VII. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 620.92:62-963
DOI: 10.37128/2520-6168-2019-1-14

ШЛЯХИ ОЧИЩЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА ДЛЯ РОБОТИ МАШИННО – ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Колесник Лідія Григорівна, аспірант
Вінницький національний аграрний університет

L. Kolesnik, Post-Graduate Student
Vinnytsia National Agrarian University

В статті розглянуто переваги та недоліки різних видів палив, розроблено спосіб очищення альтернативного палива для сільськогосподарських машин, а саме підвищення вмісту метану в паливній суміші дизель – газу, як альтернативного палива для машинно – тракторних агрегатів. Пропонований спосіб призводить до порівняно невеликих втрат метану до 0,06%. Коли система працює при стандартному тиску, споживання енергії становить менш ніж 0,04 кВт год / м^3, що дає системі можливість працювати вкрай економічно. Паливний газ, що виробляється як побічний продукт, може знайти хороше застосування для нагріву біореактора.

Очищений біогаз (вміст метану 97,7 % за обсягом). Вміст метану може бути ще збільшено подальшим охолодженням.

Винахід дозволяє збільшити вихід метану і знизити споживання енергії.

Робота містить 6 формул, 1 рисунок і 12 літературних джерел.

Ключові слова : альтернативне паливо, машинно - тракторний агрегат, біогаз, дизельний двигун, метан.

Ф. 6. Рис. 1. Літ. 11.

1. Постановка проблеми

На даний час розробка та впровадження альтернативних видів палива є досить перспективним завданням, оскільки ринок енергоносіїв нестабільний. Дизельний двигун дає багато шкідливих викидів, крім того пальне для нього дорожчає з кожним днем [2, 3]. Тому питання пов'язані із оптимізацією його роботи на альтернативних видах палива є актуальною задачею .

Склад газу нестабільний і залежить від багатьох факторів. В основному це біогазу: 55 – 75% метану, 25 – 45% CO_2, незначні домішки водню (H_2) і сірководню (H_2S), азоту, ароматичних вуглеводнів, галогено-ароматичних вуглеводнів. Оскільки горить тільки метан, то такий газ є непридатним для використання в дизельних двигунах. В результаті використання неякісного палива з'являються проблеми такі як зменшення строків використання двигуна. Тому біогаз потрібно очистити від негорючих домішок і зайвої вологи найбільш енергозберігаючими способами.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

На думку багатьох вчених таких як Савельев Г. С., J Stewart, A Clarke, G A Karim, R Chen та ін. перспективним є використання дизель - газової суміші в роботі машинно – тракторних агрегатів. Це здешевить ціну палива, а також зробить його екологічно чистішим.

Очищенням біогазу до біометану займались багато іноземних вчених, зокрема B Eder, H Schulz, Сотников В.А. та ін.. Вони розглядали різні способи вироблення та очищення біогазу до біометану. зокрема при підвищеному тиску та пропусканні крізь чисту воду або аміновмісний розчин. Але ці способи енергозатратні і потребують додаткової апаратури.

3. Мета дослідження

Метою роботи є розробка очисної енергоощадної системи біогазу для його використання в роботі двигуна Д – 240 машинно – тракторного агрегата.

4. Основні результати дослідження

Паливо для швидкохідних дизелів повинно відповідати наступним експлуатаційним вимогам:
- мати хорошу прокачуваність при різних температурах навколишнього середовища;

- мати хороший розпил, сумішоутворення та займання;
- володіти відповідною в'язкістю;
- не мати сірчаних сполук, органічних та мінеральних кислот, води, механічних домішок;
- при згорянні виділяти більший обсяг тепла;
- бути стабільними і не змінювати властивості при довготривалому зберіганні [12].

Режим роботи двигуна оцінюється зростанням тиску в камері згоряння на 1^0 повороту колінчастого вала. Якщо тиск зростає на 0,25...0,60 МПа – двигун працює м'яко, при 0,6...0,8 МПа – жорстко, а вище 0,8 МПа – дуже жорстко. Таким чином для нормальної роботи двигуна необхідно щоб паливо самозаймалось у чітко визначений момент і потім енергійно згорало, але достатньо плавно із зростанням тиску не більше 0,4...0,6 МПа на один градус повороту колінчастого вала. У цьому випадку буде, так звана, "м'яка" робота двигуна, при якій розвивається максимальна потужність і забезпечується необхідна паливна економічність [2, 3].

Нагароутворюючі властивості дизельного палива характеризують його схильність до утворення в результаті згоряння специфічних відкладень на деталях циліндро-поршневої групи та газорозподільчого механізму, що призводить до значних порушень в роботі двигуна (погіршення тепловіддачі, зависання клапанів, підгоряння голки форсунки, закоксовування поршневих кілець тощо). Серед факторів, які безпосередньо впливають на процес нагароутворення, необхідно відмітити наступні: підвищення в'язкості палива, великомолекулярні смолисто-асфальтові утворення та непридільні вуглеводні, сірчані з'єднання, механічні суміші. В наслідок цього, з метою зменшення впливу палива на нагароутворення в двигуні, необхідно обмежити або забезпечити повну відсутність небажаних в паливі цілого ряду механічних сумішей та з'єднань.

Сірчані сполучення палива створюють більший вплив на утворення нагару і головним чином на його стан. Сірка, концентрується у нагарах та відкладеннях, робить їх більш твердими та важко знищуваними. Так, випробуваннями встановлено, що якщо при вмісті в паливі сірки 0,08%, в нагарах її містилось 1%, а щільність відкладень складала 0,03 г/см^3, то при підвищенні вмісту сірки в паливі до 1,5% в нагарах її вже було 9%, а щільність відкладень досягла 0,5 г/см^3. При підвищенні вмісту сірки в паливі, окрім корозійного характеру, підвищуються знос деталей, щільність відкладень та утворення нагару. Корозійні властивості палива, як вже відмічалось, визначаються в основному такими факторами, як утримання в паливі водорозчинних кислот та лугів, органічних кислот, води та сірчаних сполучень. У відповідності з ГОСТом у дизельному паливі не допускається наявності водорозчинних кислот та лугів, а також води, оскільки вони сильно впливають на корозію деталей двигуна. Органічні кислоти, при їх наявності в паливі, теж створюють корозійну дію. Проведеними випробуваннями двох дизельних палив (з кислотністю 4 та 50 мг КОН/100 мл) на двохтактному дизельному двигуні за 560 год. роботи встановлено, що при використанні палива з підвищеною кислотністю продуктивність форсунок знизилась у 7 разів, знос плунжерних пар та першого компресійного кільця підвищився більше ніж у 2 рази. За технічними умовами кислотність дизельних палив не повинна перевищувати 5 мг КОН/100 мл. Вирішальний вплив на корозійну агресивність дизельних палив має вплив і характер сірчистих сполук. Корозійна агресивність дизельних палив підвищується зі збільшенням загального вмісту сірки. У даний час нафтопродукти одержують в основному з сірчистих нафт, так як запаси малосірчастих нафт обмежені. В результаті їх перегонки отримують газойлеві і солярові дистилятори з вмістом сірки до 1,0...1,3%. Сірка з дистиляторів видаляються за допомогою різних способів очистки, які дозволяють знизити її вміст до 0,2...0,5%. Активних сірчистих сполук (сірководню, елементної і меркаптанової сірки) при випуску палива із заводу повинно бути так мало, щоб корозійні випробування, тобто пробу на мідну пластинку, воно витримувало. Корозійні властивості дизельних палив обумовлені не стільки загальним вмістом сірки в паливі, скільки вмістом меркаптанів. Спрацювання плунжерних пар при роботі на паливі з вмістом 0,025% меркаптанової сірки збільшується у два рази у порівнянні з спрацюванням на паливі без меркаптанів. Тому вміст меркаптанової сірки в паливі повинен бути не більше 0,01% [12].

Загальна кількість сірки, яка містить в дизельному паливі, суттєво впливає на працездатність дизельного двигуна. Узагальнюючи експериментальні дослідження, можна стверджувати, що при зростанні вмісту сірки з 0,2 до 0,5% знос становить 15%, а при використанні сірчистих палив із вмістом сірки до 1,0% знос прискорюється майже в два рази [12].

В сільськогосподарському виробництві газоподібне паливо використовується для різних технологічних (опалення теплиць, парників, тваринницьких і птахівницьких комплексів, виробничих приміщень, в сушилках тощо) і побутових цілей, а також в двигунах внутрішнього згоряння [1].

Великі перспективи використання газу у сільському господарстві як для технологічних, так і побутових потреб. Газоподібне паливо в останні роки все ширше використовують у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) [4, 5].

Газоподібне паливо порівняно з іншими видами палив має такі переваги:

– згорає майже із теоретичною кількістю повітря, що забезпечує високий коефіцієнт корисної дії (ККД) і більшу температуру згоряння;

– дешеве і після вугілля найпоширеніше, з великими природними запасами;

– при згорянні не утворює небажаних продуктів сухої кіптяви, диму і сірчистих сполук, а також видляє значно меншої кількості продуктів, які забруднюють навколишнє середовище;

– легко запалюється при будь-якій температурі навколишнього середовища;

– порівняно просто підводиться від газопроводів до об'єктів споживання і дає можливість централізованого зберігання – дешевше інших видів палива;

– може бути використане в стиснутому і зрідженому стані, в особливості у двигунах внутрішнього згоряння;

– володіє високими протидетонаційними властивостями, а при згорянні не утворює конденсату, що забезпечує менший знос деталей двигуна;

– для зберігання газу не потрібні спеціальні складські приміщення, оскільки його транспортують газовими магістралями та в балонах.

Використання газоподібного палива для ДВЗ має переваги в порівнянні з рідкими паливами:

- зменшується токсичність відпрацьованих газів, що при сучасній концентрації автомобілів суттєво оздоровлює навколишнє середовище;

- збільшується в середньому на 35...45% моторесурс двигуна і в 2...3 рази строк роботи моторного масла, оскільки газоповітряна суміш не змиває масляної плівки із дзеркал циліндрів;

- висока детонаційна стійкість газоподібного палива дозволяє підвищити ступінь стиску двигуна та відповідно його потужність до 15% і паливну економічність до 12%;

- поліпшуються розподіл паливної суміші між циліндрами двигуна і сумішоутворення, що також впливає на підвищення потужності двигуна.

У газоподібному паливі, як і у рідкому, небажано присутності сірководню H_2S, який викликає корозійний знос газової апаратури та деталей двигуна. Дуже негативно впливає присутність в газі сполучення CN, яке у з'єднанні з водою утворює синильну кислоту, у результаті чого на стінках балонів виникають малі міжкристалічні щілини, які приводять до їх руйнування. Як і для рідкого палива, небажано присутності у газі смолянистих сполук, механічних домішок, вологи.

Біогаз, основним компонентом якого є метан CH_4 (50 – 75 %), вуглекислий газ CO_2 (25 – 50%), водяна пара (0 – 10%), азот N_2 (0,01 – 5%), кисень O_2 (0,01 – 2%), водень H_2 (0 – 1%), аміак NH_3 (0,01 – 2,5 мг/мі), сірководень H_2S (10 – 30 мг/мі), можна спалювати як паливо у пальниках опалювальних установок, водонагрівальних котлів, газових плит, в автотракторних двигунах, агрегатах інфрачервоного випромінювання. Вміст метану залежить від типу сировини і процесу бродіння [6].

Збільшення температури процесу його виробництва призводить до збільшення виходу біогазу, а отже, і до зменшення повного часу розкладання біомаси. Вважається, що збільшення температури процесу на 5^0 С веде до подвоєння виходу біогазу [12].

Шкідливі компоненти, що знаходяться в біогазі, такі як CO_2, незначні домішки водню (H_2), сірководню (H_2S), азоту, ароматичних вуглеводнів, галогено-ароматичних вуглеводнів відділяються в ході декількох етапів процесу.

Отриманий в результаті метанового бродіння біогаз, як правило, поступається за теплотворними властивостями природному газу. Проте після відповідної технологічної сепарації (поглинання і використання на інші технологічні потреби наявного вуглекислого газу) перевершує природний газ за теплотворністю.

Найнебажанішими домішками є CO_2, оскільки він не дає енергії для горіння і H_2S, який викликає корозію металів і швидке псування деталей механізму. Стиснутий біогаз після очищення в адсорберах може бути використаний для двигунів внутрішнього згорання. Він має таку ж якість, як стиснутий природний газ. Цей газ з високою ефективністю може перетворюватись в інші види енергії.

В результаті метанового бродіння ми отримуємо метан (CH_4), та гази-домішки, які вважаються не корисними, і навіть шкідливими: CO_2, NH_3, H_2S. У промисловому виробництві вказані

три домішкові гази (домішка амоніаку не може бути високою оскільки вона зв'язується в солі двома іншими домішковими газами) [7].

Відомі способи очищення біогазу із використанням мікроорганізмів, так звана біологічна адсорбція, а також способи хімічної адсорбції десульфації, при яких сірководень різними способами перетворюється в сірку.

Оксид вуглецю, так як і невелика кількість сірководню, видаляється фізичними чи хімічними засобами, наприклад, очисткою напором води, мембранними процесами, процесом Selexol (під високим тиском), адсорбцією з коливаннями тиску чи аміновим очищенням.

Деякі з цих способів видаляють воду чи аміак.

Більшість із вищевказаних способів є енергоємнісними і приводять до втрати метану [8].

Відносно великі втрати метану відбуваються при способах очистки напором води і адсорбції з коливаннями тиску, і складають приблизно 2-5% метану, що є в біогазі. Крім цього, цей метан, що знаходиться в оксиді вуглецю, який був видалений, може використовуватися в якості палива тільки за допомогою допоміжної запальної системи, оскільки він присутній в дуже малих концентраціях. До того ж, через спосіб дії системи адсорбції з коливаннями тиску, відбуваються різкі коливання виділеного метану, які потребують вирівнювання. Більше того, сирий газ повинен містити дуже малу концентрацію H_2S, що потребує дорогого очищення активованим вуглям.

Амінова очистка економічно вигідна, якщо забруднений очисний розчин можна буде регенерувати.

Із DE 10 200 051 952 B3 відомий процес виробництва метану і рідкого оксиду вуглецю з нафтового газу чи біогазу. Біогаз очищається на початковому етапі (видалення домішок, таких як NH_3, H_2SO_4, H_2S, SO_2, і COS) і потім подається в поглинальну колону, в якій оксид вуглецю, що міститься в сирому газі, зв'язується в очисному розчині при тиску, переважно, 5 – 30 бар, з використанням аміновмісного очисного розчину. Накопичений очищений газ містить приблизно 98% метану за обсягом і може безпосередньо використовуватися для інших цілей. Забруднений очисний розчин проходить регенеративну обробку в випарній колоні під тиском і при підвищених температурах (180 – 230 ° C).

Цей спосіб вимагає високого рівня витрат на обладнання [9].

Спосіб видалення метану і оксиду вуглецю з біогазу відомий з WO 2008/034473 A1, що дозволяє провести видалення оксиду вуглецю без використання високого тиску, при цьому накопичується метановий газ з чистотою більше 99,5%.

Як і при аміновому очищенні для регенерації очисного розчину споживається відносно велика кількість енергії, що становить 0,5-0,8 кВт год / $м^3$ біогазу при нормальних умовах [10].

Розглянемо ще один спосіб очищення біогазу. Біогаз очищають мембранним способом (видалення азоту і CO_2), або пропускаючи сирий біогаз під тиском через воду, яка розчиняє CO_2 та H_2S. В домашніх умовах для поглинання CO_2 можна використати розчин кальцинованої соди або водяну суспензію крейди (дешевше). В першому випадку з розчину може випадати осад менш розчинної питної соди (бікарбонат) в другому крейда частково розчинятиметься з утворенням бікарбонату кальцію. В обох випадках осад (розчин) регенерується прогріванням («кальцинуванням» осаду соди або кип'ятінням розчину). Недоліком є те, що крейда може утворювати щільний шар (накип) який важче використати повторно.

Метою винаходу є розробка способу очищення біогазу для вилучення метану, який характеризується низьким споживанням енергії і дозволяє збільшити вміст метану, щонайменше, на 10% при низьких втратах метану.

Це очищення газу здійснюється, як правило, під стандартним тиском. У виняткових випадках система також може працювати з підвищеним, аж до 3 – 4 бар, тиском, піддаючись максимальному тиску 6 бар. При більш високому тиску, більша кількість оксиду вуглецю, яка може бути в три рази більша при 3 барах, розчиняється в очисному розчині. Кількість необхідного очисного розчину, менша в три рази.

Наш спосіб здійснюється в три етапи. На першому етапі необхідність регенерації поглинача CO_2 можна визначити по втраті ефективності поглинання: зниження теплотворної здатності газу або утворення осаду при пропусканні через вапняну воду (утворений осад розчиняється в надлишку CO_2, крім того даний метод виявляє досить незначні домішки CO_2):

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2, \quad (1)$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O, \quad (2)$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2. \quad (3)$$

На другому етапі позбавляємось сірководню. Сірководень логічніше зв'язувати в самій реакційній масі, оскільки це покращує її як добриво, додаванням гідратованого окису заліза (іржі) або просто дрібної залізної стружки:

$$2Fe + 3H_2S = Fe_2S_3 + 3H_2. \quad (4)$$

Сірководень виявляється пропусканням газу через водний розчин мідного купоросу: при його наявності в газі випадає чорний осад CuS (сульфід міді):

$$CuSO_4 + H_2S \rightarrow CuS + H_2SO_4. \quad (5)$$

На третьому етапі для нейтралізації сірчаної кислоти до водного розчину мідного купоросу $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ доцільно додати вапняне молоко $Ca(OH)_2$. Ця так звана бордóська рідинá є достатньо поширеною і вирішує проблему з вуглекислим газом та сірководнем одночасно (рис. 1).

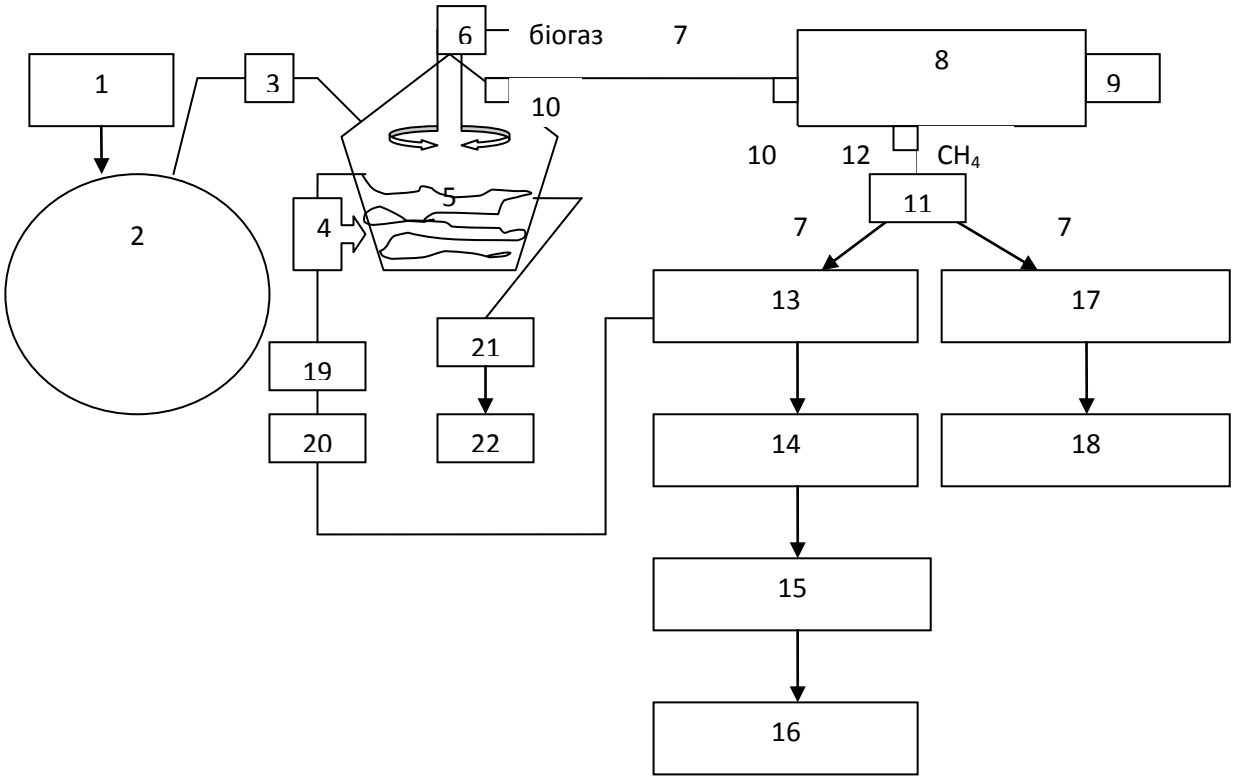

Рис. 1. Блоксхема роботи біогазової установки:
1 – ферма, 2 – ємність збору та гомогенізації, 3 – насосна станція, 4 – система обігрівання днища і стін, 5 – реактор, 6 – ультразвукові мішалки, 7 – магістральний газопровід, 8 – система очищення біогазу, 9 – клапан на зливу та заміни фільтруючих елементів, 10 – мідні сітки, 11 – газгольдер, 12 – інфрачервоний випромінювач, 13 – когенераційна установка, 14 – газовий двигун, 15 – газовий генератор, 16 – вироблена електроенергія, 17 – біогазові заправки, 18 – сільськогосподарська техніка, 19 – тепло для підігріву реактора, 20 – тепло на потреби господарства, 21 – сепаратор, 22 – біодобрива

Для «запуску» біореактор має бути доведений до робочої температури, тому для роботи при холодному кліматі повинен передбачатись початковий підігрів і теплоізоляція. Якщо в біореакторі при завантаженні залишається значний об'єм заповнений повітрям вихідна суміш на початку роботи може бути вибухонебезпечною. Для запобігання поширенню детонації по трубі в ферментатор (біореактор) крім гідрозатвору, який може поєднувати функцію вловлювача CO_2, ближче до виходу в трубі можна розмістити мідну сітку 9 (див. рис. 1). Для виявлення в газі кисню можна використати кольорові реакції з NO:

$$2NO + O_2 = 2NO_2. \quad (6)$$

Для видалення залишкової вологи можна використати метод підсушування інфрачервоними променями (11) (див. рис. 1).

Гній із навколишніх ферм (за потребою) привозиться до біогазової установки вантажівками або ж перекачується насосами. Відходи рослинної маси — солома або інші коферменти —

привозяться вантажівками та розвантажуються в закриті збірники. На першій стадії коферменти підготовлюють (перемелюються, гомогенізуються та перемішуються з гноєм/послідом). Гомогенізація найчастіше здійснюється в резервуарі за допомогою потужних мішалок при температурі 70° С протягом 1 години (див. рис. 1) [1 – 10].

Пропонується використати ультразвукові мішалки. Це покращить роботу установки на 24%.

Спосіб реалізується за допомогою схеми, сутність якої пояснюється кресленням, на якому зображено блоксхему роботи біогазової установки (рис. 1).

Спосіб реалізується таким чином. Із ферми (1) сировина або біомаса подається в ємність збору та гомогенізації (2), де вона змішується із відходами рослинництва. За допомогою насосної станції (3) підготовлена біосуміш подається в реактор (5). Подача сировини в реактор відбувається 4-6 разів. Реактор (5) є газонепроникним, герметичним резервуаром. Для підтримки стабільної температури всередині реактор (5) обладнується системою обігрівання днища і стін (4). У холодних кліматичних умовах, щоб уникнути втрати тепла, реактор теплоізолюється зовні. Субстрат постійно перемішується за допомогою низькошвидкісних ультразвукових мішалок (6), що гарантує повне і дбайливе перемішування.

Вивантаження перебродженого субстрату відбувається автоматично з такою ж періодичністю, як і завантаження. Управління роботою всієї біогазової станції проводиться за командами системи автоматики. Біогаз збирається в газгольдері (11). Газгольдер (11) виконує функцію акумулювання газу. Його зовнішній купол має високу стійкість до ультрафіолету, стійкий до підпалювання і є надзвичайно розтяжним. Схема біогазової установки передбачає високу еластичність цього елемента і надійну фіксацію конструкції. Відведення біогазу відбувається по магістральному газопроводу (7), який оснащений пристроями автоматичного відведення конденсату і запобіжними пристроями, які захищають газгольдер (11) від перевищення допустимого тиску. З газгольдера (11) йде безперервна подача біогазу на когенераційну установку (13) або систему очищення біогазу (8), до якої підведено клапан на злив та заміну фільтруючих елементів (9).

Система очищення включає в себе водяний розчин мідного купоросу $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ та вапняне молоко $Ca(OH)_2$, а також мідні сітки (10) і дрібну залізну стружку. Інфрачервоний випромінювач (12) підсушує газ, що йде на когенераційну установку (13) та біогазові заправки (17) і сільськогосподарську техніку (18). В когенераційній установці газ стискується для подальшого вироблення тепла, яке може бути використане для підігріву реактора (19) і на потреби господарства (20) та за допомогою газового двигуна (14) і газового генератора (15) вироблення електроенергії (16). Перероблений субстрат подається на сепаратор (21). Система механічного поділу працює від 4 – 6 разів на добу і розділяє залишки бродіння після ферментатора на тверді та рідкі біодобрива (22), що йдуть на сільськогосподарські потреби.

Реактор є газонепроникним, повністю герметичним резервуаром із сталі або залізобетону. Його конструкція передбачає також теплоізоляцію, оскільки всередині резервуару повинна бути фіксована для мікроорганізмів температура. Вона може бути в залежності від способу зброджування мезофільною (близько 35° С), або ж термофільною (близько 55° С). Середня тривалість гідравлічного відстоювання всередині реактора (залежно від субстратів) становить 20 – 40 днів. Протягом цього часу органічні речовини всередині гною метаболізуються (перетворюються) мікроорганізмами. На виході маємо два продукти: біогаз та субстрат (компостований та рідкий). Останній зберігається в стандартному танкері для зберігання добрив. Все обладнання контролюється автоматичною системою контролю біогазової установки. Для керування достатньо лише 1 робітника та декілька годин в день. Цей робітник контролює процес за допомогою звичайного комп'ютера, і він же працює на тракторі для подачі біомаси.

Процес очищення відбувається при стандартному тиску (від -10 до +20 мбар) і витраті води 400 $м^3$ / год, виходячи з кількості подаваного біогазу. Після нетривалої роботи очисний розчин містить залишкову забрудненість CO_2 приблизно 50 мг / л.

Під час газової очистки без тиску, CO_2, H_2S і NH_3 видаляються з біогазу і розчиняються в очисному розчині, при цьому частка вилученого CO_2 становить приблизно 80%.

Склад біогазу після очищення:

- метан - 97,7% по об’єму;
- оксид вуглецю - 0,38% по об’єму;
- вода - 0,78% по об’єму;
- водень - 0,19% по об’єму;

- кисень - 0,19% по об'єму;
- азот - 0,76% по об'єму;
- H_2S – 2 ppm;
- NH_3 – 1 ppm.

5. Висновки

1. Пропонований спосіб призводить до порівняно невеликих втрат метану до 0,06%. Коли система працює при стандартному тиску, споживання енергії для цих трьох етапів очищення становить менш ніж 0,04 кВт год / м^3, що дає системі можливість працювати вкрай економічно. Паливний газ, що виробляється як побічний продукт, може знайти хороше застосування для нагріву біореактора. Тільки 13 кВт електроенергії потрібно для контролю всього процесу очисних етапів.

2. Таке низьке споживання енергії означає питоме споживання 0,03 кВт / м^3 при нормальних умовах виходячи з кількості введеного біогазу (500 м^3 / год при нормальних умовах).

3. Очищений біогаз (вміст метану 97,7 % за обсягом). Вміст метану може бути ще збільшено подальшим охолодженням, що дозволяє також знизити споживання енергії.

Список використаної літератури

1. Agro-T. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.agrot.de/Bio/biogas.
2. Анисимов В. Ф. Исследование возможности использования биотоплива в автотракторных дизелях / В. Ф. Анисимов, Л. П. Середа, В. Б. Рябошапка // Вібрації в техніці та технологіях, 2006. – №3(45). – С. 20 – 25.
3. Анисимов В. Ф. Перспективы и проблемы использования биотоплива в автотракторных дизелях / В. Ф. Анисимов, Л. П. Середа, В. Б. Рябошапка // Промислова гідравліка і пневматика, 2007. – №4(18). – Вінниця. – С. 6 – 11.
4. Sewage project sends first ever renewable gas to grid. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.thameswater.co.uk.
5. Альтернативна енергетика [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.moesonce.com.
6. Екоклуб «Зелена Хвиля» [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.ecoclub.kiev.ua.
7. Пропозиція [Електронний ресурс] Режим доступу: www.propozitsiya.com.
8. Клуб органічного землеробства [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cluboz.net.
9. Тибурський Ю. Крок перший: екологічне землеробство / Ю. Тибурський, В. Підліснюк, У. Солтисяк, Т. Стефановська, І. Калініченко // Екологічне сільське господарство: кроки назустріч: Посібник . – К.: – Видавництво Національного аграрного університету, 2006. – 80 с.
10. Сайко В. Ф. Землеробство XXI століття: проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Сайко // Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН, 1999. – 235 с.
11. Упор К. П. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. К. П. Упор, В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 353 с.

References

[1] Agro-T. Retrieved from: https://www.agrot.de/Bio/biogas.
[2] Anisimov, V, Sereda, L., Ryaboshapka, V. (2006) *Issledovaniye vozmozhnosti ispol'zovaniya biotopliva v avtotraktornykh dizelyakh [Research of the possibility of using biofuels in autotractor diesels]*, 3 (45) 20 – 25, Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh [in Russsian].
[3] Anisimov, V, Sereda, L, Ryaboshapka, V. (2007). *Perspektivy i problem ispolzovania biotopliva v avtotraktornih diseliah [Prospects and problems of the use of biofuels in automotive diesel engines]*, 4 (18) 6 – 11, Promislova gidravlika i pneumatics. [in Russsian].
[4] Sewage project sends first ever renewable gas to grid. Retrieved from: https://www.thameswater.co.uk.
[5] *Alternatyvna enerhetyka [Alternative energy]*. Retrieved from: https://www.moesonce.com [in Ukrainian].
[6] *Ekoklub «Zelena Khvylya» [Ecological Club "Green Wave"]*. Retrieved from: https://www.ecoclub.kiev.ua [in Ukrainian].
[7] *Propozytsiya [Proposal]*. Retrieved from: www.propozitsiya.com [in Ukrainian].
[8] *Klub orhanichnoho zemlerobstva [Organic Farming Club]*. Retrieved from: https://www.cluboz.net [in Ukrainian].

[9] Tibursky, Y, Pidlisniuk, V, Soltyshyk, U, Stefanovskaya, T., Kalinichenko, I. (2006) *Krok perstij: ekologichne zemlerobstvo [Step one: ecological agriculture]* Ecological agriculture: steps towards: Guidance. Publishing house of National Agrarian University [in Ukrainian].
[10] Saiko, V, (1999). *Zemlerobstvo XXI stolittia: problem ta stliahy vyristenia. [Agriculture of the XXI Century: Problems and Solutions],* Sb. sciences Works of the Institute of Agriculture UAAS. [in Ukrainian].
[11] Chabanniy, V. (2008). *Palivno-mastilni materialy, tehnichni ridyny ta sistemy ih zabezpechenia [Fuel and lubricants, technical fluids and systems of their provision]* Kirovograd: Central Ukrainian Publishing House [in Ukrainian].

ПУТИ ОЧИСТКИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ РАБОТЫ МАШИННО – ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

В статье рассмотрены преимущества и недостатки различных видов топлив, разработан способ очистки альтернативного топлива для сельскохозяйственных машин, а именно повышение содержания метана в топливной смеси дизель - газа, как альтернативного топлива для машинно - тракторных агрегатов. Предлагаемый способ приводит к сравнительно небольших потерях метана до 0,06%. Когда система работает при стандартном давлении, потребление энергии составляет менее 0,04 кВт ч / м^3, что дает системе возможность работать крайне экономично. Топливный газ как побочный продукт, может найти хорошее применение для нагрева биореактора.

Очищенный биогаз (содержание метана 97,7% по объему). Содержание метана может быть еще увеличено последующим охлаждением.

Изобретение позволяет увеличить выход метана и снизить потребление энергии.

Работа содержит 6 формул, 1 рисунок и 12 литературных источников.

Ключевые слова: альтернативное топливо, машинно - тракторный агрегат, биогаз, дизельный двигатель, метан.

Ф. 6. Рис. 1. Лит. 11.

WAYS OF ALTERNATIVE FUEL CLEANING FOR MACHINE TRACTOR UNIT

Advantages and disadvantages of various types of fuels are considered in the article; the method of cleaning alternative fuel for agricultural machines is developed, namely, the increase of methane content in the fuel mixture of diesel - gas as an alternative fuel for machine - tractor aggregates. The proposed method results in relatively small losses of methane to 0.06%. When the system operates at standard pressure, power consumption is less than 0.04 kWh / m^3, which gives the system the ability to work economically. The fuel gas produced as a by-product can be good for heating a bioreactor.

Purified biogas (methane content 97.7% by volume). The content of methane can be further increased by further cooling.

The invention allows increased methane output and lower energy consumption.

The work contains 6 formulas, 1 drawing and 12 literary sources.

Key words: alternative fuel, machine - tractor aggregate, biogas, diesel engine, methane.

F. 6. Fig. 1. Ref. 11.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Колесник Лідія Григорівна – аспірант Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: linak099@gmail.com)

Колесник Лидия Григорьевна – аспирант Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Винницкая область, 21008, Украина, e-mail: linak099@gmail.com)).

Kolesnik Lydia – Post-Graduate Student of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: linak099@gmail.com).