

Відходи цукрового заводу, як джерело енергії

О.О. Серьогін, професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри теоретичної механіки і ресурсощадних технологій», Національний університет харчових технологій

О.В. Василенко, аспірант, Національний університет харчових технологій

І.В. Федів, головний технолог, фірма «Букау-Вольф», Німеччина

У представленій статті обґрунтовано доцільність експлуатації біогазової установки на цукровому заводі. Передбачається за допомогою даної установки економити в межах 20-30% природного газу, який споживається цукровим заводом в період роботи. Крім того, запропоновано в якості теплоносія для обігріву біореактора використовувати зворотну воду, тим самим поліпшуючи режим роботи вакуум-конденсаційної установки.

Ключові слова: біогаз, метантенк, оборотна вода I категорії, жом

В представленной статье обоснована целесообразность эксплуатации биогазовой установки на сахарном заводе. Предполагается с помощью данной установки экономить в пределах 20-30 % природного газа, потребляемого сахарным заводом в период работы. Кроме того, предложено в качестве теплоносителя для обогрева биореактора использовать обратную воду, тем самым улучшая режим работы вакуум-конденсационной установки.

Ключевые слова: биогаз, метантенк, оборотная вода I категории, жом

In presented article is proved the expediency of operation of biogas unit at sugar factory. It is supposed by means of given of this biogas unit save within 20-30 % of the natural gas consumed by sugar factory in work. Besides, it is offered as the heat-carrier for bioreactor heating to use return water, thereby improving an operating mode vacuum-condensing unit.

Keywords: biogas, methane-tank, circulating water I categories, bagasse

В сучасних умовах складного стану енергетичної галузі, все більшого розмаху набуває застосування енергозберігаючих технологій та використання альтернативних джерел енергії. Вагомою складовою енергетичного потенціалу будь-якої країни являється використання енергії біомаси, яка стає ефективною економічно вигідною галуззю, що може конкурувати з енергетикою на викопному паливі. Беручи до уваги невпинний приріст цін на енергоресурси, все більше постає питання про використання саме альтернативних джерел енергії, які можна отримати з біомаси, тим паче Україна являється аграрною країною.

Одним з можливих напрямків використання біомаси в якості енергоносія, є отримання біогазу, який складається на 50-80% з метану. Отримання біогазу з органічних відходів дає можливість, на певному рівні, вирішувати одразу декілька проблем, що стоять перед АПК країни: енергетичну – отримання висококалорійного палива; агрохімічну – отримання екологічно чистого добрива; екологічну – утилізація органічних відходів які нагромаджуються в природі; фінансову – зниження витрат на утилізацію органічних відходів і придбання енергоносіїв. Переробляючи біомасу шляхом анаеробного зброджування отримуємо біогаз, спаливши який в котлах ТЕЦ цукрового заводу або в газодизель-генераторах, отримуємо електричну та теплову енергію, а також високоякісне, позбавлене домішок та патогенної мікрофлори органічне добриво, яке може бути використане на сільськогосподарських угіддях, що дозволить збільшити врожайність в 2-4 рази. Виробництво біогазу також дозволяє знизити викиди метану в атмосферу, зменшити використання хімічних добрив та знизити зараження ґрунтових вод.

За основу в біогазовій технології взято складні природні процеси біологічного розкладання органічних речовин в анаеробних умовах, тобто без доступу кисню. При цьому під дією біоценозу анаеробних бактерій відбуваються процеси, що супроводжуються вивільненням біогазу та мінералізацією органічних сполук з отриманням мінеральних форм азоту, калію та фосфору, що найбільш сприятливі для засвоєння рослинами, а також відбувається повне знищення патогенної мікрофлори. Процеси анаеробного бродіння відбуваються в спеціальних ємностях – метантенках (біореакторах) (рис.1.).

Також існує два технологічних режими протікання процесу анаеробного бродіння: термофільний (при 51-55 °С) та мезофільний (30-40 °С). При термофільному режимі реакція протікає вдвічі швидше і за рахунок вищої температури знищується більше патогенної мікрофлори, але він потребує значних,



Рис.1. Метантенк та реактор гідролізу

в порівнянні з мезофільним, енергозатрат та більшої точності регулювання параметрів протікання процесу. Мезофільний режим менш енергозатратний, та менш вибагливий до підтримання точності технологічних параметрів, але значно повільніший за швидкістю протікання реакції. А в результаті кількість газу на виході більша і якість отриманих біодобрив значно краща. При переробці органічної сировини в ректорах виділяється суміш газів, і у вигляді бульбашок піднімається догори в метантенку, після чого біогаз відбирається з метантенка і вже придатний для простого спалювання. Причому, для стабільного протікання процесу, суміш в біореакторі постійно перемішується.

Перспективним, з огляду на постійно зростаючу вартість природного газу, є застосування даної технології на цукрових заводах України. Оптимальною сировиною, в умовах цукрового заводу, для застосування даної технології є жом. З енергетичної точки зору буряковий жом має достатній потенціал – за даними досліджень з 1 тонни жому вологістю 75-82% можна отримати 100 м³ біогазу, звичайно в реальних умовах ця цифра буде дещо меншою, але достатньою для того щоб вважати застосування даної технології ефективною. Приміром з 1 тонни гною ВРХ вологістю 84-87% можна отримати 60 м³ біогазу, а установки з метанування даного типу відходів вже досить давно працюють в усьому світі і в Україні також. Звичайно ж постає питання про доцільність утилізації жому таким шляхом і тут можна сказати з впевненістю, що даний шлях є одним з найоптимальніших. За часів СРСР весь жом з цукрових заводів відвозили на годівлю худобі, в пострадянські часи частину жому забирали фермерські господарства, але з розвитком тваринництва останнім часом з'явилися ефективніші та досконаліші комплексні корми, які потіснили жом з ринку кормів для тварин. В зв'язку з неможливістю збувати жом, цукрові заводи вимушені зберігати його на відкритих площах, що тягне за собою додаткові витрати на оренду земель та транспортування жому на ці площі. Розглядаючи цей стан з екологічної точки зору з впевненістю можна говорити про тотальне забруднення навколишнього середовища – ґрунти, що на них довгий час зберігався жом стають не придатними для землеробства, в ґрунтові води потрапляють шкідливі речовини а в повітря вивільняється метан, який згубно діє на атмосферу.

При метануванні жому на цукровому заводі можна використати біомасу вловлених легких домішок з мийного відділення заводу та бой буряків і хвостики після класифікатора. Додавання цих відходів може позитивно вплинути на вихід біогазу, але тільки при дотриманні чіткої технології дозування та керованості кислотності та РН субстрату в метантенку, тому що вони мають більший, в порівнянні з жомом, енергетичний потенціал (з 1 тонни бадилля та хвостиків буряків можна отримати 200 м³ біогазу).

Нижче приведено концептуальний розрахунок біогазової установки для цукрового заводу з продуктивністю по буряків 5000 тонн/добу.

Важливим фактором для розрахунку являється вміст сухих речовин в сировині. Згідно проведених лабораторних досліджень в жом переходить близько 0,05 кг сухих речовин з 1 кг буряків, також відомо, що пресований жом має 18 – 25% сухих речовин. Отже із 1 кг буряків ми отримуємо пресованого жому:

$$m_{\text{прес.жому}} = \frac{m_{\text{сух.реч}}}{\%_{\text{сух.реч}}} \cdot 100 = \frac{0,05}{21} \cdot 100 = 0,238\text{кг.}$$

Звідси обраховуємо масу пресованого жому, що утворюється за добу:

$$m_{\text{прес.жому}}^{\text{добова}} = m_{\text{прес.жому}} \cdot N^{\text{добова}} = 0,238 \cdot 5000000 = 1190000\text{кг.} = 1190\text{т.}$$

Також в якості сировини для біогазової установки може бути використано бурякове бадилля та хвостики. На заводі продуктивністю 5000 тонн/добу за добу накопичується близько 50 – 60 тонн бурякового бадилля та хвостиків.

Знаючи масу та енергетичний потенціал (вихід біогазу: з 1 тонни жому – 100 м³, з 1 тонни суміші хвостиків і бадилля – 200 м³) всіх складових сировини для біогазової установки – можемо розрахувати вихід біогазу при роботі біогазової установки в штатному режимі:

$$W_{\text{пресжому}}^{\text{добовий}} = m_{\text{пресжому}}^{\text{добова}} \cdot G_{\text{пресжому}} = 1190 \cdot 100 = 119000 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

$$W_{\text{хвостиків+бадилля}}^{\text{добовий}} = m_{\text{хвостиків+бадилля}}^{\text{добова}} \cdot G_{\text{хвостиків+бадилля}} = 50 \cdot 200 = 10000 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Сумарний добовий вихід біогазу з установки становитиме:

$$\Sigma W^{\text{добовий}} = W_{\text{пресжому}}^{\text{добовий}} + W_{\text{хвостиків+бадилля}}^{\text{добовий}} = 119000 + 10000 = 129000 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Принципова схема біогазової установки зображена на **рис.2**.

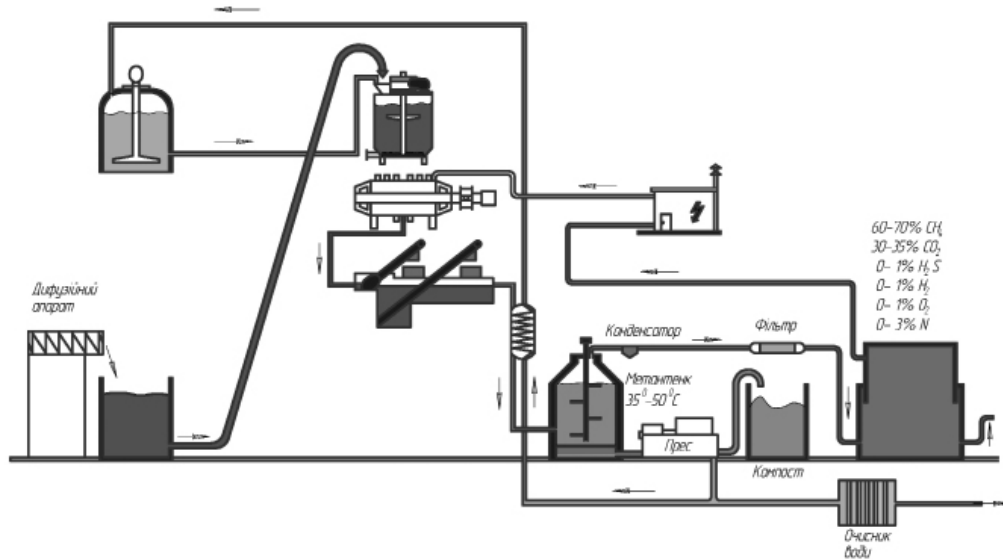


Рис.2. Принципова схема роботи біогазової установки

З дифузійного апарату жом транспортером потрапляє в збірний бункер, після цього транспортерами подається на зважування і подрібнювання. Подрібнені жом, хвостики і бадилля змішуються в гідролізованому реакторі і подаються в ферментатор. Економічно вигідно використати тепло самого жому для обігріву метантенка. Це тепло використовується також для обігріву мішалки-подрібнювача жому перед подачею. Після цього суміш розділяється на дві частини і подається на дві лінії ферментаторів (**рис.3**), які працюють паралельно, кожна лінія містить декілька ферментаторів, з розрахунку 2 кг сухих речовин на 1 м³ ферментатора на протязі доби, підтримуючи при цьому рН на рівні 6,8.



Рис.3. Батарея ферментаторів



Рис.4. Газгольдер

Після завершення процесу ферментації осад зневоднюють та складують – це і є добриво. Газ направляють у газгольдер (**рис.4**), де підтримують постійний тиск. Передбачають факел у випадку різкої зміни тиску. Отриманий біогаз має приблизно такий хімічний склад: CH₄-60-80%, CO₂-20-40% та >1% H₂S, H₂, O₂, N (процентний вміст CH₄ залежить від якості сировини та дотримання параметрів технологічного процесу). Після газгольдера газ проходить сушку, для конденсації водного пару, що міститься в біогазі, і доводять до тиску близько 1,4-1,6 атм., при цьому охолодивши його до температури 25 °С. Далі газ направляють на котли або когенераційну установку. Для безпосереднього спалювання газу в існуючих котлах їх пальники адаптують під біогаз, врахувавши процент метану, та провівши режимну наладку на даному виді палива.

Слід звернути увагу, що цукрові заводи мають сезонний режим організації роботи (90-120 днів), але це питання піддається вирішенню. Найпростішим варіантом є використання біогазової установки

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ & ІННОВАЦІЇ

тільки під час виробничого сезону і спалювання всього отриманого біогазу в котлах підприємства, це дозволить економити кошти на енергоносіях для виробничих потреб. Але даний варіант є неефективним, оскільки від часу завантаження метантенка субстратом до початку вивільнення біогазу проходить близько 26-28 днів (період адаптації біоценозу бактерій), і за короткий період виробничого сезону на цукровому заводі установка виявиться недостатньо рентабельною. Іншим варіантом є експлуатація біогазової дільниці на протязі всього року. Цього можна досягнути за рахунок силосування жому та використання його упродовж довшого часу, не менш як 6 місяців в році. Також можлива поступова адаптація процесу для метанізації енергетичних культур чи органічних відходів з фермерських господарств чи аграрних підприємств у вигляді гною тварин, силосу кукурудзи та ін. після закінчення виробничого сезону заводу.

Виходячи з середньої річної тривалості виробничого сезону близько 100 днів – можна підрахувати кількість біогазу яку можна отримати за період роботи біогазової дільниці:

$$\Sigma W^{\text{сезонний}} = \Sigma W^{\text{добовий}} \cdot (T^{\text{сезону}} - T^{\text{поч.}}) = 129000 \cdot (100 - 28) = 9288000 \text{ м}^3 / \text{сезон}$$

Цей варіант розрахунку справедливий для роботи біогазової установки лише на протязі виробничого сезону.

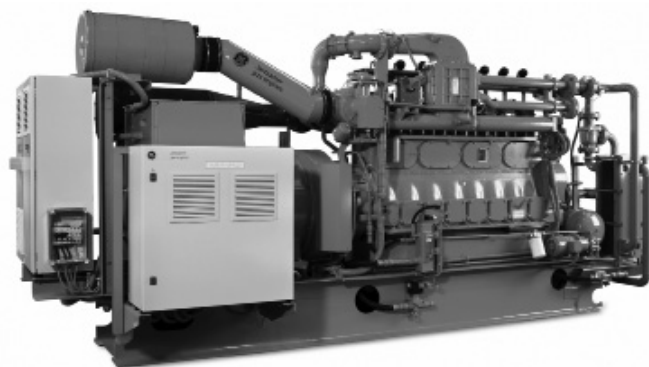


Рис.5. Когенераційна установка

Для продуктивної роботи біогазової дільниці, більш ефективного застосування біогазу, необхідно спалювати підсушений та очищений біогаз в когенераційній установці (рис.5.), виробляючи електричну та теплову енергію. В залежності від вмісту метану з 1 м³ біогазу можна отримати від 1,7 до 2,1 кВт електроенергії, а також 2,5-3,1 кВт теплової енергії, яку можна використати на потреби підприємства.

При наявності залишкового тепла та електроенергії їх можна подавати в зовнішні мережі, наприклад для централізованого опалення району міста в якому розміщено цукровий завод.

Маючи обсяги виробництва біогазу на протязі виробничого сезону, легко підрахувати об'єми енергоносіїв, які можна отримати після його спалювання в когенераційній установці:

$$N^{\text{ел.ен.}} = \Sigma W^{\text{сезон}} \cdot 1,9 = 9288000 \cdot 1,9 = 17,64 \text{ ГВт}$$

$$N^{\text{тепл.ен.}} = \Sigma W^{\text{сезон}} \cdot 2,8 = 9288000 \cdot 2,8 = 26,00 \text{ ГВт}$$

Слід зауважити, що саме по собі виробництво біогазу потребує певних енергетичних затрат, наприклад, на підігрів біореактора чи інших технологічних резервуарів, електроенергії для роботи транспортерів і мішалок.

Економічно доцільно було би використання для обігріву метантенку оборотної води цукрового заводу, враховуючи, що низько потенційне тепло останньої майже не використовується у технологічній схемі, «гріючи» лиш атмосферу.

На цукрових заводах, обладнаних вакуум – конденсаційними установками, використовується чиста річкова і оборотна вода. Контури оборотного водопостачання забезпечують часткове охолодження оборотної води в багатосекційних вентиляторних градирнях. Недостатнє охолодження оборотної води призводить до необхідності збільшувати кількість циркулюючої води і продуктивність перекачувальних насосів.

Сама по собі оборотна вода має достатній потенціал для підігріву біореактора, вона має температуру 30-40 °С та її витрата для заводу потужністю 5000 тонн буряків на добу складає 1800 м³/год. При охолодженні такої кількості води від температури 40°С до 20°С виділяється близько 6,5 МВт теплової енергії. Тому впродовж всього сезону роботи установки і цукрового заводу тим самим економиться витрата біогазу на власні потреби. Також оборотну воду можна використати на підігрів гідролізного реактору та приймального резервуару, де потрібно підтримувати нижчу робочу температуру 25-28 °С та 25 °С відповідно.

При проектуванні теплообмінника для ферментаторів необхідно також передбачити їх самоочистку перемішувачем. Використання оборотної води дозволить зекономити близько 3-5% біогазу,

енергія від спалювання якого використовувалась на підігрів технологічного обладнання та направити її на потреби цукрового заводу.

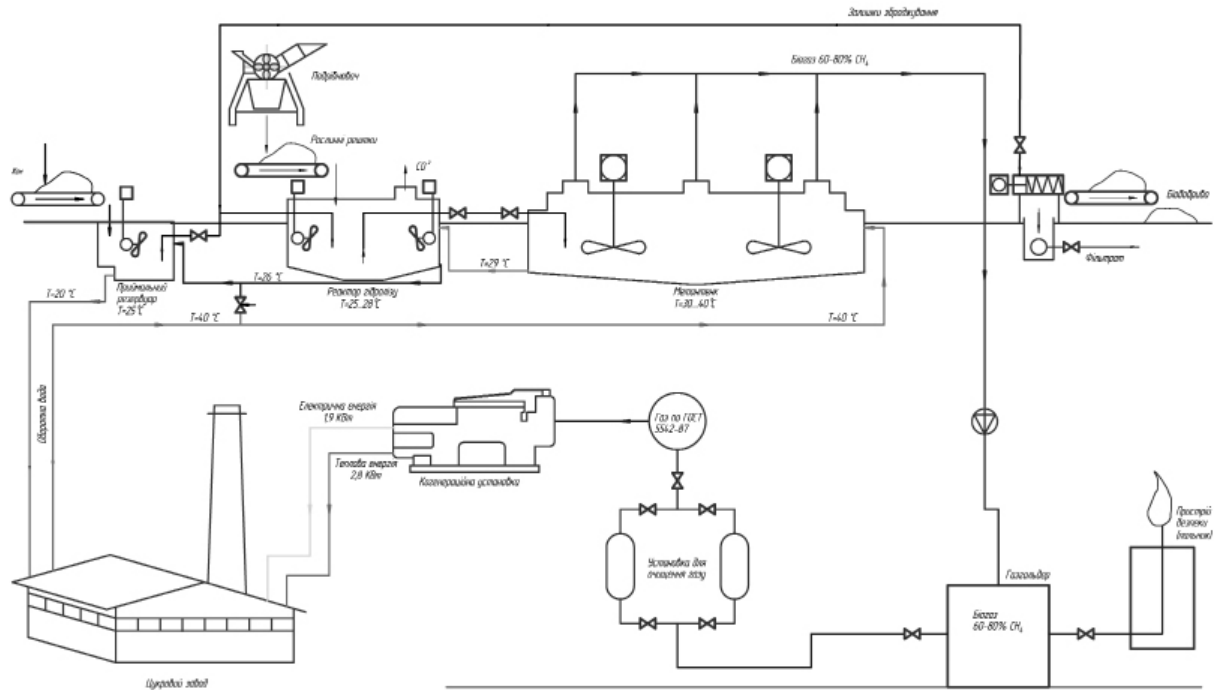


Рис.6. Концептуальна схема біогазової установки на цукровому заводі з використанням низько потенційного тепла для підігріву технологічного обладнання

Використання біогазової технології в умовах цукрового заводу є економічно привабливим проектом. За розрахунками та проведеними дослідженнями на аналогічних працюючих установках можна розраховувати на економію природного газу в районі 20-30% під час виробничого сезону. Окрім того, підприємство зможе отримувати додаткові прибутки від реалізації біодобрив, а при роботі установки на протязі всього року ще й від реалізації електроенергії та теплоносіїв. Затрати на будівництво біогазової установки будуть відрізнятися в залежності від продуктивності підприємства, а термін окупності становитиме від 2 до 5 років. Застосування запропонованого методу підігріву метантенка з використанням низькопотенційного тепла оборотної води дозволить додатково охолоджувати оборотну воду, покращуючи режим роботи вакуум-конденсаційної установки. Застосування такої технології в масштабах цукрового підприємства дозволить вирішити низку економічних, енергетичних та екологічних проблем та покращити рентабельність всього виробництва.

Список використаних джерел:

1. Баадер В., Доне Е., Брендерфер М. Биогаз: Теория и практика. (Пер. с нем.) – М. Колос, 1982. – 148с.
2. Ткаченко С.Й. Моделирование интенсивности теплообмена до многокомпонентных органических смесей / С.Й. Ткаченко, Н.В. Резидент // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2005. - №6. - С. 187 - 193.
3. Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction. Dieter Deublein and Angelika Steinhauser Copyright © 2008 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim p.407-418
4. Ткаченко С.Й. Методичні основи моделювання системи термостабілізації реактора біогазової установки / Ткаченко С.Й., Степанов Д.В., Резидент Н.В. // Праці за матер. ІV всеукр. наук-техн. конф. «Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві». – Вінниця. – 2004. – С. 70–79.
5. Ратушняк Г.С. Інтенсифікація теплообміну та термостабілізація біореакторів / Ратушняк Г.С., Джеджула В.В. // Вісник ВПІ. – 2006. – № 2. – С. 26–31. – ISSN 1997–9266.
6. Ткаченко С.Й. Закономірності розподілу температурних напорів за умов локального газорідного омивання поверхні / Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Джеджула В. В. // Вісник ВПІ. – 2003. – № 4. – С. 42–45. – ISSN 1997–9266.
7. Серёгин А.А., Федив И.В., Василенко А.В. Биогаз из свекловичного жома как один из методов энергосбережения / Материалы научно-практической конференции «UKR-POWER» «Уход от газовой зависимости. Альтернативная и возобновляемая энергетика. Проблемы, перспективы, инвестиции» 15 - 16 марта 2011 г.
8. Серёгин А.А., Федив И.В. Метанизация свекловичного жома / Международной научно-технической конференции сахарников Украины «Свеклосахарная отрасль в условиях национального и мирового рынков» 22 – 23 марта 2011 г.