

УДК: 620.92

ОСНОВИ ЗАПУСКУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Любін М.В

Цуркан О.В

Токарчук Д.М

Вінницький національний аграрний університет

В статье рассмотрен принцип работы биогазовых установок и основы их запуска и эксплуатации. Предложена ориентировочная смета на изготовление биогазовых установок для малых, средних и больших фермерских хозяйств.

Principle of work of biogas plant and basis of their setting and exploitation is considered in the article. A reference estimate on building of biogas plants for small, middle and large farmer economies is offered.

Постановка проблеми

Сільське господарство України зараз зазнає великих труднощів, пов'язаних зі зниженням родючості земель, високими цінами на паливо і добрива, погіршенням стану навколишнього середовища і низькою купівельною спроможністю сільського населення. Виходом із замкнутого кола цих проблем може стати впровадження в господарства біогазових технологій.

Переробка сільськогосподарських відходів: гною тварин, городнього бадилля, рослинних і харчових відходів на біогазових установках може забезпечити господарство біогазом, який можна використовувати в будь-яких побутових газових приладах, а також високоефективними органічними біодобривами, застосування яких збільшить продуктивність земель на 10-30%.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженню і світових і вітчизняних тенденцій розвитку біоенергетики в цілому та виробництва біогазу зокрема, вивченню технологічних та організаційно-економічних аспектів отримання біогазу з різних видів сировини присвячені наукові праці таких вчених як Гелетухи Г.Г., Демчака І.М., Долінського А.А., Железної Т.А., Жовнір М.М., Калетніка Г.М., Кернасюка Ю.В., Кобця М.І., Коненченкова А.Є., Лісничого В.М. та інших.

Формування цілей статті

Метою статті є розробка рекомендацій по конструкції біогазових установок, основам їх запуску і експлуатації, а також розробка орієнтовного кошторису на їх побудову.

Виклад основного матеріалу дослідження

Біогазова установка, як правило, є герметично закритою ємкістю, в якій при певній температурі відбувається зброджування органічної маси відходів, стічних вод і т.п. з утворенням біогазу [1].

Принцип роботи всіх біогазових установок однаковий: після збору і підготовки сировини, що полягає в доведенні її до потрібної вологості в спеціальній ємкості, вона подається в реактор, де створюються умови для оптимізації процесу переробки сировини.

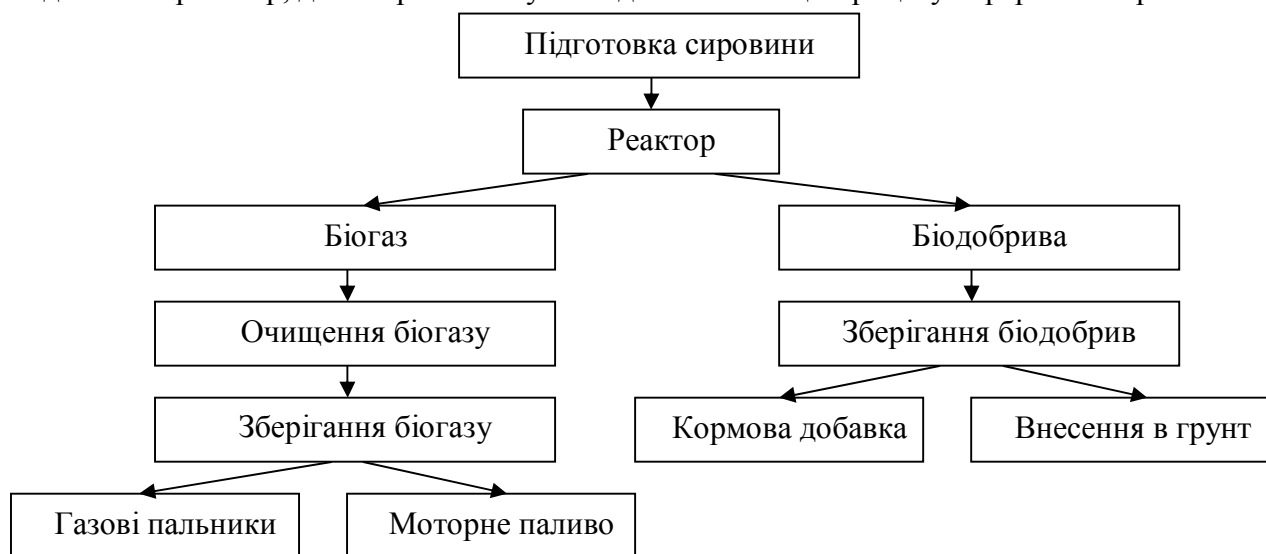


Рис. 1. Схема переробки органічних відходів на біогазових установках

Сам процес отримання біогазу і біодобрива з сировини називають ферментацією, або зброджуванням. Зброджування сировини проводиться за рахунок життєдіяльності особливих бактерій. Під час зброджування на поверхні сировини з'являється кірка, яку потрібно руйнувати, перемішуючи сировину. Перемішування здійснюється вручну, або за допомогою спеціальних пристроїв усередині реактора і сприяє вивільненню біогазу, що утворився з сировини [2,3].

Отриманий біогаз після очищення збирається і зберігається до часу використання в газгольдері. Від газгольдера до місця використання в побутових та інших приладах біогаз проводять по газових трубах. Перероблена в реакторі біогазової установки сировина, що перетворилася на біодобрива, вивантажується через вивантажувальний отвір і вноситься в ґрунт, або використовується як кормова добавка для тварин.

Існує багато різних конструкцій біогазових установок. Їх розрізняють по способу завантаження сировини, зовнішньому вигляду, по складових частинах конструкції і матеріалах, з яких вони споруджуються [1,2,3,4].

По методу завантаження сировини виділяють установки порційного і безперервного завантаження, які відрізняються часом зброджування і регулярністю завантаження сировини. Найбільш ефективними з погляду вироблення біогазу і отримання біодобриг є установки безперервного завантаження [4].

За зовнішнім виглядом установки розрізняються залежно від способу накопичення і зберігання біогазу. Газ може збиратися у верхній твердій частині реактора, під гнучким куполом, або в спеціальному газгольдері, плаваючому, або що стоїть окремо від реактора.

Для малих і середніх фермерських господарств пропонується установка (рис. 2) з можливістю переробки від 0,3 до 1,5 тонн сировини на добу. Об'єми реакторів – від 5 до 25 м³.

Завантаження і перемішування сировини механізовані і проводяться за допомогою

пневматичної системи. Підігрів сировини в реакторі біогазової установки проводиться за допомогою теплообмінника з водонагрівальним казаном, що працює на біогазі. Трубопровід вивантаження сировини має розгалуження для збору біодобрив в сховищі і для завантаження в транспортні засоби для вивозу на поле.

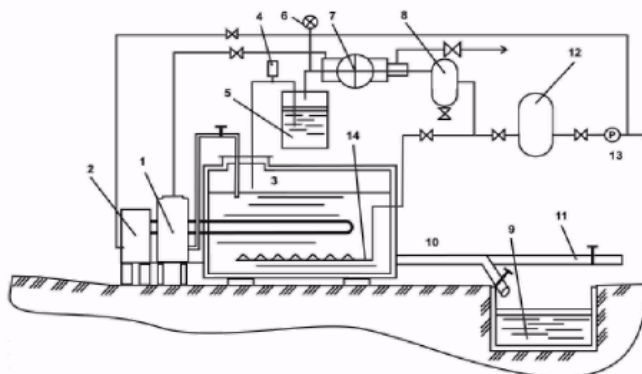


Рис. 2. Схема фермерської біогазової установки з газгольдером, ручною підготовкою і пневматичним завантаженням і перемішуванням сировини, з підігрівом сировини в реакторі

- 1 – бункер завантаження сировини; 2 – водонагрівальний казан, 3 – реактор;
4 – запобіжний клапан; 5 – водяний затвор; 6 – манометр електроконтактний;
7 – компресор; 8 – ресивер; 9 – сховище для біодобрив; 10 – вивантаження сировини;
11 – відведення труби для завантаження в транспорт; 12 – газгольдер; 13 – редуктор газовий; 14 – перемішуючий пристрій.

Пристрій цієї біогазової установки (рис. 2) передбачає ручну підготовку і пневматичне завантаження сировини в реактор, частину виробленого біогазу використовується для підігріву сировини в реакторі. Перемішування проводиться біогазом.

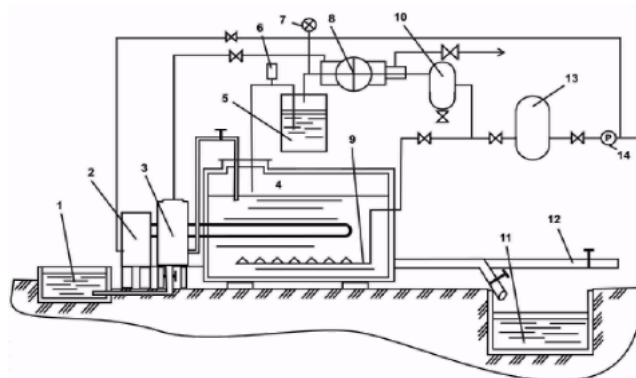


Рис. 3. Схема фермерської біогазової установки з газгольдером, механічною підготовкою і пневматичним завантаженням і перемішуванням сировини з підігрівом сировини в реакторі

- 1 – приймач гною; 2 – водонагрівальний казан; 3 – бункер завантаження;
4 – реактор; 5 – водяний затвор; 6 – запобіжний клапан; 7 – манометр електроконтактний; 8 – компресор; 9 – мішалка газова; 10 – ресивер; 11 – сховище для біодобрив; 12 – відведення труби для завантаження в транспорт;
13 – газгольдер; 14 – редуктор газовий.

Для середніх і крупних селянських господарств пропонується біогазова установка (рис. 3), відмітною особливістю якої є наявність спеціальної ємкості для підготовки сировини, звідки вона подається за допомогою компресора в бункер завантаження, а потім, за допомогою стислого біогазу – в реактор установки. Для роботи системи обігріву використовується частина біогазу, що виробляється. Установка забезпечена автоматичним відбором біогазу і газгольдером для його зберігання. Наявність системи обігріву дозволяє експлуатувати біогазову установку у всіх режимах зброджування. Відбір біогазу проводиться автоматично. Біогаз зберігається в газгольдері. Установка може працювати в будь-якому температурному режимі зброджування сировини.

Стабільна щоденна робота біогазової установки вимагає високого рівня дисципліни обслуговуючого персоналу для отримання великих об'ємів біогазу і біодобрив і довгої служби установки. Багато проблем трапляються через помилки в експлуатації.

Таблиця 1.

Кошторис на виготовлення фермерських біогазових установок з газгольдером, механічною підготовкою, пневматичним завантаженням і перемішуванням сировини, з підігрівом сировини в реакторі (див. рис. 2 і 3)

	Найменування	тис. грн.					
		5м ³	10м ³	15м ³	25м ³	50м ³	100м ³
1	Реактор	3,73	7,75	11,97	19,01	31,13	63,38
2	Газгольдер	1,76	3,52	4,93	5,63	8,45	16,90
3	Компресор	3,17	4,23	6,34	6,34	11,97	15,49
4	Матеріали для обв'язування реакторів, газгольдера, подаючого, перемішуючого і нагрівуючого пристроїв	2,46	3,94	5,14	6,41	9,86	19,01
5	Приймальний бункер	0	0,85	0,98	1,06	1,55	1,83
6	Пристрій для подачі сировини	1,55	1,97	2,95	2,95	3,66	3,66
7	Пристрій для анаеробного перемішування	0,49	0,56	0,63	0,70	1,34	1,90
8	Нагрівуючий пристрій	2,46	3,80	5,63	6,34	9,86	17,61
9	Пристрій стабілізації	0,21	0,28	0,35	0,49	0,85	1,48
10	Пристрій для контролю рівня, температури, тиск в реакторах	0,98	0,98	1,06	1,13	1,48	2,82
11	Автоматичний відкачувальний пристрій	0,85	1,06	1,20	1,20	1,20	1,20
12	Запобіжних пристроїв (рівень бункера подачі, тиск в реакторах і газгольдері)	0,70	0,77	0,85	0,85	1,06	1,69
13	Шафа управління	1,06	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
14	Допоміжних матеріалів	1,76	2,25	0,92	3,52	6,34	11,27
15	Заробітна плата	10,56	13,38	16,90	20,42	36,62	60,56
	Разом	31,68	46,76	61,27	77,46	126,78	220,21

* У даний кошторис не включені транспортні витрати, витрати на загальнобудівельні роботи і податкові відрахування.

Часто такі проблеми можуть бути зведені до мінімуму шляхом:

- вибору простої конструкції установки, адаптованої до місцевих кліматичних умов і наявної сировини;
- використання високоякісних матеріалів і приладів;
- хорошого навчання персоналу і отримання консультацій професіоналів по

експлуатації установки.

Розглянемо детальніше основи запуску та експлуатації біогазових установок.

Етап підготовки включає перевірку герметичності реактора і газової системи. Для цього до газової системи підключається водяний манометр, перекриваються всі крани для того, щоб надмірний тиск повітря в реакторі можна було заміряти манометром. Для цього реактор заповнюється водою до робочого рівня. Надмірне повітря витіснитиметься через запобіжний клапан. Після цього фіксують показники манометра і залишають заповнений водою реактор на добу. Якщо після закінчення доби показники манометра не змінилися або змінилися не на багато, то можна вважати, що газова система і реактор мають достатню герметичність. При втраті тиску в реакторі і газовій системі необхідно відшукати і усунути причини.

Роботи по запуску біогазової установки можуть бути розпочаті тільки тоді, коли установка в цілому і її елементи будуть визнані придатними до експлуатації і відповідатимуть вимогам безпечної експлуатації.

Первинне завантаження нової біогазової установки повинне, якщо можливо, складатися з відпрацьованої сировини з іншої установки (близько 10%), або свіжого гною великої рогатої худоби, оскільки для успішної роботи потрібні штами метаноутворюючих мікроорганізмів, велика кількість яких міститься в свіжому гної ВРХ.

Довговічність і кількість початкової порції сировини мають сильний вплив на весь курс ферментації. Рекомендується поклопотатися про достатню кількість сировини ще до закінчення будівництва установки. При першому завантаженні можна розбавити недостатню кількість сировини великою кількістю води, зазвичай, для заповнення реактора на 2/3 об'єму.

Залежно від типу сировини, що використовується, потрібно пройти від декількох днів до декількох тижнів для виходу біогазової установки на стабільний рівень роботи. Після розбавлення сировини до отримання однорідної маси потрібної вологості її завантажують в реактор, який заповнюється не більше ніж на 2/3 внутрішнього об'єму. Об'єм реактора, що залишився, використовується для накопичення біогазу.

Завантажувана в реактор сировина не повинна бути холодною – її температура повинна наближатися до вибраної оптимальної температури зброджування.

Для оптимізації процесу зброджування можуть бути використані деякі відомі методи пуску:

- введення в реактор активної закваски від реактора, що нормально діє;
- додавання реагентів, таких як вапно, вуглекислий газ, луг та інші;
- заповнення реактора теплою водою і поступове додавання в неї гнойових стоків;
- заповнення реактора свіжими гнойовими стоками;
- заповнення реактора гарячими газами і поступове завантаження гнойових стоків.

Для забезпечення стійкого зростання мікроорганізмів в пусковий період нагрів завантаженої сировини повинен поступово збільшуватися не більше ніж на 2°C в добу з доведенням до 35-37°C. В процесі нагріву потрібно забезпечити інтенсивне перемішування сировини. Через 7-8 діб починається активна життєдіяльність мікроорганізмів в реакторі і виділення біогазу.

Період введення біогазової установки в робочий режим експлуатації називається пуско-налагоджувальним періодом і характеризується:

- низькою якістю біогазу, що містить близько 60% вуглекислого газу;
- сильним запахом біогазу;
- падаючим рівнем рН;
- непостійним виходом газу.

Перехід до робочого режиму експлуатації відбувається швидше, якщо сировина часто і інтенсивно перемішується. Якщо в процесі пуско-наладки стабілізація процесу зброджування затримується, потрібно додати в реактор невелику кількість гною ВРХ для відновлення балансу рН. Відразу після стабілізації процесу зброджування великий об'єм незбродженої сировини вироблятиме велику кількість біогазу. Після того, як рівень виробленого біогазу впаде до очікуваного, можна починати регулярне завантаження сировини.

Підготовку газгольдера для заповнення газом у складі модуля можна проводити тільки після приймання і випробування, відповідно до технічних умов і після огляду органами Держтехнагляду.

Щоб уникнути утворення вибухонебезпечної суміші до заповнення газгольдера газом необхідно, щоб зі всієї системи, у тому числі і з газопроводів, було витиснено повітря. Витиснення повітря проводиться водою з подальшим витісненням води газом під тиском або негорючими газами. Витіснення повітря вважається закінченим, якщо вміст кисню в пробі газу, взятій з газгольдера не перевищує 5 %.

Зовнішнім оглядом повинен бути перевірений стан контрольно-вимірювальних приладів, що входять до складу газгольдера (зворотний і запобіжний клапани, манометр, редуктор тиску). Надійність заземлення та захисту від блискавки газгольдера перевіряється за допомогою вимірника заземлення. Опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.

В період виходу біогазової установки на робочий режим експлуатації якість біогазу буде невисокою. З цієї причини, а також для запобігання вибухонебезпечній ситуації, пов'язаній із залишковим киснем, що міститься в газгольдерах, перші два добові об'єми біогазу повинні бути випущені в повітря. Як тільки біогаз стане займистим, він може бути використаний для цілей, що планувалися.

Для оптимальної експлуатації біогазових установок велике значення мають добова доза завантаження свіжого гною і періодичність її внесення. Доза завантаження – величина непостійна і залежить від виду сировини, температури зброджування і концентрації сухої речовини в сировині.

При малих дозах добового завантаження сировини, що не перевищують 1-5% об'єму реактора в добу, біогазу виділяється менше, ніж при великих дозах в 10-20%. Проте, при великих дозах щодобового завантаження вміст метану в біогазі скорочується, а вміст вуглекислого газу – збільшується.

Оптимальною дозою добового завантаження для установок з мезофільною температурою бродіння з погляду якості біогазу можна вважати 6-10% від повного об'єму завантажуваної сировини при тривалості зброджування 10-20 діб. Оптимальною дозою завантаження для термофільного режиму можна вважати 15-25% при тривалості бродіння від 4 до 8 діб. При використанні психофільного режиму зброджування рекомендується завантажувати не більше 2% при щодобовому додаванні нової сировини. Якщо використовується метод порційного завантаження, то реактор завантажується відразу на 2/3 і сировина переробляється без додавання свіжого гною протягом 40 і більше днів.

Добова доза повинна вноситися до реактора не цілком, а поступово рівними порціями через однакові проміжки часу 4-6 разів на добу. Після завантаження чергової порції рекомендується здійснювати перемішування сировини. Стан і робота перемішувальних пристроїв повинна перевірятися щоденно.

Про те, як протікає процес збродження сировини в реакторі, можна судити по інтенсивності виділення біогазу, а також за кольором збродженої маси на виході з реактора.

Відсутність біогазу або його слабе утворення свідчить про низьку активність мікроорганізмів і може бути виявлене по сірому кольору збродженої маси. Причиною цього може бути також нестача мікроорганізмів, що приводить до загасання процесу збродження, для відновлення якого потрібне введення живильних розчинів з хорошою концентрацією мікроорганізмів і, відповідно, з потенціалом хорошого газоутворення.

При надлишку живильних речовин можливе утворення кислот і зниження активності мікроорганізмів. Колір збродженої сировини в цьому випадку змінюється на чорний, а на його поверхні може утворитися біла плівка. Нейтралізувати кислоти можна введенням рослинного попелу або вапняної води. Якщо зброджена маса має темно-коричневий колір і при цьому на її поверхні утворюється піна, то можна вважати, що йде нормальний процес бродіння.

Особливою проблемою малих установок є закупорка отворів реактора. Це може привести до дуже великого тиску усередині реактора і закупорки газової труби. Для

запобігання цьому необхідно перевіряти рівень сировини і стан отворів установки щоденно.

Щотижневі і щомісячні операції включають:

- контроль водяних затворів;
- оновлення газових фільтрів;
- чищення купола в установках з плаваючим куполом;
- перевірка гнучких шлангів і труб на появу тріщин.

Щорічні операції:

- видалення кірки на поверхні сировини і осаду з дна реактора установки;
- вся установка і газова система повинні бути перевірені на герметичність і тиск.

При експлуатації біогазової установки потрібно звертати увагу на такі заходи техніки безпеки:

- Вдихання біогазу у великих кількостях протягом довгого часу може викликати отруєння, оскільки сірководень, що міститься в біогазі, дуже отруйний. Неочищений біогаз пахне тухлими яйцями, але після очищення немає ніякого запаху. Тому всі приміщення, де монтують побутові прилади, що використовують біогаз, потрібно регулярно провітрювати. Газові труби повинні регулярно перевірятися на герметичність і захищатися від пошкоджень. Виявлення витоків газу необхідно проводитися за допомогою мильної емульсії або спеціальними приладами. Застосування відкритого вогню для виявлення витoku газу забороняється.

- Біогаз в суміші з повітрям в пропорції від 5% до 15% за наявності джерела займання з температурою 600°C або більш може привести до вибуху. Відкритий вогонь небезпечний при концентраціях біогазу в повітрі більше 12%. Таким чином, забороняється куріння і розведення вогню біля установки. При проведенні зварювальних робіт відстань до газового устаткування повинна бути не менше 10 метрів. Після зливу сировини з біогазових установок для проведення ремонту реактор повинен провітрюватися, оскільки існує

небезпека вибуху суміші біогазу і повітря.

- Тиск газу, що подається по газопроводу до місця споживання, не повинен перевищувати 0,15 МПа (1,5 кг/см²), а перед побутовими приладами повинно бути не більш 0,13 кг/см². Реактор має бути оснащений засувками, гідрозаторами, які в випадку необхідності могли б відключити його від магістрального газопроводу біогазу. Реактор повинен мати клапан автоматичного скидання надмірного тиску в газовій системі у разі його підвищення понад норму.

- Електроустаткування, що використовується, повинно бути заземлене. Опір заземляючого дроту має бути не більше 4,0 Ом.

- Основними джерелами санітарної небезпеки є присутність в рідкому гної і гнойових стоках яєць гельмінтів, бактерій груп кишкової палички і іншої патогенної мікрофлори. Тому потрібно дотримуватися запобіжних заходів для запобігання зараження. Так, не рекомендується приймати їжу в приміщенні ферми і поряд з біогазовими установками.

- Реактор і сховище для біодобрив повинні бути побудовані так, щоб уникнути небезпеки падіння людини всередину.

Висновки

Розглянуто схему переробки органічних відходів на біогазових установках, принцип їх роботи та основи експлуатації. Запропоновано конструкції біогазових установок для фермерських господарств різних розмірів, що дасть змогу задовольнити потреби фермерів у паливі для побутових газових приладів та органічних біодобривах. Розроблений орієнтовний кошторис на побудову біогазових установок з газгольдером, механічною підготовкою, пневматичним завантаженням і перемішуванням сировини та з її підігрівом в реакторі.

Література

1. В. Дубровский, У. Виестур. «Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов» / В. Дубровский, У. Виестур. . – Рига, «Зинатне», 1988.
2. A. Wellinger «Trends in Biogas utilization in Austria, Germany and Switzerland» / A. Wellinger . – Nova Energie GmbH, Switzerland, 2004.
3. H. Werner «Economical and Environmental analysis of a biogas plant within a context of a real farm» / H. Werner et. al. – The Royal Veterinary and Agricultural University Denmark, 2004.
4. «How small bio-digesters can improve nutrient recycling in agriculture, reduce emissions of greenhouse gases and improve local energy services». – Prepared for IAC by ETC Energy, 2000.