожування (вакуумний метод).

Найбільш шкідливим компонентом біогазу є сірководень. Він токсичний, має неприємний запах, в присутності вологи викликає корозію металевого газового обладнання. Причому швидкість корозії може досягти 0,5-1,0 мм на рік. При згорянні утворює оксид і діоксид сульфуру, які, взаємодіючи з парами води, перетворюються на сірчисту і сірчану кислоти, що мають високу корозійну активність. Вміст сірководню в біогазі може досягати 3%. Крім того, H_2S , SO_2 і SO_3 – високотоксичні гази. Очищення біогазу від сірководню може проводитись хімічними та біологічними методами. Серед хімічних методів найбільш розповсюджені: взаємодія з хлоридом заліза (під час зброджування сировини) і оксидом заліза (III). Взаємодія з хлоридом заліза легко реалізується і має високу ефективність. Мікробіологічний метод полягає у добавці в метанотенк певної кількості повітря (4-5% об.) у зону накопичення біогазу. При цьому відбувається аеробне окислення сірководню до елементарної сірки.

Матеріали досліджень.

Аналіз експлуатації газових двигунів свідчить, що біогаз можна використовувати як альтернативне паливо для автомобілів, при цьому має місце: зменшення викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами, що особливо важливо для населених пунктів; зменшення імпорту нафти і газу; зменшення надходження метану в атмосферне повітря (10 % від світових обсягів метану, що потрапляє до атмосфери, надходить із відкритих звалищ); збільшення кількості робочих місць у сільськогосподарському секторі; вирішення низки санітарно-гігієнічних проблем.

Недоліками природного та біогазу в разі їх використання як моторних палив, порівняно з рідкими видами палив, є невисока концентрація енергії в 1 м^3 горючої суміші, що спричиняє зменшення ефективної потужності двигуна (для двигунів з іскровим запалюванням становить 11...12 % з оптимізацією кута випередження запалювання $\Theta_{\text{вип.зап}}$, 17...19 % – без оптимізації $\Theta_{\text{вип.зап}}$); Наприклад, для горючих сумішей при $\alpha=1$ нижча теплота згорання 1 м^3 становить:

- бензоповітряна – $Q_H = 3739 \text{ кДж/м}^3$;
- газоповітряна – $Q_H = 3400 \text{ кДж/м}^3$,
- біогазоповітряна (при $\text{CH}_4=62\%$) – $Q_H = 2168 \text{ кДж/м}^3$ [3].

Одним з варіантів покращення показників роботи д.в.з. є змішування газу нафтового походження та біогазу з відходів тваринництва. При змішуванні газу нафтового походження та біогазу, нижча теплота згорання суміші змінюється за графіком який зображений на рисунку 1.

Розрахунки проводимо на дослідному двигуні ЗИЛ-130.

З даної залежності визначаємо питому ефективну витрату палива для всіх значень Q_H за формулою [4]

$$ge = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_e}, \text{ г/кВт}\cdot\text{год}, \tag{1}$$

де η_e - ефективний ККД двигуна ЗИЛ-130.

З отриманих значень g_e будуємо графік зміни питомої ефективної витрати палива відносно відсоткового вмісту природного газу. Графік зображаємо на рисунку 2.

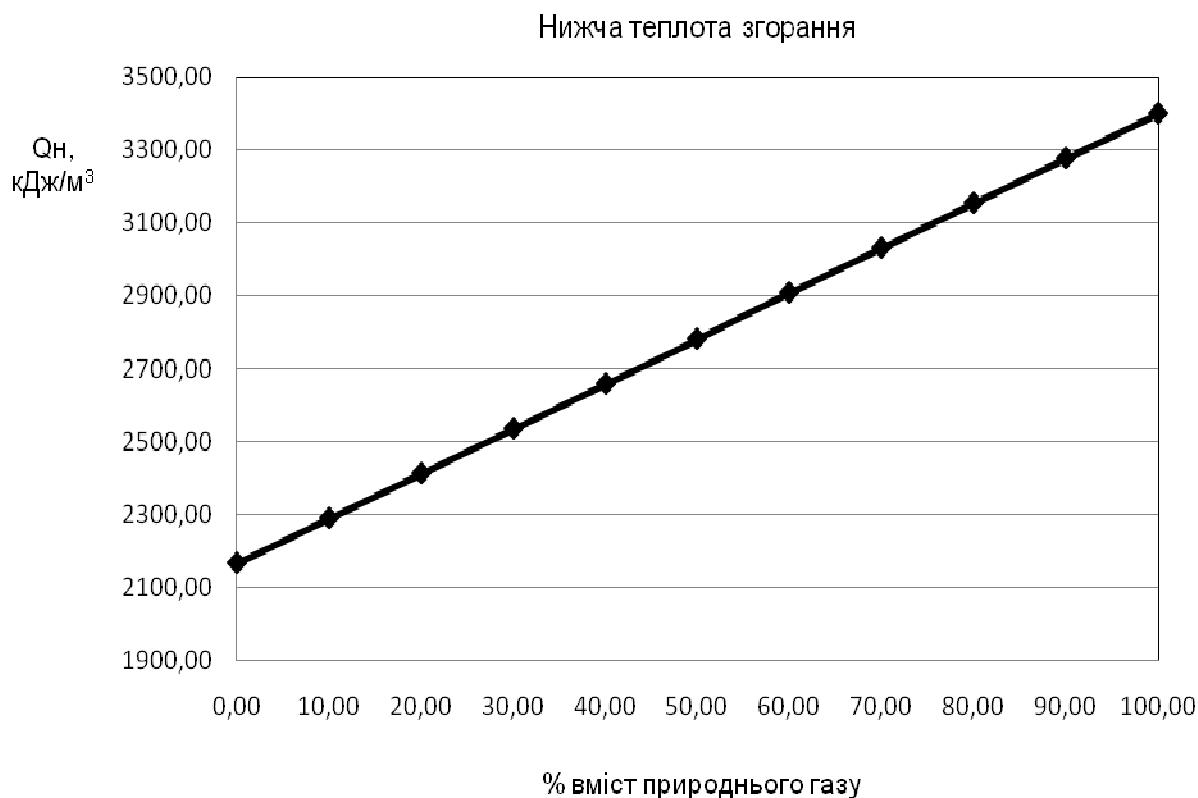


Рисунок 1 – Графік зміни нижчої теплоти згорання суміші

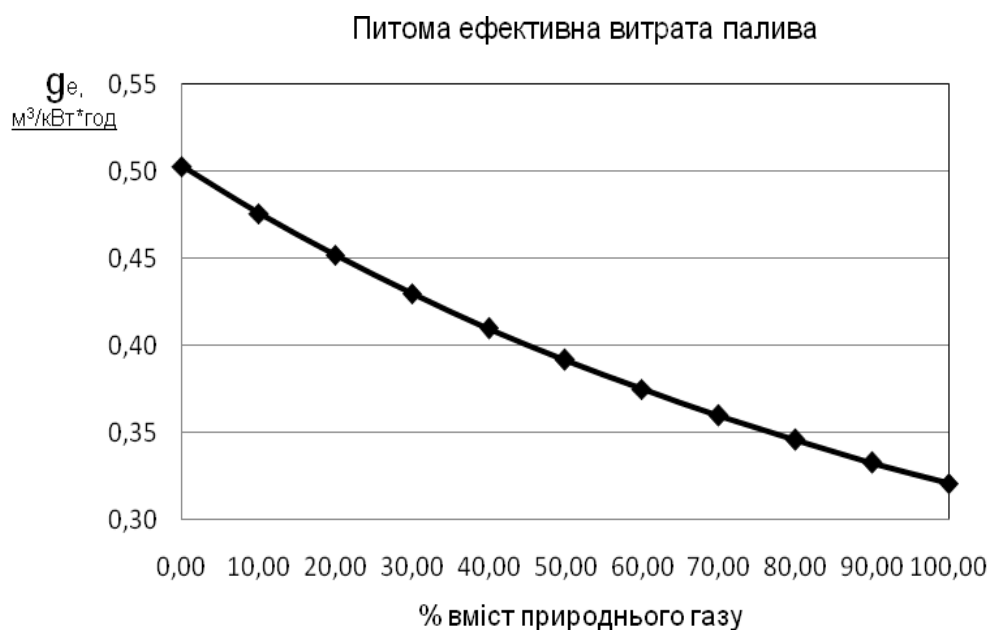


Рисунок2 - Графік зміни питомої ефективної витрати палива

Годинну витрату палива визначаємо за формулою:

$$G_t = N_e \cdot g_e \text{ (кг/год)}, \quad (2)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

N_e визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n}{30 \cdot \tau} \text{ (кВт)}, \quad (3)$$

де P_e – ефективний тиск в циліндрі двигуна, Па;
 V_h – робочий об'єм двигуна, м³;
 n – оберти колінчастого вала двигуна, хв⁻¹;
 τ – тактність двигуна.

$$N_e = \frac{0.688 \cdot 6.032 \cdot 3200}{30 \cdot 4} = 110.667 \text{ кВт}$$

На рисунку 3 зображено графік зміни годинної витрати палива.

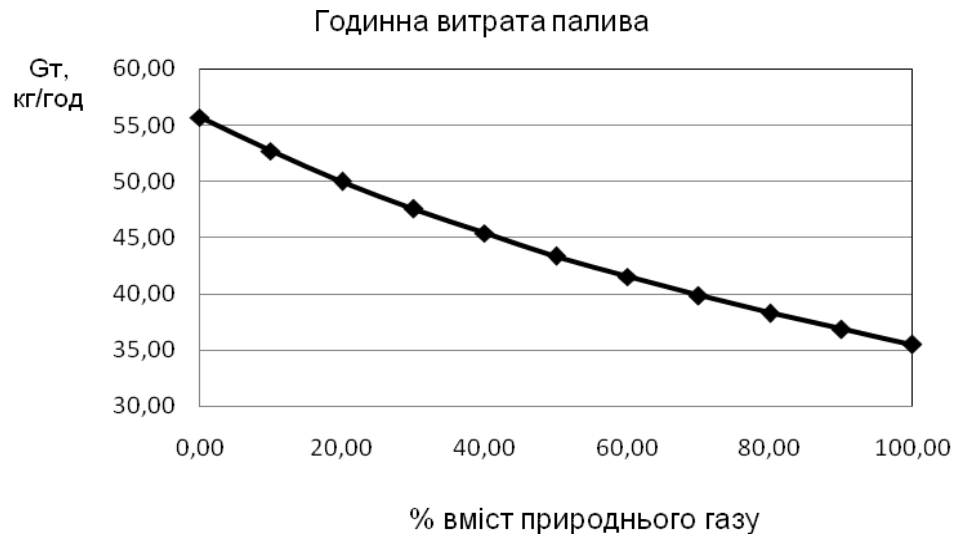


Рисунок 3 – Графік зміни годинної витрати палива

На рисунку 4 зображено графік зміни комерційної ефективності використання біогазу в ДВЗ.

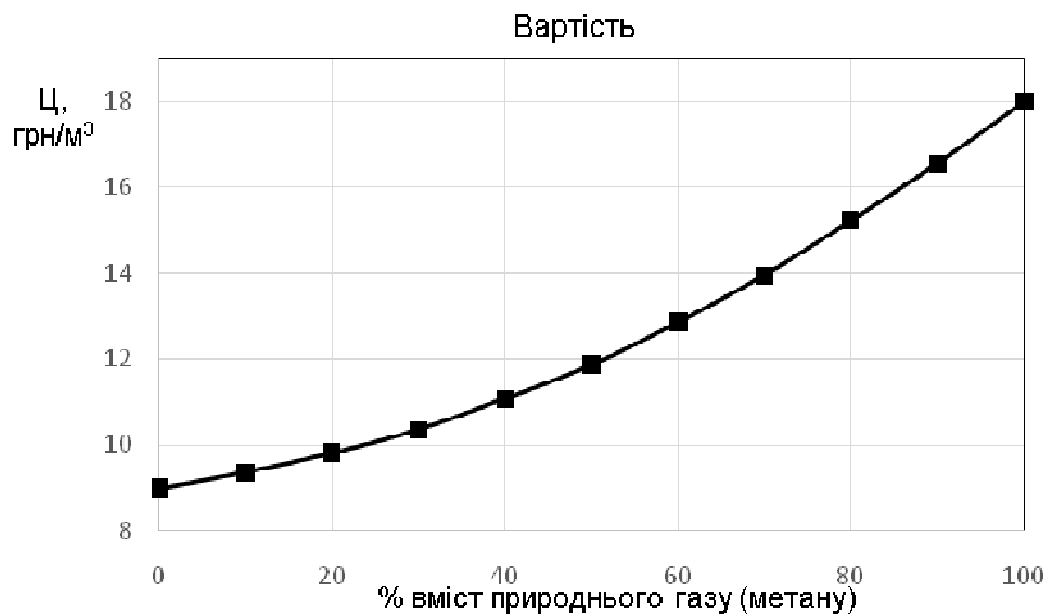


Рисунок 4 – Графік зміни комерційної ефективності використання біогазу в ДВЗ

Комерційну ефективність використання біогазу в ДВЗ обраховуємо за формулою[5]:

$$C = C_z \cdot G_{t(z)} + C_{b.z} \cdot G_{t(b.z)}, \text{грн} \quad (4)$$

де C_z – вартість 1м^3 стиснутого природного газу, приймаємо $C_z=18.40$ грн/ м^3

$C_{b.z}$ – вартість 1м^3 стиснутого біогазу, приймаємо $C_{b.z}=9.36$ грн

$G_{t(z)}$, $G_{t(b.z)}$ – витрати природного газу і біогазу.

Висновки. Використання біогазу з відходів вторинних продуктів тваринництва як палива для двигунів внутрішнього згорання через низьку теплоту згорання призводить до суттєвого збільшення питомої ефективної і годинної витрати палива – до 50-65% і, як правило, збільшення собівартості перевезень

Покращення комерційної ефективності використання біогазу з відходів та вторинних продуктів тваринництва можна досягнути за рахунок використання сумішей біогазу з природним газом. Додатки до 40% природного газу підвищують ціну палива лише на 8-10% однак значно знижують експлуатаційні витрати.

Для прийняття рішення щодо доцільності використання біогазу з відходів тваринництва необхідно дослідити техніко-експлуатаційні показники роботи д.в.з. і співставити їх з комерційною доцільністю.

Література

1. Гелетука Г.Г. Перспективы производства тепловой энергии из биомассы в Украине / Г.Г. Гелетука, Т.А. Железная, Е.Н. Олейник. Промышленная теплотехника. – 2013. – т.35. – №5. – с.48-55.
2. EuropeanBiogasAssociation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://European_biogas.eu
3. Генкин К.И. Газовые двигатели / К.Е. Генкин – Машиностроение – 1977. – 196 с.
4. 19В.М.Мельник Економічна ефективність використання альтернативних палив / В.М.Мельник // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – 2006 №1/18 с 56-58.
5. Гутаревич Ю.Ф. Оцінка ефективності додавання спиртових сполук до бензину / Ю.Ф. Гутаревич, А.Г.Говорун, А.О.Корпач, О.Г.Мороз // Автошляховик України. – 2004 – №3. – С.17-19.
6. Абрамчук Ф.І. Автомобільні двигуни / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. – Київ: Арістей, 2006. – 453 с.

References

1. Heletukha H.H. Perspektivy proizvodstva teplovoi enerhyu yz byomassy v Ukrayne / H.H. Heletukha, T.A. Zheleznaia, E.N. Oleinyk. Promyshlennaia teplotekhnyka. – 2013. – t.35. – №5. – s.48-55.
2. EuropeanBiogasAssociation [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: http://European_biogas.eu
3. Henkyn K.Y. Nazovye dvyhately / K.E. Henkyn – Mashynostroenye – 1977. – 196 s.
4. 19V.M.Melnyk Ekonomichna efektyvnist vykorystannia alteratyvnykh palyv / V.M.Melnyk // Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch – 2006 №1/18 s 56-58.
5. Hutarevych Yu.F. Otsinka efektyvnosti dodavannia spyrtovykh spoluk do benzynu / Yu.F. Hutarevych, A.H.Hovorun, A.O.Korpach, O.H.Moroz // Avtoshliakhovyk Ukrainy. – 2004 – №3. – S.17-19.
6. Abramchuk F.I. Avtomobilni dvyhuny / F.I. Abramchuk, Yu.F. Hutarevych, K.Ie. Dolhanov, I.I. Tymchenko. – Kyiv: Aristei, 2006. – 453 s.

Стаття надійшла до редакції 11.04.18 р.

Рекомендовано до друку д.е.н., проф. Петренком В. П.