

УДК: 628.92

Любін М.В.

Токарчук О.А.

Любин В.С.

Смалківський С.В.

(Вінницький національний аграрний університет)

АНАЛІЗ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПРОСТИХ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

В статье рассмотрены схемы простых биогазовых установок, которые можно построить в любом крестьянском хозяйстве. Рассмотрены выгоды от биогазовых установок, преимущества и недостатки разных вариантов.

The charts of simple biogas settings which can be built in any peasant economy are considered in the article. Benefits from biogas settings and advantages and lacks of different variants are considered.

Вступ

На подвір'ї будь-якого селянського господарства можна використовувати не тільки енергію вітру, сонця, але і біогазу.

Біогаз — газоподібне паливо, продукт анаеробного мікробіологічного розкладання органічних речовин. Сучасні розроблені технології включають отримання біогазу шляхом анаеробної ферментації відходів рослинництва і тваринництва, видобування його на полігонах твердих побутових відходів та очисних станцій.

Існує безліч варіацій отримання біогазу. Кустарний біореактор для власного домогосподарства, призначений для обігріву теплиці, постачання газом кухонної плити або роботи електрогенератора може обійтися в \$500-1000, а вартість установки для отримання біогазу в промислових масштабах може досягати сотні тисяч доларів.[1]

Постановка проблеми

Тим, хто захоче побудувати на подвір'ї малогабаритну біогазову установку, необхідно детально знати з якої сировини і за якою технологією можна отримати біогаз.

Біогаз отримують в процесі анаеробної (без доступу повітря) ферментації (розкладання) органічних речовин (біомаси) різного походження: пташиний послід, бадилля, листя, солома, стебла рослин і інші органічні відходи індивідуального господарства. Таким чином, біогаз можна отримати зі всіх господарський-побутових відходів, які мають здатність бродити і розкладатися в рідкому або вологому стані без доступу кисню. Анаеробні установки (ферментатори) дають можливість переробляти будь-яку органічну масу при протіканні процесу в дві фази: розкладання органічної маси (гідротація) і її газифікація.

Застосування органічної маси, що пройшла мікробіологічне розкладання в біогазових установках, підвищує родючість ґрунтів, врожайність різних культур на 10-50 %.

Біогаз, який виділяється в процесі складного бродіння органічних відходів, складається з суміші газів: метану («болотяного» газу) — 55-75 %, вуглекислого газу — 23-33 %, сірководню — 7 %. Метанове бродіння — бактерійний процес. Головна умова його протікання і виробництва біогазу - наявність тепла в біомасі без доступу повітря, що можна створити в простих біогазових установках. Установки нескладно спорудити в індивідуальних господарствах у вигляді спеціальних ферментаторів для зброджування біомаси.

Результати досліджень

У присадибному господарстві основною органічною сировиною для завантаження у ферментатор є гній.

На першому етапі завантаження в ємність ферментатора гною великої рогатої худоби тривалість процесу ферментації повинна бути 20 діб, свинячого гною - 30 діб. Більшу кількість газу отримують при завантаженні різних органічних компонентів в порівнянні із завантаженням лише одного компоненту. Наприклад, при переробці гною великої рогатої худоби і пташиного посліду в біогазі може міститися до 70 % метану, що значно підвищує ефективність біогазу як палива. Після того, як процес зброджування стабілізується, слід завантажувати сировину у ферментатор щодня, але не більше 10 % кількості маси, що переробляється в ньому. Вологість сировини, що рекомендується, влітку 92-95 %, взимку — 88-90 %.

У ферментаторі, разом з виробництвом газу, здійснюється знезараження органічних відходів від патогенної мікрофлори, дезодорування неприємних запахів, що виділяються. Отримуваний мул коричневого кольору періодично вивантажується з ферментатора і використовується як добриво.

Для підігріву маси, що переробляється, використовують тепло, яке виділяється при її розкладанні в біоферментаторі. При пониженні температури у ферментаторі знижується інтенсивність газовиділення, оскільки мікробіологічні процеси в органічній масі сповільнюються. Тому надійна теплоізоляція біогазової установки (біоферментатора) одна з найбільш важливих умов її нормальної роботи.

Для забезпечення необхідного режиму ферментації рекомендується змішувати гній, що закладається у ферментатор, з гарячою водою (бажано 35-40 °С). Втрати тепла необхідно зводити до мінімуму також при періодичному довантаженні і очищенні ферментатора. Для кращого обігріву ферментатора можна використовувати «тепличний ефект». Для цього над куполом встановлюють дерев'яний або легкий металевий каркас і покривають поліетиленовою плівкою. Якнайкращі результати досягаються при температурі сировини, яка зброджується, 30-32°C і вологості 90-95%. На півдні України біогазові установки можуть працювати ефективно без додаткового підігріву органічної маси у ферментаторі. У районах середньої і північної смуги частину отриманого газу необхідно витратити в холодні періоди року на додатковий підігрів зброджуваної маси, що ускладнює конструкцію біогазових установок. Можлива ситуація, коли після першого наповнення ферментатора і початку відбору газу останній не горить. Це пояснюється тим, що спочатку отриманий газ містить більше 60 % вуглекислого газу. В цьому випадку його необхідно випустити в атмосферу і через 1-3 дні робота біогазової установки відбудуватиметься в стабільному режимі.

При ферментації екскрементів від однієї тварини можна отримати за добу: великої рогатої худоби (жива маса 500-600 кг) — 1,5 м³ біогазу, свині (жива маса 80-100 кг) — 0,2 м³, курки або кроля — 0,015 м³.

За одну добу ферментації з гною великої рогатої худоби утворюється 36 % біогазу, а свинячого — 57 %. По кількості енергії 1 м³ біогазу еквівалентний 1,5 кг кам'яного вугілля, 0,6 кг гасу, 2 кВт/год електроенергії, 3,5 кг дрів, 12 кг гнойових брикетів.

Широкий розвиток біогазові технології отримали в Китаї, вони активно упроваджуються у ряді країн Європи, Америки, Азії, Африки. У Західній Європі, наприклад в Румунії, Італії, більше 10 років тому почали масово застосовувати малогабаритні біогазові установки з об'ємом сировини 6-12 м³, що перероблялася.

Малогабаритні біогазові установки. Власники присадибних і фермерських господарств в Україні теж почали виявляти цікавість до таких установок. На території будь-якої садиби можна обладнати одну з найбільш простих біогазових установок, які, наприклад, застосовуються в індивідуальних господарствах Румунії. Згідно приведених на рис. 1, розмірів обладнали яму 1 і купол 3. Яму облицьовували залізобетонними плитами завтовшки 10 см, які штукатурять цементним розчином і для герметичності покривають смолою. З

покрівельного заліза зварюють дзвін заввишки 3 м, у верхній частині якого скупчуватиметься біогаз. Для захисту від корозії дзвін періодично фарбують двома шарами масляної фарби. Ще краще заздалегідь покрити дзвін зсередини свинцевим суриком.

У верхній частині дзвону встановлюють патрубок 4 для відведення біогазу і манометр 5 для вимірювання його тиску. Газовідвідний патрубок 6 можна виготовити з гумового шланга, пластмасової або металевої труби.

Навколо ями-ферментатора влаштовують бетонну канавку-гідрозатвор 2, наповнену водою, в яку занурюють нижній борт дзвону на 0,5 м.

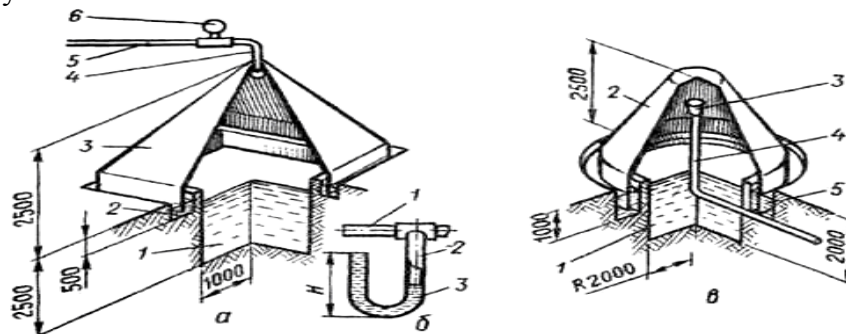
Подавати газ до кухонної плити можна по металевих, пластмасових або гумових трубках. Щоб взимку із-за замерзання води, що конденсується, трубки не розривало, застосовують нескладний пристрій (рис. 1, б): U-подібну трубку 2 приєднують до трубопроводу 1 в самій нижній точці. Висота її вільної частини повинна бути більше тиску біогазу (у мм. вод. ст.). Конденсат 3 зливається через вільний кінець трубки, при цьому не буде витоків газу.

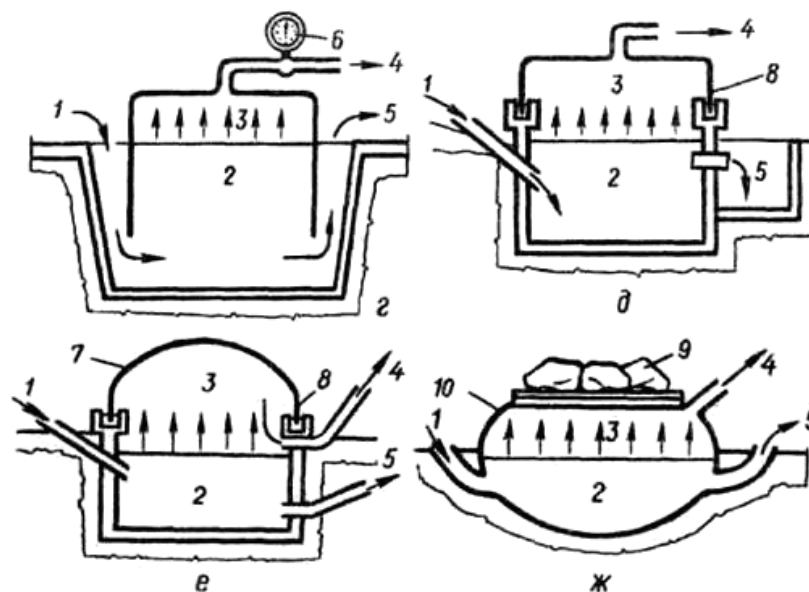
У другому варіанті установки (рис. 1, в) яму 1 діаметром 4 м завглибшки 2 м обкладають усередині покрівельним залізом, листи якого щільно зварюють. Внутрішню поверхню зварного резервуару покривають смолою для антикорозійного захисту. Із зовнішнього боку верхньої кромки резервуару з бетону влаштовують кільцеву канавку 5 завглибшки до 1 м, яку заливають водою. У неї вільно встановлюють вертикальну частину куполу 2, що закриває резервуар. Таким чином канавка із залитою в неї водою служить гідрозатвором. Біогаз збирається у верхній частині куполу, звідки через випускний патрубок 3 і далі по трубопроводу 4 (або шлангу) подається до місця використання.

У круглий резервуар 1 завантажують близько 12 м³ органічної маси (бажано свіжого гною), яка заливається рідкою фракцією гною (сечею) без додавання води. Через тиждень після заповнення ферментатор починає працювати. У даній установці ємкість ферментатора складає 12 м³, що дає можливість споруджувати її для 2-3 сімей, будинки яких розташовані недалеко. Таку установку можна побудувати на підвір'ї, якщо сім'я вирощує на підряді бичків або має декілька корів.

Конструктивно-технологічні схеми простих малогабаритних установок приведені на рис. 1, г, д, е, ж. Стрілками позначені технологічні переміщення початкової органічної маси, газу, мула. Конструктивно купол може бути жорстким або виготовленим з поліетиленової плівки. Жорсткий купол можна виконати з довгою циліндровою частиною для глибокого занурення в масу, що переробляється, «плаваючим» (рис. 1, г) або вставленим в гідравлічний затвор (рис. 1, д).

Купол з плівки можна вставити в гідрозатвор (рис. 1, і) або виготовити у вигляді цілносклеєного великого мішка (рис. 1, ж). В останньому випадку на мішок з плівки укладають вантаж 9, щоб мішок не дуже роздувався, а також для створення під плівкою достатнього тиску.





а) з пірамідальним куполом: 1 — яма для гною; 2 — канавка-гідрозатвор; 3 — дзвін для збору газу; 4, 5 — патрубок для відведення газу; 6 — манометр; б) пристрій для відведення конденсату: 1 — трубопровід для відведення газу; 2 — U-подібна труба для конденсату; 3 — конденсат; в) з конічним куполом: 1 — яма для гною; 2 — купол (дзвін); 3 — розширена частина патрубку; 4 — труба для відведення газу; 5 — канавка-гідрозатвор; г, д, е, ж — схеми варіантів простих установок: 1 — подача органічних відходів; 2 — ємкість для органічних відходів; 3 — місце збору газу під куполом; 4 — патрубок для відведення газу; 5 — відведення мула; 6 — манометр; 7 — купол з поліетиленової плівки; 8 — водяний затвор; 9 — груз; 10 — щільносклесний поліетиленовий мішок.

Рис. 1. - Схеми простих біогазових установок

Поширені в світі типи біогазових установок класифікуються по методах завантаження сировини, методах збору біогазу, по використаних для їх спорудження матеріалах, горизонтальному або вертикальному розміщенню реактора, підземної або наземної конструкції, а також по використанню додаткових пристроїв.

Методи завантаження. За методом завантаження сировини можна розрізнити два різних типи біогазових установок:

1. установки порційного завантаження повністю завантажуються сировиною, а потім повністю звільняються після певного часу переробки. Для такого типу завантаження підходять установки будь-якої конструкції і будь-який тип сировини, але такі установки відрізняються нестабільним виробництвом біогазу.

2. установки безперервного завантаження щодня завантажуються маленькими порціями сировини. При завантаженні нової сировини, рівна порція переробленого шламу вивантажується. Сировина, що переробляється в таких установках, повинна бути рідкою і однорідною. Виробництво газу стабільне і кількісно перевищує об'єм біогазу, що виробляється на порційних установках. Практично всі установки, які будуються зараз в розвинених країнах, працюють як установки безперервного завантаження.

Методи збору біогазу. Зовнішній вигляд біогазових установок залежить від вибраного методу збору біогазу.

Балонні установки є термостійким пластиковим або гумовим мішком (балон), в якому суміщені реактор і газгольдер. Труби для завантаження і вивантаження сировини кріпляться прямо до пластика реактора. Тиск газу досягається за рахунок розтяжності мішка і за рахунок додаткового вантажу, який лягає на мішок. Переваги такої установки - низька вартість, легкість переміщення, простота конструкції, висока для психофільного режиму температура бродіння, простота очищення реактора, завантаження і вивантаження сировини. Недоліки такої установки - короткий період

експлуатації (2-5 років), висока сприйнятливість до зовнішніх дій, мала можливість створення додаткових робочих місць [3].

Варіантом балонних установок є установки каналного типу, які зазвичай закриваються пластиком і оберігаються від прямого попадання сонячних променів. Такі установки часто використовуються в розвинених країнах, особливо при переробці стічних вод. Установки з м'яким верхом можуть бути рекомендовані до використання тоді, коли існує мала вірогідність пошкодження гумової оболонки реактора і коли температура навколишнього середовища досить висока.

Установки з фіксованим куполом складаються із закритого, куполоподібного реактора і вивантажувальної ємкості, також відомої як компенсуюча ємкість. Газ збирається у верхній частині реактора - куполі. Коли завантажується чергова порція сировини, перероблена сировина виштовхується в компенсуючу ємність. Із збільшенням тиску газу підвищується рівень переробленої сировини в компенсуючій ємкості.

Китайські установки з фіксованим куполом (рис. 2) є архетипом всіх подібних установок. Більше 12 мільйонів таких установок було побудовано і працює в Китаї [4].

Використання газу в побутових приладах ускладнюється змінами в тиску газу. Пальники і інші побутові прилади практично неможливо налагодити для оптимальної роботи. Якщо необхідний постійний тиск газу, рекомендується поставити регулятор тиску в реакторі або вибрати іншу конструкцію установки.

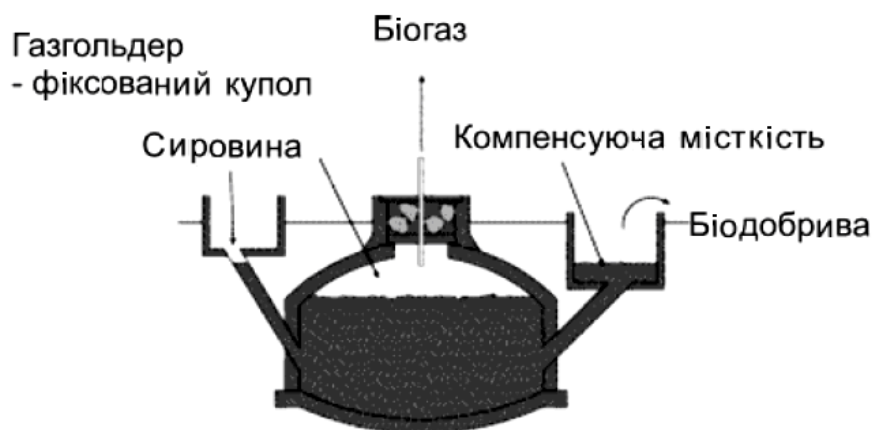


Рис. 2. - Установка з фіксованим куполом

Реактори установок з фіксованим куполом зазвичай є цегляними або бетонними ємкостями. Такі установки покриваються землею до вершини, наповненої газом, для стримання внутрішнього тиску (до $0,15 \text{ кг/см}^2$). По економічних причинах мінімальний розмір реактора, що рекомендується, — 5 м^3 . Відомі такі установки з об'ємами реакторів до 200 м^3 .

Газгольдером є верхня частина установки з фіксованим куполом (місце, де збирається газ), яка повинна бути герметична. Цегляна кладка і бетон негерметичні, тому ця частина установки повинна покриватися шаром речовини, що не пропускає газ (латекс, синтетичні фарби). Можливістю зменшити ризик тріщин в газгольдері є будівництво слабкого кільця в кладці реактора. Таке кільце є еластичним з'єднанням між нижньою (водонепроникною) і верхньою (газонепроникною) частиною півсферичної структури установки. Воно запобігає просуванню тріщин, що з'являються в зв'язку з гідростатичним тиском в нижніх частинах реактора, у верхню частину газгольдера.

Установки з плаваючим куполом складаються зазвичай з підземного реактора і рухомого газгольдера. Газгольдер плаває або прямо в сировині, або в спеціальній водяній кишені. Газ накопичується в газгольдері, який піднімається або опускається залежно від тиску газу (рис. 3). [6]

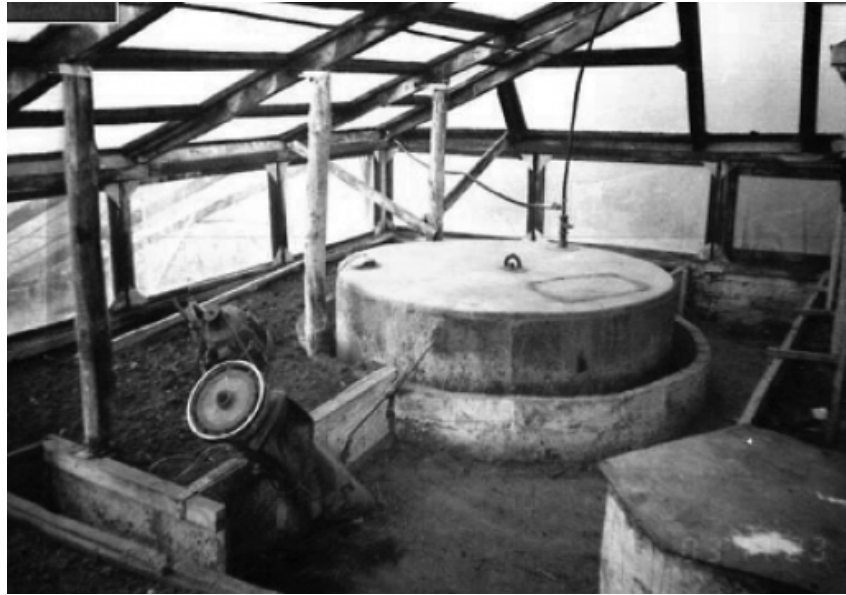


Рис. 3. - Установа з плаваючим куполом в с. Садовому Літинського району Вінницькій області, Україна.

Газгольдер підтримується спеціальною рамкою від перекидання. Якщо газгольдер плаває в спеціальній водній кишені, він застережений від перекидання.

Перевагами цієї конструкції є легкість щоденних операцій, легкість визначення об'єму газу по висоті, на яку піднявся газгольдер. Тиск газу є постійним і визначається вагою газгольдера. Будівництво установок з плаваючим куполом неважке, і помилки в конструкції зазвичай не ведуть до великих проблем в отриманні газу. Недоліками такої конструкції є висока вартість сталевих реакторів і висока чутливість заліза до корозії. Тому, установки з плаваючим куполом мають менший термін служби, ніж установки з фіксованим верхом [3].

У минулому установки з плаваючим куполом будувалися в основному в Індії. Такі установки складаються з циліндрового або куполоподібного цегляного або бетонного реактора і плаваючого газгольдера.

Газгольдер плаває в спеціальній водяній кишені або прямо в сировині і має внутрішню або зовнішню раму, яка забезпечує стабільність і зберігає газгольдер у вертикальному положенні. При виробленні біогазу газгольдер спливає вище, при використанні газу він опускається.

Такі установки використовуються в основному для переробки гною, органічних відходів і фекалій в режимі постійного, тобто щодобового завантаження. Найчастіше вони будуються на фермах середнього розміру (реактор: 5-15 м³) або у великих агроіндустріальних комплексах (реактор: 20-100 м³).

Горизонтальні і вертикальні установки. Вибір розташування реактора установки залежить від методу завантаження і наявності вільної території в господарстві. Горизонтальні установки вибирають для безперервного методу завантаження сировини і за наявності достатнього місця. Вертикальні установки більше підходять для порційного завантаження сировини і використовуються при необхідності для зменшення місця, яке займає реактор.

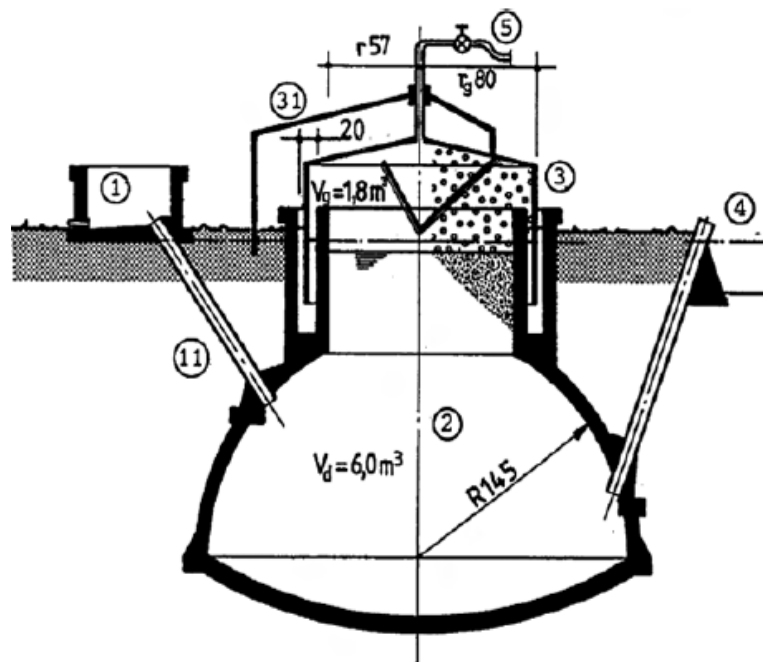


Рис. 4. - Індійський стандарт на споруду установки з плаваючим куполом

Підземні і наземні установки. При виборі розташування установки потрібно враховувати топографію і користуватися нею для оптимізації роботи установки. Наприклад, дуже зручно розташовувати установку на схилі, щоб завантажувальний отвір знаходився достатньо низько, сировина в реакторі переміщалася за рахунок легкого нахилу до вивантажувального отвору, яке знаходилося б на невеликій висоті для зручності завантаження в транспортні засоби.

Ще один чинник, який потрібно враховувати при виборі установки, це покращена теплоізоляція підземних установок, що включає слабкий вплив добових змін температури на процес збродження сировини, оскільки температура ґрунту на глибині одного метра практично не змінюється [3].

Металеві, бетонні і цегляні реактори. Установки можна розрізнити по матеріалах, з яких виготовляється реактор. Бетонні реактори зазвичай споруджуються під землею. Бетонний реактор має циліндрову форму, і невеликі установки (до 6 м³) можуть виготовлятися на конвеєрній основі. Необхідні спеціальні заходи для герметизації реактора. [5]

Переваги: низькі витрати на споруду і матеріали, можливість масового виробництва. Недоліки: великий об'єм споживання хорошого якісного бетону, необхідність кваліфікованих будівельників і великої кількості дротяної сітки, відносна новизна конструкції, необхідність спеціальних заходів для забезпечення герметичності газгольдера.

Цегляні реактори споруджуються для підземних установок з фіксованим або плаваючим газгольдером і мають округлу форму. Переваги: низькі початкові капіталовкладення і довгий термін експлуатації, немає рухомих або іржавіючих частин, конструкція компактна, економить місце і добре ізольована, будівництво створює місцеву зайнятість. Підземне розташування дозволяє понизити площу, займану установкою, і оберігає реактор від різких змін температури. Недоліки: цегляний газгольдер вимагає спеціальних покриттів для забезпечення герметичності і високої майстерності, часто трапляються витіки газу, робота установки погано контролюється в зв'язку з підземним розташуванням, установка вимагає ретельного розрахунку рівнів споруди, підігрів сировини в реакторі дуже складний і дорогий в здійсненні. Таким чином, цегляні установки можуть бути рекомендовані до застосування тільки в теплих країнах за наявності кваліфікованого персоналу.



Рис. 5. - Побудова цегляного реактора

Металеві реактори підходять для будь-яких типів установок, герметичні, витримують великий тиск і прості у виготовленні. Часто можна використовувати вже наявні ємкості. Але метал відносно дорогий і вимагає захисту для запобігання іржі.

Додаткові пристрої. Як приклад використання додаткових пристроїв можна розглянути типову для розвинених країн конструкцію біогазової установки.

Ємкість для змішування сировини може бути різних розмірів і форм, залежно від сировини. Ємкість містить пристрій для змішування і подрібнення сировини і насос для завантаження сировини в реактор. Іноді встановлюються пристрої для попереднього підігріву сировини для запобігання уповільненню процесу зброджування сировини в реакторі.

Реактор зазвичай теплоізолюваний і зроблений з бетону або сталі (рис. 6). Для оптимізації проходження сировини великі реактори мають подовжену форму. Сировина переміщується роторами, що поволі рухаються, або біогазом. Є установки, що складаються з двох і більше реакторів.

Газгольдер робиться або з гнучкого матеріалу і знаходиться над ємкістю реактора, або виготовляється із сталі і розташовується поряд з реактором.

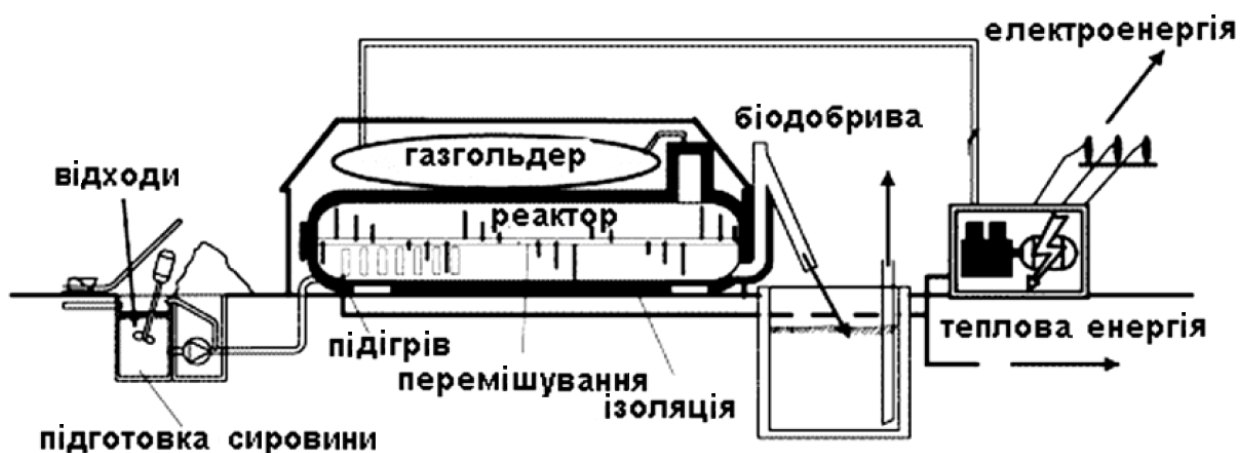


Рис. 6. - Типова для розвинених країн біогазова установка з м'яким газгольдером



Сховище використовується для зберігання біодобрива в зимовий час і може бути відкритим або закритим і сполученим з газгольдером для збору залишкового біогазу. Біодобрива перемішуються перед подачею на поля.

Біогаз використовується не тільки для роботи побутових приладів, але і для вироблення електрики за допомогою електрогенератора, а також для виробництва теплової енергії.

Висновки

Прості біогазові установки доступні для невеликих господарств, як правило не потребують високих витрат на побудову і обслуговування і несуть багато переваг.

Отриманий в простих біогазових установках біогаз може використовуватися як звичайний природний газ для обігріву приміщень. Його також можна накопичувати, перекачувати, після відповідної очистки використовувати для заправки автомобілів або ж продавати іншим споживачам.

Література

1. Калетнік Г.М., Пришляк В.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України. Навч. посібник. – К: Аграрна наука, 2010. – 327 с.
2. Общая информация о биогазе и биогазовых установках [Електронний ресурс]: Точка доступу: <http://www.u380.ru/energy/biogaz.php>.
3. AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996
4. E. Martinet "Renewables 2005", 2005, Global Status Report, WorldWatch Institute.
5. В. Некрасов «Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы», 2001, рукопись.
6. СФГ «ТЕРРА» [Електронний ресурс]: Точка доступу: <http://www.is.svitonline.com/teppa/FEB%205.htm>