

ЕКОНОМІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ В ПОРШНЕВИХ ДВИГУНАХ

Показана наявність на Україні значних запасів сировини для отримання генераторного газу та можливість заміни ним значної кількості природного газу. Експериментальним шляхом підтверджена працездатність двигуна УД-15 при роботі на генераторному газі.

Ключові слова: газогенератор, генераторний газ, альтернативні палива, поршневі двигуни, екологічний ефект.

Вступ. Загроза вичерпання світових запасів нафти та нерівномірність їх географічного розміщення при щорічно зростаючих об'ємах видобутку, погіршення якості нафти нових родовищ і, як наслідок, підвищення матеріальних затрат на їх розробку обумовлюють зміну структури паливно-енергетичного балансу. На даний час основними джерелами енергії в паливно-енергетичному комплексі є нафта, вугілля та газ. Вони ж є основними джерелами сировини для моторних палив. За прогнозами їх ресурси оцінюються відповідно 15 трлн.т., 500 млрд.т. та 400 трлн.м³., при розвіданих запасах 1685 млрд.т., 137 млрд.т., 140 трлн. м³. За різними джерелами інформації при збереженні рівня видобутку та споживання розвіданих запасів вугілля вистачить приблизно на 400 р., нафти на 40...50 р. та газу на 60 р.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. З історії відомо, що в період до 60-х років минулого століття в ряді місцевостей досить широко застосовувалися двигуни внутрішнього згоряння, що працювали на генераторному газі [3,4,5,6,]. Зі збільшенням видобутку нафти, вдосконаленням технологій по її переробці та підвищенням виходу рідких моторних палив в процесі її переробки генераторний газ, як моторне паливо для ДВЗ, поступово здав позиції. Очевидно, що неосвоєні досі запаси будуть активно освоюватися, але вартість їх видобування, в зв'язку з використанням менш економічно привабливих родовищ, буде постійно зростати. Динаміку зміни ціни на нафту та природний газ за останні роки на підставі [1] надано на Рис 1.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Якщо провести аналіз зміни ціни на нафту, а відповідно і на паливо для ДВЗ отримане на її основі за останні 30 років, то можна побачити чітку тенденцію загального невпинного зростання цін, така ж тенденція спостерігається і на ринку природного газу. Графіки цін проходять майже еквідистантно і вартість природного газу в перерахунку на одиницю енергії майже завжди менша ніж нафти.

З іншого боку в процесі життєдіяльності суспільства накопичується значна кількість відходів (відходи деревообробної промисловості та сільського господарства, побутове та промислове сміття, опале листя...), які мають у своєму складі значну кількість органічних та неорганічних горючих речовин та є джерелом енергії, і на даний час потребують значних матеріальних затрат на утилізацію. Дані відходи будучі екологічно і пожеже небезпечними водночас при використавши відповідної технології переробки можуть бути сировиною для виробництва моторних палив. За рахунок цього можна повернути значну частину затрат на їх утилізацію та отримати власну теплову і електричну енергію, вирішивши при цьому ряд екологічних та економічних проблем.

Постановка задачі дослідження. В зв'язку з наведеним вище виникає необхідність оцінити наявні запаси сировини, яка на даний час є відходами, економічну, екологічну та

технічну доцільність їх використання для отримання з неї палива для двигунів внутрішнього згоряння та здійснити експериментальну перевірку можливості використання даного палива в поршневих двигунах.

Дана робота на даний час є досить актуальною, що підтверджується активізацією робіт по використанню альтернативних відновлюваних моторних палив. Одним з видів таких палив для ДВЗ є генераторний газ, який можна отримати з органічних відходів сільськогосподарства, деревообробної промисловості та сміття. Широке впровадження генераторного газу дозволить значно скоротити витрати природного газу, що є дуже важливим питанням сьогодення.

Основний матеріал і результати.

Оцінка запасів сировини для отримання генераторного газу, економічні та технічні аспекти його застосування. Середні ціни на сировину, окрім відходів, придатну для отримання генераторного газу станом на період літо - осінь 2013 року наведено нижче: ціна на тюковану солому – 600 грн/т., - пелети з соломи - 700 грн/т., - пелети з деревини – 750 грн/т. З одного кілограма сировини можна отримати від 2 до 2,5 м³ генераторного газу. Таким чином вартість 1 м³ генераторного газу відносно витрат на первинне паливо складає від 30 до 40 коп.

В повну вартість генераторного газу, окрім вартості первинного палива входять витрати на установку для переробки первинної сировини у паливо придатне для ДВЗ, транспортування сировини до місця переробки, підсушування первинного палива та його зберігання, заробітна плата працівникам, витрати енергії на привід агрегатів установки та інше. З метою оцінки економічної доцільності використання генераторного газу виконано ряд техніко-економічних розрахунків. Виконані техніко-економічні розрахунки показали, що собівартість генераторного газу в більшості розглянутих випадків наближається до вартості традиційних енергоносіїв, а часто і перевищує їх ціну. Використання в якості первинного палива побутових та промислових відходів та мало ліквідних продуктів сільськогосподарства, скорочення транспортних витрат шляхом наближення споживачів до сировини знижує собівартість генераторного газу, тому використання альтернативних енергоносіїв є економічно виправданим лише при комплексному отриманні енергії разом з переробкою та утилізацією відходів виробництва, застосуванні когенераційних технологій.

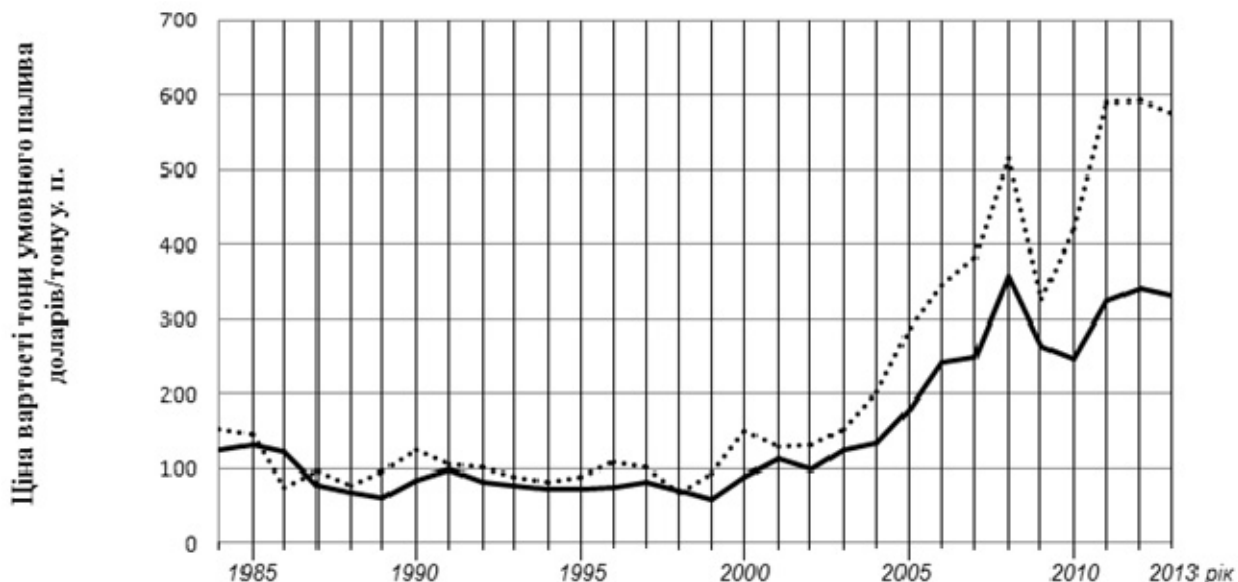


Рис. 1 Динаміка зміни ціни за тону умовного палива за даними British Petroleum Statistical Review of World Energy, London.

..... нафта марки Brent. — природний газ

Таблиця 1 Ефективність використання, після відповідної переробки, різних видів сільськогосподарської біомаси в якості палива для ДВЗ.

Вид сировини	Метод виробництва біопалива	Вид отриманого біопалива	Врожайність по сухій біомасі, т/га	Вихід біопалива, т/га	Теплотворна здатність біопалива	Тепловий еквівалент
Солома (ячмінь, пшениця)	Газифікація в газогенераторах	Генераторний газ	1-1,5	-	17300 кДж/кг	0,59*
Деревні чурки	Газифікація в газогенераторах	Генераторний газ	-	-	4000-6000 кДж/м ³	0,136-0,205
Деревне вугілля	Газифікація в газогенераторах	Генераторний газ	-	-	4600-5440 кДж/м ³	0,16-0,186
Силос кукурудзи	Швидкий піроліз рослинної біомаси	Біодизель	9	7	18000-32040 кДж/кг	0,61-1,089
Силос сорго, суданка	Швидкий піроліз рослинної біомаси	Біодизель	15	7	18000-32040 кДж/кг	0,61-1,089
Гранульована лузга соняшника	Газифікація в газогенераторах	Генераторний газ	-	-	17300 кДж/кг	0,59*

Примітка * - тепловий еквівалент сировини для переробки (первинного палива)

Альтернативні сировинні ресурси за своїм характером дуже різноманітні. Це має бути враховано при виборі технології їх переробки в генераторний газ, яка безпосередньо впливає на властивості та якість отриманого газоподібного палива. З метою порівняння різних видів альтернативних палив, що дуже різняться за своїми властивостями, необхідно привести їх до одного знаменника – однакових одиниць вимірювання. Отримані результати занесемо до таблиці 1.

Як показує аналіз літератури хімічний склад та калорійність генераторного газу насамперед залежать від процесів та умов у камері газифікації: температури, зернистості та густини реакційного прошарку палива, вологості палива, рівномірності подачі палива в камеру газифікації, режиму роботи газогенератора, тривалості контакту шару палива з повітрям, а також стану системи очищення та охолодження генераторного газу (гідравлічний опір системи подачі газу, забруднення фільтрувальних елементів). На них в свою чергу справляють вплив конструктивні особливості газогенератора: геометрична форма камери газифікації, профіль, розміри та розміщення повітряних фурм, величина обігріву паливного бункеру, кут нахилу стінок бункеру та ін. [3,4,5,6].

Згідно з таблицею 11 [6 стор.52] чим нижча вологість палива, тим вищою є теплотворна здатність палива, тому важливими є заходи направлені на організацію правильного зберігання палива для газогенератора та контролю його параметрів (насамперед вологості) перед подачею в газогенератор, одним з відомих методів стабілізації складу генераторного газу є карбонізація деревини, яка дозволяє вилучити з палива вологу та значно підвищити його теплотворну здатність (1,5-2 рази), при цьому деревина набуває вищої твердості та

стає менш гігроскопічною, газ, що утворюється в результаті газифікації містить менше смол та кислот. Даний процес потребує додаткових енергетичних затрат. Врахувати всі перелічені фактори, що впливають на стабільність генераторного процесу це є досить складна задача, тим більше, що коригувати більшість з них в ході роботи установки практично неможливо. Через непостійність генераторного процесу складно підтримувати заданий режим роботи двигуна. При зниженні калорійності газу, як і при її підвищенні, коливанні хімічного складу генераторного газу необхідно постійно підтримувати відповідну пропорцію між газом та повітрям шляхом коригування роботи змішувача. Одним з відомих методів вирішення цієї проблеми є присадка рідкого палива до основної порції газового палива, але цей спосіб суперечить самій ідеї використання генераторного газу в якості альтернативного палива для ДВЗ. Тому для стабілізації роботи газомоторні установки необхідно обладнати електронною системою контролю за складом відпрацьованих газів, яка в залежності від вмісту у них кисню, регулюватиме якісне співвідношення суміші генераторний газ/повітря на вході в двигун, що дозволить забезпечити оптимальні параметри для його стабільної роботи. На калорійність генераторного газу впливає подача в газогенератор певної кількості водяної пари, отже, проблему нестабільності генераторного газу може вирішити комплекс заходів таких як: внесення присадки у вигляді водяної пари в камеру газифікації для підвищення вмісту водню в газі, постійний контроль за складом відпрацьованих газів двигуна та коригування у відповідності з отриманими даними співвідношення між газом та повітрям з допомогою змішувача. Необхідно відмітити, що до останнього часу вимоги до палив визначалися, головним чином, наявністю відповідної сировинної бази та рівнем технологічного розвитку, на даний час і особливо в перспективі тенденції розвитку паливно-енергетичної бази все більше будуть визначатися економічними та екологічними чинниками. У зв'язку з цим перспективним є широке використання газових палив, отримання відновлюваних газів альтернативного походження. Переведення двигунів внутрішнього згоряння на газоподібне паливо дозволяє вирішити ряд проблем, таких як: зниження негативного впливу відпрацьованих газів на навколишнє середовище, зниження експлуатаційних затрат, підвищення моторесурсу двигуна. Вартість отримання енергії за рахунок альтернативних енергоносіїв на даний час вища, ніж за рахунок традиційних енергоносіїв, але в майбутньому різниця буде поступово скорочуватися. Хоча в районах, які є віддаленими від централізованого постачання енергоносіїв і які мають запаси природної сировини застосування альтернативних енергоносіїв є економічно ефективнішим, ніж постачання традиційних. Важливе значення утилізація біомаси має в лісному, сільському господарстві, де щорічно на різні технологічні потреби витрачається велика кількість палива, а разом з цим в процесі виробництва продукції утворюється значна кількість відходів, які є органічним матеріалом цілком придатним для отримання генераторного газу.

Проаналізувавши можливості використання альтернативних джерел енергії, зокрема у вигляді генераторного газу, можна зробити висновок що їх застосування дозволяє:

- Знизити рівень енергетичної залежності України від країн експортерів енергетичних ресурсів.
- Зменшити потребу в традиційних видах палив (нафтові палива, вугілля, природний газ) при виробництві теплової та електричної енергії та спрямувати вивільнене паливо на потреби тих споживачів де застосування альтернативних палив недоцільне чи неможливе (транспорт, військова техніка, аварійні електростанції, тощо).
- Знизити викиди парникових газів в атмосферу та надати можливість продавати квоти на ці викиди іншим державам, за умови розвитку цих технологій на державному рівні.
- Утилізувати відходи різних галузей народного господарства за рахунок чого вирішити ряд соціальних та екологічних задач.

- При використанні газогенераторних установок у віддалених районах є технічний ефект – витрати на транспортування нафтових палив в дані райони іноді значно вищі, ніж затрати на виробництво генераторного газу.

- При застосуванні газогенераторних установок є екологічний та соціальний ефект – витрати на паливо компенсуються зменшенням шкідливого впливу на довкілля звалищ сміття, а витрати на збір і утилізацію органічних відходів частково компенсуються за рахунок продажі теплової та електричної енергії.

Результати експериментальних досліджень газогенераторної установки на базі двигуна УД-15. Експериментальні дослідження проводилися на двигуні УД-15 модернізованому для роботи на газоподібних паливах. В ході модернізації двигун був обладнаний змішувачем та дросельною заслінкою для регулювання коефіцієнта надлишку повітря. Газогенераторна установка була укомплектована газогенератором оберненого процесу і блоком підготовки генераторного газу, де відбувалося його очищення та охолодження. Схема дослідної газогенераторної установки надано на рис. 2.

В ході експериментальних досліджень ставилася задача експериментальної перевірки принципової можливості роботи двигуна УД-15 на генераторному газі в діапазоні потужностей від холостого ходу до 3...4 кВт та визначення проблемних питань пов'язаних з використанням генераторного газу на двигунах даного типу.

Експериментальна перевірка використання генераторного газу підтвердила працездатність створеної газогенераторної установки на базі двигуна УД-15 та показала ряд проблемних питань використання генераторного газу в якості моторного палива для ДВЗ які потребують вирішення, таких як:

1. Нестабільність генераторного газу в часі по складу та калорійності в залежності від якості палива та режиму роботи.

2. Наявність в генераторному газі смол та значної кількості сажі.

3. Висока температура генераторного газу на виході з газогенератора та потреба в його охолодженні.

4. Інерційність робочого процесу газогенератора та циклічність поповнення його свіжим паливом.

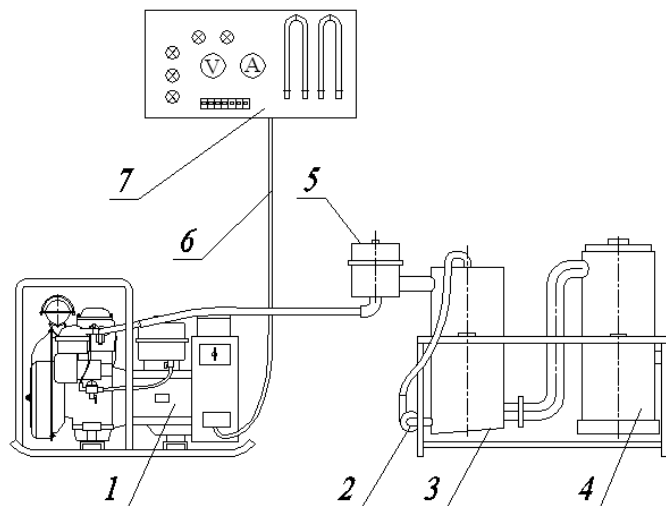


Рис. 2 Схема газомоторної установки

1-стаціонарна електростанція на базі двигуна УД-15, 2- водяний насос, 3- комбінований фільтр-охолоджувач, 4- газогенератор оберненого процесу газифікації, 5- фільтр тонкого очищення, 6- електричні кабелі, 7- навантажувальний щит.

Висновки. Наявні на Україні запаси органічної сировини достатні для покриття до 10% потреби в енергоресурсах шляхом переробки її на генераторний газ.

Високі затрати на транспортування, зберігання, сортування та підготовку органічної сировини для отримання генераторного газу роблять доцільним її використання лише в місцях її скупчення чи на незначній відстані від них.

Використання в якості сировини ряду відходів та сміття вирішує екологічну проблему і дозволяє зменшити затрати на їх утилізацію.

Підтверджено працездатність газогенераторної установки потужністю до 4-х кВт придатної для отримання електричної енергії на сільському подвір'ї чи фермерському господарстві.

Проведені експериментальні дослідження показали проблемні питання використання генераторного газу в поршневіх двигунах малої потужності - наявність в отримуваному газі смол, нестабільність робочого процесу газогенератора малої потужності, що викликає нестабільність якості газу по ходу роботи газогенератора, значні затрати палива і часу на пуск установки та низьку готовність до термінового пуску.

Ефективність застосування генераторного газу не може бути забезпечена на достатньому рівні без впровадження досягнень сучасної електроніки та нових матеріалів (системи запалювання та автоматичного регулювання, термостійкі матеріали для камер газифікації, тощо).

Література

1. *British Petroleum Statistical Review of World Energy, London, June 2014* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bp.com/statisticalreview>.

2. Горбов В.М. *Енергетичні палива: Навчальний посібник* [Текст] / В.М. Горбов. – Миколаїв: УДМУ, 2003. – 328 с. – ISBN 966 – 321 – 004 – 4.

3. Коллеров Л.К. *Газомоторные установки* [Текст] / Л.К. Коллеров. – М.: Машиз, 1951. – 237 с.

Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов [Текст] / Г.А. Терентьев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль – М.: Химия, 1989. – 272 с. – ISBN 5 – 7245 – 0319 – 0.

4. Токарев Г.Г. *Газогенераторные автомобили* [Текст] / Г.Г. Токарев. – М.: Машиз, 1955. – 204 с.

5. Юдушкин Н. Г. *Газогенераторные тракторы* [Текст] / Н.Г. Юдушкин, М.Д. Артамонов. – Л.: Машиз, 1955. – 243 с.

6. *Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология: справочник* [Текст] / В.Н. Бакулин, Е.М. Бреценко, Н.Ф. Дубровкин, О.Н. Фаворский. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 614 с. – ISBN 978 – 5 – 383 – 00193 – 6.

© С.М.Литвин, В.М.Манзюк

УДК 621.432

С.М.Литвин, к.т.н., доцент

В.М.Манзюк, аспирант

Первомайский политехнический институт национального университета кораблестроения

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА В ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Показано наличие на Украине значительных запасов сырья для получения генераторного газа и возможность замены им значительного количества природного газа. Экспериментальным путем подтверждена работоспособность двигателя УД-15 при работе на генераторном газе.

Ключевые слова: газогенератор, генераторный газ, альтернативные топлива, поршневые двигатели, экологический эффект.

S.M.Lytvyn, Ph.D., Associate Professor

V.M.Manzyuk, a graduate student

Pervomajskyj Polytechnic Institute National University of Shipbuilding

**ECONOMIC AND TECHNICAL ASPECTS OF IN WOOD GAS
RECIPROCATING ENGINES**

Presence in Ukraine of large amounts of raw materials for generating gas and the possibility of replacing him a significant amount of natural gas. Experimentally verified the performance of the engine UD-15 while working on generator gas.

Keywords: gas, gasifier, alternative fuel, piston engines, ecologically effect.