

А.П. МЕЛЬНИК, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»
С.Г. МАЛІК, інженер, НТУ «ХПІ»

ПАЛИВО З ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Розглянуто перспективи використання і запропоновано технологічну схему одержання біогазу з використанням відходів.

Perspective usage and technological scheme of biogas production with use of waste products have been observed.

Раніше [1] розглянуто перспективи одержання паливного газу з вітчизняної сировини за хімічними технологіями. Разом з тим відомо [2], що крім природного газу, нафти та вугілля паливо можна одержувати з різних органічних продуктів у вигляді біогазу, який утворюється при анаеробному бродінні органічних речовин у присутності бактерій класу метаногенів. Хіміком Х. Деві вперше в біомасі, яка розкладається, знайдено метан. Крім метану до складу біогазу можуть входити двоокис вуглецю, сірководень, аміак, що залежить від вихідного компонентного складу сировини. При відсутності в сировині сірко-азотовмісних компонентів, до складу біогазу входить 55-75 % об. метану, 25-45 % об. двоокису вуглецю з домішками сірководню та водню. Теплотвірна здатність 1 м^3 такого газу досягає 20-75 МДж/м³ [3], що еквівалентно 1,4 кВт електроенергії, 0,6 л бензину, 0,85 л етанолу чи 1,7 кг деревини. В оптимальних умовах з 1 м^3 реакційного об'єму одержують 1-2 м³ газу, а з 1 т різних видів рослин (листя, солома, трава, хвоя, відходи життєдіяльності тварин, людей і т.п.) можна одержувати 300-630 м³ біогазу з концентрацією метану $\approx 70 \%$, в тому числі з 1 т відходів рогатих тварин - 200-350 м³ з концентрацією метану $\approx 60 \%$ [4].

Сьогодні найбільше біогазу $\approx 18 \%$ від власних потреб виробляється в Данії, хоча перша біогазова установка була побудована в позаминулому столітті в Індії, а в минулому столітті такий газ використовувався у Лондоні. В Китаї та Індії розповсюджені приватні біогазові установки, кількість яких досягає ≈ 18 млн. і ≈ 4 млн., відповідно. Якщо у Європі $\approx 50 \%$ фабрик птиці використовують біогаз як пальне, то у Китаї $\approx 50 \%$ населення забезпечується біогазом. Відомо також, що біогазом замінюють природний газ в автотранспорті, зокрема в Китаї $\approx 60 \%$ автобусів працюють на біогазі, в Європі відмічається тенденція до зростання використання біогазу в цій сфері. В Україні відомі поодинокі приватні біогазові установки і не відомі технології, які могли б знайти широке застосування. Тому метою цієї роботи є створення технології і технологічної схеми одержання біогазу, яка могла б використовуватись як промисловими, так і приватними підприємствами.

При перетворенні органічних речовин в середньому з 1 кг можна одержувати 0,25 м³ метану, 0,16 м³ CO₂, 0,2 л води та 0,3 кг твердих залишків. При цьому відходи 1 корови забезпечують до 2 м³ газу/добу, свині - 0,2 м³/добу, птиці - 0,015

м³/добу. За передовими технологіями з 1 м³ реакційного простору одержують до 2 м³ газу, а з використанням відходів птиці – у 2 рази більше.

Одна з простих технологій одержання біогазу (див. рис.1), яка може використовуватись в індивідуальному господарстві чи промислового виробництва, полягає в тому, що зважену на вагах вихідну тверду сировину транспортером 1 чи ручним способом, а рідку сировину наливом подають в бункер 2, з якого вона поступає на дробарку (січкарню) і далі гвинтовим насосом (шнеком) вивантажується в метанатор 3. Рідку сировину можна зразу заливати в метанатор. При використанні, крім відходів тваринництва, інших органічних відходів, сировину в метанаторі прогривають гострою парою при температурі 70 °С впродовж години. Ступінь заповнення метанатору \approx 50 %. В метанаторі 3 відбувається бродіння при температурі 30-38 °С, в результаті чого через \approx 7 діб утворюється така кількість газу, яка забезпечує потреби споживача. Якщо використовується підігріта сировина, то газ утворюється значно швидше. Процес бродіння завершується через \approx 25 діб. Під час метанізації контролюють температуру, тиск, об'єм одержаного газу. Газ після метанатора спочатку поступає в абсорбційну колонку 7, де очищається від сірководню, потім - на вхід компресора 10. Для більш стабільної роботи компресора газ після колонки 7 доцільно збирати в проміжному газгольдері 4. У випадку вологого газу після колонки встановлюють осушувачі, до складу яких входять сепаратор 8 та абсорбер. Сепаратор також бажано встановити після компресора для додаткового видалення води. Компресором 10 газ нагнітається в газові балони, з яких подається в котел спалювання 13, в якому підігрівається вода для нагрівання приміщення або у газові плити. Частина газу після компресора К подають в метанатор для перемішування реакційної маси. Для підтримання необхідної температури в теплообмінник метанатору при необхідності передбачено подачу гарячої води з котла 13 насосом 16. Цим же насосом стимулюють циркуляцію води в системі підігрівання приміщення та в регенераторі 19 абсорбенту. Окремим насосом 17 чи вручну періодично абсорбент з колонки 7 подають в регенератор 19, в якому з абсорбенту за рахунок нагрівання водою з котла видаляють абсорбований газ. Абсорбент після регенератора подають в колонку абсорбції. Після того, як процес утворення газу закінчився, твердий осад вивантажують і завантажують нову порцію сировини в такій кількості, щоб вологість була не менше 90 %. Процес протікає ефективніше тоді, коли сировину завантажують щодобово. Твердий осад використовують як органічне добриво. В найбільш простому варіанті (1-3 приватних господарства) біогаз зразу збирають в газгольдері, з якого по трубі його подають в сепаратор, де відділяється сконденсована вода, а потім - в горілки плити, духовки, котла.

Більш ефективна технологія полягає в тому, що частину одержаного біогазу подають не в котел 13, а в газотурбінний двигун (автомобільний, тракторний двигун і т. п.) з генератором струму 15. Воду, яка охолоджує двигун, використовують для підтримання температури в приміщенні, а електроенергію використовують за призначенням. Коефіцієнт корисної дії такої технології може перевищувати 85 %. При використанні не досить якісного біогазу його якість

можна збільшувати змішуванням з природним газом, виходячи з того, що 1 м^3 біогазу рівноцінний $0,7 \text{ м}^3$ природного газу.

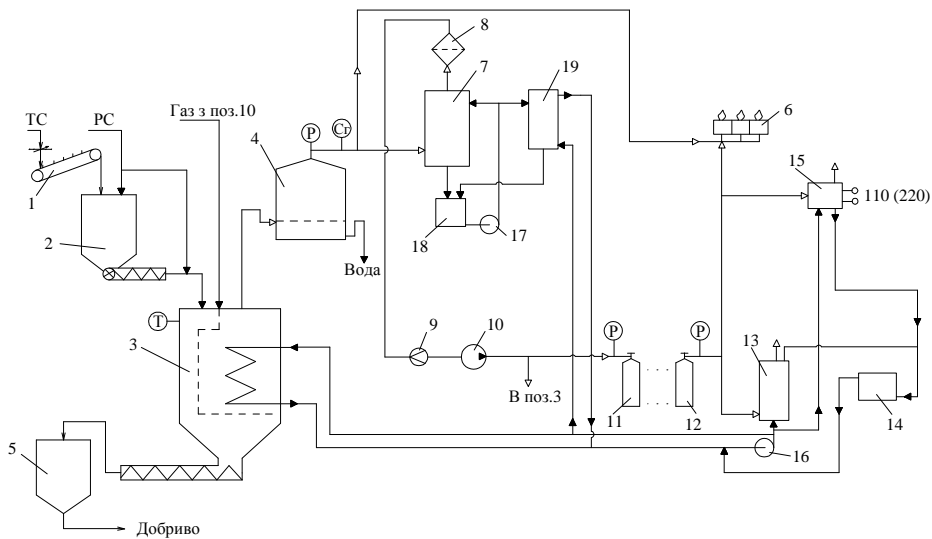


Рис. 1 – Технологічна схема одержання і споживання біогазу:

1 – транспортер; 2 – бункер сировини; 3 – метанатор; 4 – газгольдер; 5 – бункер відходів осаду; 6 – газові горілки; 7 – адсорбційна колонка; 8 – фільтр-сепаратор; 9 – лічильник газу; 10 – компресор; 11, 12 – система балонів; 13 – котел спалювання; 14 – система теплоспоживання; 15 – двигун-генератор; 16, 17 – насоси; 18 – бак абсорбенту; 19 – регенератор; ТС – тверда сировина; РС – рідка сировина, Сг – вимірювач концентрації CH_4 та H_2S .

Для оцінки кількості утворюваного газу використовують такі співвідношення: 1 корова \approx 5 телят \approx 6 свиней \approx 250 курок можуть забезпечувати $\approx 1,5 \text{ м}^3$ газу/добу.

Основним апаратом для здійснення технології є метанатор. Об'єм метанатору залежить від кількості утворюваного біогазу і може змінюватись від 10 м^3 - 25 м^3 для індивідуальних господарств до 500 м^3 і більше для тваринницьких ферм, птахофабрик, вівчарень, заводів по переробці міських відходів. У першому випадку розміри метанатора вибирають $2 \times 2 \times 2$ - 3 м або діаметром ≈ 4 м та глибиною 2 м, зовнішні стінки яких повинні бути ізольовані, наприклад землею для підтримання необхідної температури, особливо взимку. Внутрішні стінки повинні бути виготовлені з корозійно стійкого матеріалу чи покриті корозійно стійким матеріалом тому, що в процесі бродіння утворюються паралельно з метаном корозійно агресивні двоокис вуглецю та сірководень. Барботажна труба для перемішування і змійовик для підтримання температури можуть бути опущені через верхню горловину, якщо не має можливості забезпечити метанатор оболонкою. Такі метанатори можуть забезпечити потреби 1- 3 типових сільських садиб.

Промислові метанатори об'ємом 200 м^3 виробляють 150 - 240 м^3 біогазу в добу. Для забезпечення безперервності потрібно встановлювати 2 таких реактори, що крім того дозволяє одержувати подвійний об'єм біогазу. Для цього потрібно щоб на фермі було ≈ 35000 курей, ≈ 1500 свиней чи ≈ 200 корів. Необхідно підкреслити те, що з 1 м^3 робочого об'єму метанатора можна одержувати 5 м^3 (відходи корів) - 10 м^3 (відходи курей) біогазу з питомою теплотою згоряння

22900 – 27170 кДж/м³[5]. Використання суміші органічних речовин дозволяє одержувати більше біогазу, ніж з одного виду сировини. Тому як сировину також вигідно використовувати відходи цукрових заводів, до складу яких зокрема входять сірковмісні речовини.

З викладеного витікає те, що для того щоб створити виробництво біогазу потрібно: ємності сировини, транспортер, метанатор, насоси для завантаження сировини, газгольдер, теплообмінник для підігрівання, сепаратор для відділення води, компресор, балони для газу чи водогрійний котел чи двигун-генератор, абсорбер сірководню (для сірковмісної сировини), бак для осаду, труби металеві чи з пластику або резини, теплоізоляція, прилади для контролю тиску, температури, об'єму газу та концентрації метану, сірководню, вологи. Приміщення каркасного типу для розміщення обладнання. Залежно від продуктивності і призначення біогазу комплектність установки може бути відкорегована.

Висновки: 1. Розглянута технологія одержання біогазу з відходів тваринництва та органічної сировини і показано, що в залежності від сировини, крім метану, в ньому присутні діоксид вуглецю, волога, а в деяких випадках і сірководень. 2. Запропонована технологічна схема одержання біогазу, яка може бути використана як промисловими потужними, так і мілкими приватними підприємствами. 3. Приведено характеристику основного обладнання - метанатору та умови, при яких в ньому утворюється біогаз з концентрацією метану 55-75 % об. та 25-45 % об. діоксиду вуглецю.

4. Показано, що біогаз може бути використаний не тільки для одержання тепла, але й електричної енергії, що значно підвищує коефіцієнт корисної дії.

5. Надано перелік засобів контролю, які необхідні для здійснення технологічного процесу в оптимальному режимі.

Список літератури: 1. А. П. Мельник, Я. И. Сенишин. Перспективи одержання похідних вуглеводнів і паливного газу з вітчизняної сировини// Питання розвитку газової промисловості України.- Х.:УкрНДІгаз, 2007.- В 35.-С. 81-86. 2. Р. С. Gilcrease, G. W. Shur. Биогенный метан – энергоресурс будущего// Нефтегазовые технологии. -2008. -№3.-С.16-19. 2. Експлуатаційникові газонафтового комплексу. Довідник//В.В.Розгонюк, Л.А.Хачикян, М.А.Григіль. – Київ: Росток, 1998.-408 с. 3. А. Кулик. Биогаз: топливо будущего// Нефть и газ.- 2008.- №1.-С. 62-76. 4. А. К. Карапетьянц. Термодинамические величины неорганических и органических соединений. Справочник. М.: Химия, 1981.- 580 с.

Поступила до редколегії 29.10.2009

УДК 504.064.4

О. В. ШЕСТОПАЛОВ, аспірант, НТУ «ХП»

М. А. ЦЕЙТЛІН, доктор техн. наук, проф., НТУ «ХП»

В. Ф. РАЙКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХП»

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОСІДАННЯ ТВЕРДОЇ ФАЗИ В СОЛЯНІЙ КАМЕРІ ПІД ЧАС ЗАКЛАДКИ ЇЇ ВІДХОДАМИ

Наведені загальні закономірності процесів, які відбуваються в підземній камері вилуговування під час її закладки шламом. Визначено оптимальну глибину розташування