

ТЕМА 4. ВИРОБНИЦТВО ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ

Основні питання

1. Загальні тенденції та сировина для виробництва біогазу
2. Виробництво та використання біогазу в окремих країнах світу.
3. Біогаз в Україні.
4. Біогазова установка на фермі ВРХ (приклад).

4.1. Загальні тенденції та сировина для виробництва біогазу

Учені вважають, що третє за пріоритетністю місце серед біопалив після біоетанолу та біодизелю посідає виробництво та використання біогазу.

Біогаз – це суміш газів (переважно метану і вуглекислого газу), отримана біохімічним і мікробіологічними методами переробки біологічної енергетичної сировини.

Історія розвитку біогазових технологій сягає далекої давнини. Окремі випадки використання примітивних біогазових технологій були зафіксовані у Китаї, в Індії та у Персії, починаючи з XVIII століття до нашої ери. Однак систематичні наукові дослідження біогазу почалися тільки у XVIII столітті нашої ери.

У 1764 році Бенджамін Франклін у своєму листі до Джозефа Прістлі описав експеримент, під час якого він зміг підпалити поверхню мілководного заболоченого озера у Нью-Джерсі (США). Перше наукове обґрунтування появи горючих газів у болотах та озерних відкладеннях зробив Олександр Вольта у 1776 році, виявивши вміст метану у болотному газі. Після відкриття хімічної формули метану Дальтоном у 1804 році, європейськими вченими були здійснені перші кроки у дослідженнях практичного застосування біогазу.

Перший потужний завод з виробництва біогазу було збудовано у 1911 році в англійському місті Бірмінгемі. Його основним завданням було знезараження осаду стічних вод цього міста. Отриманий біогаз використовувався для виробництва електроенергії. Перша біогазова установка для переробки твердих відходів об'ємом 10 м³ була збудована в Алжирі у 1938 році.

У роки Другої світової війни, коли енергоносії катастрофічно не вистачало, у Німеччині та Франції почали активно впроваджувати виробництво біогазу із відходів сільськогосподарського виробництва. У Франції до середини 40-х років експлуатувалося близько двох тисяч біогазових установок для переробки гною.

Однак Європейські біогазові установки довоєнного періоду не витримали конкуренції у повоєнні роки з дешевими та доступними енергоносіями (рідке паливо, природний газ, електроенергія) та були демонтовані. Новим імпульсом для їх розвитку на новій основі стала енергетична криза 70-х років. Сьогодні біогазові технології стали стандартом очистки стічних вод та переробки сільськогосподарських та твердих відходів у більшості країнах світу.

Біогаз – це газ, який приблизно на 60% складається із CH_4 і на 40% – із вуглекислого газу (CO_2). Синонімами для біогазу є такі терміни, як “каналізаційний газ”, “шахтний газ”, “болотний газ” і “газ-метан”. Різноманітні види мікроорганізмів метаболізують вуглець з органічних субстратів у безкисневих умовах (анаеробно). Це є процес так званого гниття або безкисневого бродіння. Ціна на газ за останні роки зросла у 3,5-4 рази. Всі розуміють, що подальше подорожчання газу в Україні значне і неминуче. Але більшість людей не замислюється про наслідки подорожчання по відношенню особисто до себе, своєї сім’ї та бізнесу. Замість того, щоб будувати газопроводи, витрачаючи значні кошти, за такі самі або навіть за менші капітальні витрати можна встановити біогазову установку. За використаний природний газ потрібно постійно сплачувати немалі кошти, а газ із біогазової установки – завжди безкоштовний.

Сам по собі біогаз – це суміш метану і вуглекислого газу, в якій частка горючого метану становить 60-70%. При спалюванні 1 м³ біогазу можна отримати 1,7 кВт електроенергії, або 2,5 кВт тепла. З однієї тонни гною або іншої біомаси можна отримати до 500 м³ біогазу, що еквівалентно 350 л бензину.

За розрахунками вчених УААН, для забезпечення побутових потреб села в електричній і тепловій енергії необхідно продукувати 10 млрд. м³ біогазу на рік. Таку його кількість можна отримати із відходів рослинництва і тваринництва, відходів молокозаводів, м’ясокомбінатів та інших переробних підприємств, а також за рахунок використання біомаси спеціальних “енергетичних” культур. Потреба в інвестиціях тут становитиме близько 7 млрд. гривень.

Крім того, впровадження біоенергетичних технологій сприятиме як поліпшенню екологічного стану, так і створенню близько 400 тис. нових робочих місць в Україні, радикальному прискоренню інтенсифікації та підвищенню прибутковості сільського господарства.

Додаткові кошти на впровадження енергоефективних технологій в Україні можуть бути залучені при використанні підприємствами

України механізму спільного впровадження у рамках Кіотського протоколу про обмеження викидів парникових газів в атмосферу.

Однак, на жаль, масове виробництво та використання біогазу в Україні не розпочалося знову через відсутність відповідної державної політики, а відтак – відсутність достатньої роз'яснювальної інформації для сільгосптоваровиробників (потенційно найбільш зацікавлених у його використанні), – відсутність замовлень для промисловості, без сумніву, здатної налагодити випуск недорогого вітчизняного обладнання.

При заміщенні споживання природного газу та рідких нафтопродуктів за рахунок біомаси кошти, що нині витрачаються на їх імпорт з Росії та Туркменістану, залишаться у регіонах (у тому числі і як плата селянам і лісоводам за поставку біомаси) і витратимуться на їх розвиток і розвиток країни загалом, а не на підтримку економік сусідніх держав.

Сучасні розроблені технології включають отримання біогазу шляхом анаеробної ферментації відходів рослинництва і тваринництва, видобування його на полігонах твердих побутових відходів та очисних станцій. Найближчими роками інтенсивно розвиватимуться технології використання біогазу саме зі звалищ та очисних станцій, а після 2010 року очікують на зростання виробництва біогазу з відходів тваринництва і рослинництва.

Наприклад: біогазова установка ZORGTM виробляє біогаз і біодобрива з будь-яких органічних відходів шляхом безкисневого бродіння. Сировиною є: гній ВРХ, силос, гній свиней, курячий послід, інші відходи гною, відходи боєнь (кров, жир, кістки, рештки м'яса та шкіри), відходи харчової промисловості, відходи садівництва, солодовий осад, вижимка, жом після виробництва цукру, зернової барди після виробництва спирту тощо. Біоустановка використовує лише 10-15% енергії. Для роботи (обслуговування) потужної біоустановки достатньо 1 робітника впродовж 2 годин щоденно. Тобто, якщо ферма викидає 1 тонну гною в день, то на рік біоустановка може економити від 60,0 до 230,0 тисяч гривень. Вихід корисних матеріалів з однієї тонни біовідходів наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вихід корисних матеріалів з однієї тонни біовідходів

№ з/п	Вихід	Мінімум	Максимум
-------	-------	---------	----------

1	Біогазу	20-25 м ³	23 грн.	500 м ³	500 грн.
2	Біодобрив	0,9 т	150 грн.	0,9 т	150 грн.
При повному спалюванні біогазу					
3	Електроенергії	50 кВт	20 грн.	1000 кВт	400 грн.
4	Теплоенергії	50 кВт	5,5 грн.	1000 кВт	110 грн.
5	Всього		~175 грн.		~650 грн.

При використанні звичайних відстійників, смітників і лагун фільтрат часто потрапляє у ґрунтові води, від чого хворіють люди, тварини, забруднюється навколишнє середовище. Однією з переваг біогазової установки такого типу є те, що вона виконує роль очисних споруд, знижує хімічне та бактеріологічне забруднення ґрунту, води, повітря та переробляє органічні відходи на високоякісні добрива. Площа біогазової установки мінімальна у порівнянні з площами лагун, що займають величезні території. Це пов'язано із тривалістю зберігання гною (2-3 роки). У лагунах за цей час утворюються органічні добрива, які можна ефективно використовувати. А в біогазовій установці цей процес відбувається значно швидше – в середньому за 1 місяць.

У процесі бродіння із відходів виробляється біогаз. Цей газ може бути використаний для потреб підприємства. Його можна використати для обігріву адміністративних приміщень, житлових будинків (ферм, теплиць, нагріву води, сушіння насіння тощо), для вироблення електроенергії, також його можна доочистити та отримати метан, яким потім можна заправляти автомобілі або використовувати його у побутових потребах.

4.2. Виробництво та використання біогазу в окремих країнах світу

В Європі використання біогазу набуло найбільшого поширення у таких країнах, як Данія та Німеччина. Там діють тисячі біогазових установок. Отриманий з них біогаз використовується для роботи блочних ТЕЦ, електричною потужністю від 25 кВт до 1,0 МВт та тепловою – від 50 кВт до 2,0 МВт. При цьому ТЕЦ потужністю в 1 МВт є достатньою для забезпечення електрикою декількох сіл або переробного заводу. Надлишок електрики продається енергопостачальним компаніям за пільговим підвищеним тарифом, встановленим як пряма норма закону.

У Швеції почали розвивати інфраструктуру, яка дає змогу заправляти автобуси й легкові автомобілі стисненим біогазом, який заздалегідь збагачено до якості природного газу.

Сучасні екологічно чисті технології спалювання твердих побутових відходів великих міст дозволяють одержувати газову суміш для використання у газотурбінних установках міні-ТЕС потужністю 5,0-15 МВт. У Німеччині вже працює понад 20 таких блочних електростанцій з мобільним контейнером.

Важливо зауважити, що стимулюючі тарифи на електроенергію, отриману із поновлюваних джерел, запроваджені в багатьох інших країнах Європи (Австрії, Фінляндії, Швеції, Чехії, Польщі), США і Канаді.

Зважаючи на сьогоденні технологічні і екологічні проблеми використання українського високозольного вугілля на ТЕС, значні перспективи має технологія його газифікації з метою одержання заміника природного газу – синтез-газу. На початку 1994 р. у світі споруджувалися 63 енергетичні об'єкти з газифікацією вугілля (капітальні витрати \$25 млрд.); 55 з них із встановленою потужністю 16000 МВт будуть виробляти електроенергію. Найбільше таких станцій буде зведено на американському континенті, в Азії та Західній Європі.

Винайдено 37 окремих процесів і створено близько 180 технологій газифікації вугілля, розроблено 7 типів газифікаторів. Працює більше 300 промислових установок (газогенераторів), що виробляють газоподібне і рідке синтетичне паливо.

Ще у 40-х роках Німеччина виробляла щорічно 6 млн. т синтетичних нафтопродуктів з кам'яного вугілля та водню. Подібні українські технології запропоновано у Дніпропетровському хіміко-технологічному інституті та Донецькому Інституті органічної хімії НАН України.

У третьому тисячолітті у світі прогнозується щорічна переробка близько 300 млн. т вугілля. Такі технології дозволяють отримувати, крім синтез-газу, ще водень, метан, аміак і тверді продукти переробки (сірка), а також низькокалорійний (опалювальний) газ.

Газифікатори, що працюють за технологіями другого покоління (внутрішня газифікація), забезпечують високий ступінь очищення газів та утилізації відходів (сажі, смоли, сірки). Розроблені нові сорбенти, які дозволяють зменшити вміст сірки у газах на 99% без проміжного їх охолодження і таким чином підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) агрегату паро-газо-генераторної установки (ПГУ) до 48%, а з урахуванням палива – до 70 відсотків.

Необхідність дотримання міжнародних угод про поступове зниження викидів SO_2 і NO_2 зумовила збільшення використання низькоякісного вугілля для газифікації, наприклад, у США на 100 млн. т за період 1993-2000 рр. Поблизу Мадрида дві німецькі фірми зводять ПГУ-ТЕЦ потужністю 320 МВт, фірма “Альстром” (Франція) будує агрегати одиначної потужності до 150 МВт. В Ізраїлі працюють 25 агрегатів потужністю 115-140 МВт, що становить 27% потужності усіх ТЕС країни. Вартість спорудження ПГЕС з газифікаторами вугілля досить велика – \$1800-2000 за 1 кВт (на природному газі – до \$1000). Тому найвигіднішою є переробка бурого та високозольного вугілля безпосередньо поблизу вугільних кар’єрів (шахт) у Донбасі та у Львівсько-Волинському басейні. У світі розроблено і використовуються новітні технології спалювання вугілля у циркулюючому киплячому шарі (ЦКС), наприклад, “Тексако”. Газифікатори ТГУТ фірми ДО “КТИП” (Італія) для ПГЕС потужністю 35 МВт, що будується поблизу Пекіна, забезпечують повну утилізацію продуктів переробки вугілля: відсутні викиди у повітря NO_2 , SO_2 та інших небезпечних сполук.

Програма створення ПГЕС на синтез-газі загальною потужністю 1000 МВт коштуватиме близько \$2 млрд., тобто на 20-30% дешевше за побудову новітнього ядерного енергоблока.

Біогаз виділяється в результаті метанового бродіння будь-яких органічних речовин. Фактично це прискорений і контрольований процес розкладання органіки анаеробними бактеріями.

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 десятків мільйонів доларів. Показовим прикладом подібних пристроїв може слугувати установка з виробництва біогазу в м. Рібе, Данія.

Установка обслуговує декілька великих фермерських господарств. Загальний об’єм – 5235 м³. Як сировина використовуються гнойові стоки, відходи боєнь, харчових і фармакологічних підприємств. Продуктивність – 4,8 млн. м³ у рік. Біогаз перекачується по газопроводу низького тиску на когенераційну станцію, яка забезпечує місто теплом і електроенергією. Додатковий дохід підприємство отримує за рахунок продажу залишків переробки біомаси як добрива. Таких установок, здатних забезпечувати теплом і електроенергією невеликі міста або великі підприємства, у світі вже

сотні, а кількість менших реакторів загалом важко порахувати.

А ось, що відбувається у міському господарстві Стокгольма, Швеція. Біогаз виробляється на трьох заводах з очищення і переробки стоків міської каналізації. Загальний об'єм виробництва перевищує 4.5 млн. м³ газу в рік, що дозволило організувати мережу заправок і перевести на біогаз близько 3000 автомобілів. Таким чином одночасно була скорочена залежність від зарубіжних постачальників нафти і газу і вирішена проблема утилізації міських стоків. До 2020 року Швеція планує здобути незалежність від імпорту нафти і газу, повністю перейшовши на різні види біопалива і альтернативні джерела енергії.

У ЄС щорічний приріст виробництва біогазу становить 6,4%, а в Іспанії в 2003 році він становив цілих 25,4%. 95% від загального виробництва біогазу в країнах Євросоюзу отримують з промислових і побутових відходів. При цьому установки, організовані на базі сміттєвих полігонів, забезпечують 38% виробництв біогазу, міські стічні води – 33%, а промислові стічні води – 24%. З 2010 року в країнах ЄС виробництво біогазу планується на рівні не менше 15 млн. тонн у нафтовому еквіваленті.

Особливо цікавим для нас може бути досвід Китаю. Тут нині працюють майже 10 млн. установок з виробництва біогазу. Близько 60% всього автобусного парку країни вже працює на газі, а в сільській місцевості ця частка сягає 80%. Фактично Китай повністю забезпечує свої потреби в газі за рахунок переробки органіки. На досягнення цього результату було витрачено більше 30 років цілеспрямованих зусиль держави. Незважаючи на брак власних енергоресурсів, в Україні відсутня політика щодо стимулювання виробництва біогазу. Розробляються законопроекти, складаються звіти, але реальна робота не здійснюється.

Уявімо себе власником свиногокомплексу на 50 тисяч голів, на якому щоденний вихід гною становить близько 120 тонн. Первинні вкладення у придбання установок для переробки продуктів життєдіяльності такої кількості свиней становить близько \$7 млн. Ще в \$2,5-3 млн. обійдеться споруда електростанції. Звичайно, отримуваний біогаз покриє всі витрати на опалювання та електрику цього свиногокомплексу, плюс з кожної тонни гною виходить 300 кг компосту, який можна продати.

Продати вироблену з біогазу електрику в загальну мережу в нашій країні дуже важко. Реалізувати надлишки газу потенційним

споживачам “на стороні” теж непросто. Щоб використовувати газ для заправки автомобілів, потрібно його очистити від вуглекислоти і води, стиснути і закачати в балони, що вимагає придбання додаткового устаткування.

Установка в данському місті Рібе, про яку вже згадувалося, обійшлася інвесторам у 45,3 млн. данських крон. З цієї суми 12,9 млн. склав грант уряду і 4,8 млн. грант ЄС. Усе устаткування і технологія були розроблені данськими фахівцями, моніторинг за роботою комплексу здійснює Університет Південної Данії. Це називається системним підходом до вирішення завдання. Про те, що власники цього підприємства не мали жодних проблем з підключенням до теплових і електромереж, говорити марно. За 17 років роботи ця установка давно окупилася і дає високі прибутки.

Подібні проекти можуть бути за приклад для багатьох українських містечок, оточених сільгосп підприємствами. Вони створюють робочі місця для жителів села і проводять недороге тепло і електроенергію з місцевої сировини, не обтяжуючи державу своїми потребами. Це значно ефективніше і розумніше, ніж купувати природний газ в інших країнах.

Будь-яке підприємство харчової промисловості здатне за рахунок переробки власних відходів повністю або частково забезпечувати себе теплом і енергією. Будь-яке велике місто може перевести повністю або частково муніципальний транспорт на газ, що отримується з каналізаційних стоків. Будь-яке сміттєзвалище може бути правильно використане і стати джерелом тепла і електроенергії. Усе це вимагає засобів, зусиль і розуму.

Нині існує потреба капіталовкладень у створення власної науково-виробничої бази, у цільові програми і ліберальні податки, потрібна серйозній фінансовій підтримці всіх, хто готовий зайнятися цим виробництвом.

4.3. Біогаз в Україні

Україна щороку імпортує більше двох третин споживаного нею об'єму газу і 80% нафти, тому повинна витрачати ці ресурси економно. Планувати і зводити будівлі необхідно так, щоб вони добре утримували тепло, потрібно замінювати застарілі котельні новими, економнішими і запобігати розсіюванню тепла в дуже протяжних і погано ізольованих теплотрасах, всіляко стимулювати

бізнес і населення до переходу на автономне виробництво тепла і електроенергії.

Таким чином діють Німеччина, Данія, Швеція, Фінляндія – країни з холодними зимами і розумним керівництвом. У цьому напрямі рухаються країни Євросоюзу, Китай, Індія, Канада та практично весь цивілізований світ. Нині економіка нашої країни “заточена” під високий рівень споживання газу. Металургія, хімічна промисловість і населення встигли оцінити всі вигоди споживання цього чудового продукту.

Природний газ задовільняє людину майже у всьому – при згорянні він виділяє багато тепла і мало шкідливих речовин (порівняно з вугіллям і нафтопродуктами), його можна використовувати не тільки для потреб промисловості та опалювання, але і для генерації електрики і як моторне паливо. Проте його привабливість затьмарюється у зв’язку із стрімким зростанням вартості. Неминуче настане мить, коли ціна на природний газ, що імпортується, стане несумісною з економічною вигодою від його використання.

З іншого боку, не може не викликати подиву той факт, що ми споживаємо газ, який надходить до України по трубопроводах, довжиною тисячі кілометрів, хоча можемо отримувати такий необхідний нам продукт з будь-яких органічних відходів, дефіциту яких в нашій країні не спостерігається. Виступаючи у Брюсселі на конференції “Європейська політика щодо поновлюваних джерел енергії” депутат Європарламенту, Клод Турмес заявив, що, за підрахунками німецьких “зелених”, потенціал України у виробництві біогазу становить близько половини всього імпорту, тобто приблизно 25 млрд. м³ у рік.

Цифра ця цілком реальна – в ній враховані всі промислові та побутові органічні відходи, стічні води міст, гній і послід, що отримуються в сільському господарстві, та відходи рослинництва. Зрозуміло, що повністю задіювати всі ці ресурси непросто, проте навіть, якщо вдасться використовувати хоча б третину цього багатства, напруженість на енергетичному ринку країни істотно знизиться.

Отримання біогазу – реальний приклад промислової екології, за якого з відходів господарської діяльності витягується енергія, а як побічний продукт виробник біогазу отримує цінне добриво.

Сільськогосподарські відходи тваринництва

Сільськогосподарські відходи тваринництва є відходами органічного походження – здебільшого гній та гнойові стоки великої рогатої худоби, свиней, курячий послід. Супутніми їм можуть бути матеріали, що використовуються для підстилки – солома, трава, торф. Усі відходи практично повністю використовуються у сільському господарстві як добрива, тому необхідність застосування сучасних методів їх переробки не завжди сприймається з повним розумінням.

Усебічний аналіз показує, що в результаті застосування сучасних методів переробки тваринницьких відходів вирішується не тільки проблема енергозабезпечення, але й екологічна, агротехнічна та соціально-економічна проблеми, причому вирішення екологічних та санітарних завдань необхідно ставити на перше місце. Відомо, що гній тварин містить велику кількість бактеріологічного матеріалу (збудники бруцельозу, сальмонельозу, ящуру, туберкульозу та інших інфекційних хвороб) та яєць гельмінтів. Зберігання та використання неперероблених відходів завдає великої шкоди навколишньому середовищу, призводячи до забруднення значних територій землі, отруєння ґрунтових вод і водоймищ, забруднення повітря та виникнення серйозних захворювань у людей і тварин, що може спричинити створення епідеміологічних ситуацій. Крім того, тварини, заражені гельмінтами, споживають кормів на 11 % більше і мають приріст на 15% менше у порівнянні зі здоровими.

У гної тварин та посліді птиці також є велика кількість насіння бур'янів, які не тільки не втрачають здатності сходити після проходження через шлунково-кишковий тракт, але й, знаходячись у такому живильному середовищі, сходять і ростуть значно швидше, що зменшує кількість сухих добрив для культурних рослин. Крім того, у процесі анаеробного зброджування азот, фосфор і калій переходять у більш зручну для засвоєння рослинами форму. Утворені високоякісні добрива дають можливість якщо й не повністю унеможливити, то значно зменшити застосування мінеральних добрив, пестицидів, гербіцидів, що своєю чергою зменшує витрати на виробництво сільськогосподарських продуктів. Хімічний склад гною та стоків практично повністю відповідає потребам рослин у живильних речовинах. Визначено, що для заміни мінеральних добрив на 1 га земельних угідь необхідно близько 10 т гною.

Таким чином, з точки зору агротехніки, необхідність перероблення

тваринницьких відходів є очевидною.

Енергетичний фактор при утилізації відходів тваринництва також є надзвичайно важливим: у процесі ферментації 1 т органічної речовини можливо одержати 350 – 500 м³ біогазу з теплотою згорання 4300 – 6000 ккал / н м³, що еквівалентно 0,6 – 0,8 т у.п.

З точки зору отримання енергії, ефективним вважається використання відходів тваринництва при стійловому утриманні тварин.

У середньому вологість екскрементів великої рогатої худоби та свиней становить 80-85%, курячого посліду – 75%. Наявність підстилки зменшує вологість гною до 70-78%, змивання водою – збільшує вологість. Стоки гною з вологістю більше 96% нераціонально переробляти методом анаеробної ферментації, тому при отриманні біогазу з тваринницької біомаси від методу гідрозмиву гною необхідно відмовитись.

Відомо, що, з огляду на екологічні, агротехнічні та економічні чинники, створення гігантських тваринницьких комплексів є недоцільним. Оптимальним для свиноферм вважається поголів'я свиней у кількості 24 тис. голів. У таблиці 4.2 наведено характеристики перероблення гною та курячого посліду в біоенергетичних установках для оптимального кількісного складу тваринницьких та птахівницьких господарств.

Таблиця 4.2

Характеристики перероблення відходів тваринництва

Характеристики	Свинокомплекс на 24 тис. голів	Ферма великої рогатої худоби на 1000 голів	Птахофабрика на 500 тис. голів
Добовий вихід гною з вологістю 90% та посліду з вологістю 70%, т	144	85	100
Характеристика біогазу: добовий вихід, тис. м ³ ; вміст метану, %; товарний біогаз, тис. м ³ ; річний вихід товарного біогазу, тис. м ³	6,0 65-70 3,0 1100	2,2 55-60 4,0 400	10,0 65 5,0 1800

Товарне виробництво енергії за рік: електроенергії, млн. кВт·год. теплової енергії, Гкал.	1,8 1548	0,67 576	3,0 2580
Річний вихід добрив (за сухою речовиною), млн. т	2,8	1,2	5,0

Розвиток невеликих індивідуальних фермерських господарств в Україні та недостатня газифікація села потребують перероблення невеликих об'ємів біомаси, до складу якої входять різні відходи тваринництва. Відомо, що при розмішуванні різних відходів тваринництва вихід біогазу може навіть дещо збільшуватися, що є важливим для невеликих фермерських господарств. У цьому випадку необхідно стежити за тим, щоб кількість вуглецю і азоту відповідала співвідношенню, яке забезпечує найбільш ефективний перебіг процесу зброджування.

В Україні на великих свинарських та птахівницьких підприємствах щорічно утворюється більше 3 млн. т органічних відходів (за сухою речовиною), переробка яких дасть змогу отримати близько 1 млн. т у.п. у вигляді біогазу, що еквівалентно приблизно 8 млрд. кВт·год. електроенергії. Водночас в Україні є наявні близько 2 млн. негазифікованих сільських садиб. Досвід країн, не забезпечених природним газом, показує, що віддалені сільські місцевості доцільно газифікувати за допомогою малих біоенергетичних установок, які працюють на органічних відходах сільських садиб. Впровадження 2 млн. установок в Україні дасть змогу на перспективу отримати близько 2 млрд. м³ біогазу на рік, що еквівалентно 13 млрд. кВт·год. електроенергії і може забезпечити садиби у сільській місцевості 10 млн. т органічного добрива на рік. Доцільність отримання у масштабах України біогазу із органічних відходів, таких як гній та послід, обумовлена їх кількістю та концентрацією як в окремих господарствах, так загалом у регіонах.

Отримання та використання біогазу

Одним із ефективних шляхів доповнення та заміни традиційних паливно-енергетичних ресурсів, особливо у сільській місцевості, є виробництво та використання біогазу, який утворюється в результаті використання технологій метанового зброджування відходів рослинної біомаси та біомаси тваринництва.

Як згадувалося, виробництво біогазу є найбільш ефективним при ферментації відходів тварин, таких як гноївка чи гній. Ці виділення

можливо перемішувати з іншими господарськими відходами. У залежності від складу сировини, що переробляється, можна очікувати вихід біогазу різного рівня та енергетичної цінності. Кількість утворених відходів залежить від віку та виду тварин, яких розводять, а також від пори року. Середня кількість біогазу, яку можна отримати з 1 м³ виділень тварин, оцінюється у 20-25 м³, хоча рентабельною кількістю у техніко-економічному відношенні вважаються 30-35 м³. Таку кількість біогазу можна отримати шляхом сполучення виділень тварин та господарських відходів з іншою речовиною, яка відрізняється високим вмістом сухої органічної маси, а саме з відходами підприємств харчової промисловості або рослинною масою. За існуючими даними, добавка 10% за масою силосу з кукурудзи при вологомісткості 30% до гноївки (W=85%) збільшує виробництво біогазу на 50-60%, а добавки 5% за об'ємом відходів гліцерину (від виробництва ефіру при (W=70%)) збільшує кількість біогазу, що виробляється, на 60-70%.

Значно збільшує вихід біогазу на одиницю об'єму сировини додавання жирів і комунальних стоків з господарств, розміщених неподалік.

Сировину, що завантажуються, поділяють на три основні категорії:

- сільськогосподарську – гноївка, гній (враховуючи більшу гідратацію лише як додатковий матеріал), енергетичні культури, залишки біомаси та інше;

- промислову – крохмаль, відходи скотобоєнь, молочних, цукрових заводів, фармацевтичної, косметичної та паперової промисловості тощо;

- господарську – органічні відходи, комунальні стоки, обрізки саду тощо.

Ферментаційний матеріал також поділяють на основний (ферментація якого може відбуватися самостійно, без додавання інших речовин) та допоміжний. Основним ферментаційним матеріалом вважають гній, гноївку, молоду траву, а допоміжним – рослинні відходи від фруктів, органічні відходи, залишки їжі, жири, м'ясо, органічні продукти, що розпадаються природно-біологічним шляхом, господарські стоки тощо.

Розпад целюлози у процесі метанового бродіння відбувається таким чином:



де n – кількість молекул або глюкозних залишків;

H₂O – вода;

$(C_6H_{10}O_5)_n$ – целюлоза;
 CO_2 – двоокис вуглецю;
 CH_4 – метан;
[J] – енергія (теплова).

У процесі анаеробної ферментації складні органічні речовини розкладаються до CO_2 і CH_4 , причому на частку метану припадає приблизно 90% енергії, яка знаходиться в субстраті. Технологічний процес анаеробного зброджування біомаси здійснюється без доступу кисню у спеціальних реакторах-метантенках, конструкція яких забезпечує максимальне виділення метану.

У процесі анаеробної ферментації беруть участь різні види мікроорганізмів; з точки зору температурних умов проходження реакцій, можливо виділити два основних види мікроорганізмів – термофіли, активні при 45-70°C, та мезофіли, активні при 20-40 °C. Протягом всієї історії вивчення названого процесу уявлення про його механізм дещо змінювалося. Сучасне уявлення про проходження перетворень у процесі анаеробної ферментації біомаси у схематичному вигляді показано на рис. 4.1.

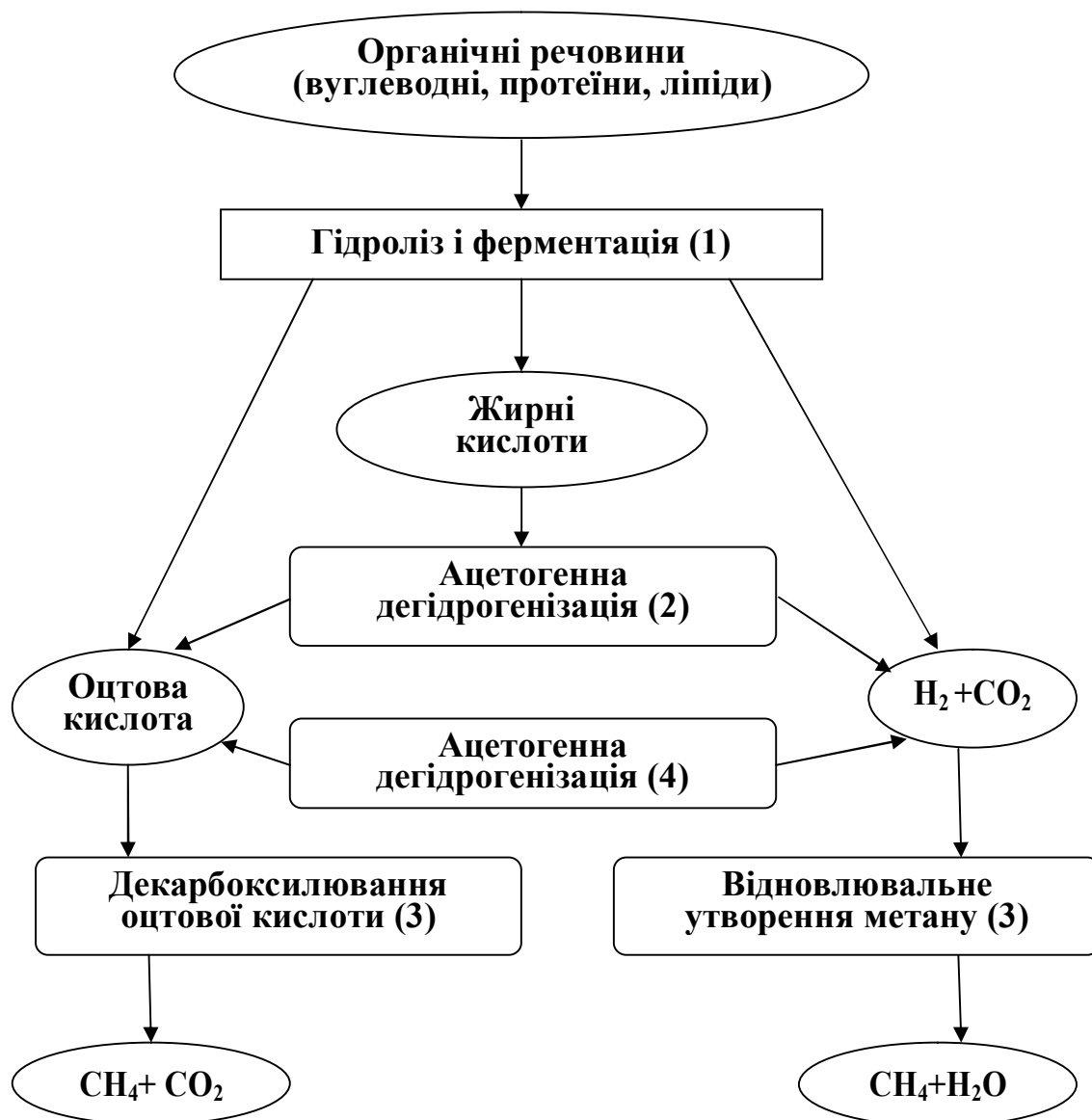


Рис. 4.1. Схема повного анаеробного розкладу органічної речовини

Особливо важливим при здійсненні процесу зброджування є створення оптимальних технологічних умов у реакторі – температури, анаеробних умов, достатньої концентрації живильних речовин, допустимого значення рН, відсутності або низької концентрації токсичних речовин.

Температура значною мірою впливає на процес: найкращим чином ферментація відбувається за температури 30-40 °С (розвиток мезофільної бактеріальної флори) та за температури 50-60 °С (розвиток термофільної бактеріальної флори). Вибір мезофільного чи термофільного режиму роботи базується на аналізі кліматичних умов: якщо для забезпечення термофільних температур потрібні значні витрати енергії, то більш ефективним є експлуатація біореакторів у мезофільному

режимі.

Найбільш ефективними вважаються біореактори, що працюють у термофільному режимі 52-56°C. На таких установках з триденною ферментацією гною вихід біогазу становить 4,5 л на кожен літр корисного об'єму реактора.

У процесі експлуатації біореакторів необхідно постійно здійснювати контроль за показником рН, оптимальне значення якого знаходиться в межах 6,7-7,6. Регулювання цього показника, як правило, здійснюється шляхом додавання розчину вапна.

Біогаз, отриманий у результаті анаеробного перероблення біомаси, складається з 60-70% метану, 30-40% вуглекислого газу, домішків сірководню, аміаку та окисів азоту. Вилучення шкідливих компонентів біогазу є обов'язковим при експлуатації біоенергетичного обладнання. Підраховано, що річна потреба в біогазі для обігрівання житлового будинку становить приблизно 45 м³ на 1 м² житлової площі, добове споживання при нагріванні води для 100 голів великої рогатої худоби – 5-6 м³, при сушінні 1 т сіна вологістю 40% – 100 м³, при сушінні 1 т зерна – 15 м³, для отримання 1 кВт·год. електроенергії – 0,6-0,7 м³.

Біомаса (жом, меляса, гичка та ін.) збирається у вигрібні ями біля реактора, звідки реактор безперервно наповнюється сировиною за допомогою насоса або шнека.

Відходи рослинної маси, наприклад, силос гички буряків або інші коферменти, привозяться транспортом, який розвантажується в закриті збірники (вигрібні ями).

Відомості про вихід біогазу в м³ після переробки гички цукрових буряків та жому наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Вихід біогазу після переробки відходів листя цукрових буряків

Листя цукрових буряків (т)		75 - 180 (м ³)
Силосоване листя цукрових буряків (т)		200 - 400 (м ³)
Жом від цукрових буряків	Вологість 88%	75 - 90 (м ³)
	Вологість 76%	150 - 180 (м ³)

Спочатку коферменти попередньо проходять процес підготовки – гомогенізуються (перемелюються). Гомогенізація найчастіше відбувається в резервуарі з потужними мішалками за температури 70°C протягом однієї години.

Реактор є газонепроникним повністю герметичним резервуаром із залізобетону. Ця конструкція теплоізолюється, тому що в середині

резервуару повинна бути фіксована температура для мікроорганізмів. Вона може бути мезофільною (приблизно 35°C) або термофільною (приблизно 55°C).

У середині реактора знаходиться міксер, який використовується для повного перемішування вмісту реактора.

Оператор повинен бути впевнений у тому, що немає появи плаваючих шарів або осаду. До того ж, мікроорганізми повинні бути забезпечені всіма необхідними живильними речовинами. Свіжа маса має подаватися в реактор невеликими порціями декілька разів у день. Середня тривалість гідравлічного відстоювання в середині реактора (залежно від субстратів) становить 20-40 днів. Протягом цього часу органічні речовини в середині маси метаболізуються (перетворюються мікроорганізмами).

На виході маємо два продукти: біогаз та субстрат (компостований та рідкий). Останній зберігається в ємності для зберігання добрив. У Німеччині цей компостовий субстрат використовується як добриво через високу концентрацію аміаку (NH₄).

Отриманий біогаз зберігається в газгольдері, спеціальній ємності для зберігання біогазу, де вирівнюється тиск і склад газу. Із газгольдера іде безперервна подача газу в газовий або дизельно-газовий генератор, який виробляє тепло та електроенергію.

Із 1 м³ біогазу в генераторі можна виробити від 2 до 3 кВт·год. електроенергії.

Біогаз, завдяки своїм високим антидетонаційним властивостям, може ефективно використовуватися у двигунах внутрішнього згорання. Порівняльні випробування показали, що питомі витрати дизельного палива становили 220 г/кВт·год. за номінальної потужності, а біогазу – 0,4 куб. м/кВт·год.

У таблиці 4.4 наведено річну норму витрат газу однією людиною та кількість тварин або птиці, котрі забезпечують ці витрати.

Таблиця 4.4

Кількість тварин або птиці, що забезпечує виробництво біогазу за нормою споживання на одну людину

Призначення біогазу	Річна норма витрат газу на 1 людину		Число тварин або птиці, що забезпечує вихід біогазу за нормою споживання на 1 людину		
	Мкал	т у.п.	ВРХ	Свині	Кури

Приготування їжі	640	0,116	1,5	6	15
Приготування їжі та гаряче водопостачання (плита, водонагрівач)	800	0,182	2	9	23

Енергоємність біогазу порівняно з іншими носіями енергії наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Порівняльні показники традиційних енергоносіїв та біогазу

Продукт	Одиниці вимірювання	Еквівалент 1 м ³ неочищеного біогазу 23 МДж/м ³	Еквівалент 1 м ³ очищеного біогазу 35,2 МДж/м ³
Спирт	Дкуб. м	1,10	1,70
Бензин	Дкуб. м	0,73	1,10
Електроенергія	кВт·год.	0,62	0,940
Природний газ	м ³	0,61	0,93
Вугілля	кг	0,82	1,25

Однак необхідно відзначити, що від 40 до 60 % біогазу, отриманого у процесі анаеробного бродіння, витрачається на власні потреби біоустановок, тобто на підтримання в метантенках технологічної температури. У зв'язку з цим надзвичайно актуальним є пошук більш раціональних конструктивних рішень метантенків, що дають змогу значно збільшити вихід корисно-використовуваного біогазу з тієї самої кількості органічних відходів.

4.4. Біогазова установка на фермі ВРХ (приклад)

4.4.1. Початкові дані

Підприємство має ферму ВРХ. Система гноєвидалення – скрепер. Початкові дані про існуючі показники біомаси на підприємстві наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Початкові дані

БИОМАСА (NH ₄).	Існуючі	
Гній	36500 м ³ /рік	100 м ³ /добу
Суша речовина	15%	15%
Вміст органіки в СР	80%	80%
КОФЕРМЕНТИ	Існуючі	

Інші відходи	2000 тонн/рік	5,5 тонн/добу
Суша речовина	30%	30%
Вміст органіки в СР	70%	70%

4.4.2. Загальні відомості та принцип дії біогазової установки

Біогазова установка шляхом безкисневого бродіння виробляє біогаз та біодобрива з відходів сільського господарства.

У наведеному проекті сировиною для отримання біогазу є гній ВРХ. Також доброю сировиною можуть бути силос, каналізаційні стоки, жири, відходи харчової промисловості, відходи садівництва, солодовий осад, вижимка та ін.

Один м³ біогазу замінює 0,6 л бензину, 0,8 кг вугілля, 0,7 м³ природного газу. Безвідходна переробка гною та інших відходів сільського господарства – це насамперед система очищення, яка при цьому ще й дає великі прибутки.

Гній із ферми звозиться або перекачується до біогазової установки в попередню яму, де змішується з відходами бойні.

Інші коферменти привозяться вантажівками та розвантажуються у бункер подачі біомаси. На першій стадії коферменти підготовлюють, перемішуються з гноєм.

Власне, реактор є газонепроникним, повністю герметичним резервуаром із залізобетону. Його конструкція передбачає також теплоізоляцію, оскільки всередині резервуару повинна бути фіксована для мікроорганізмів мезофільна температура близько 35°C. Усередині реактора знаходиться міксер, який використовується для повного перемішування суміші.

Свіжий гній має подаватися до реактора невеликими порціями декілька разів на день. Середня тривалість гідравлічного відстоювання всередині реактора (залежно від субстратів) становить 20-40 днів. Протягом цього часу органічні речовини всередині гною метаболізуються (перетворюються) мікроорганізмами.

Установка обладнана аварійно-факельним пристроєм, на той випадок, якщо двигуни не працюють і надлишок біогазу необхідно спалити. Газова система може включати в себе вентилятор, конденсато-відвідник, дусульфалізатор і т.д. Усе обладнання контролюється автоматичною системою контролю біогазової установки.

Для керування роботою біогазової установки достатньо лише одного робітника на 2 години в день. Цей робітник контролює процес за допомогою звичайного комп'ютера і він сам працює на тракторі для подачі біомаси. Після 2-тижневого навчання на установці може працювати навіть людина без спеціальних навичок, тобто після школи або училища. Схему роботи біогазової установки наведено на рис. 4.2.

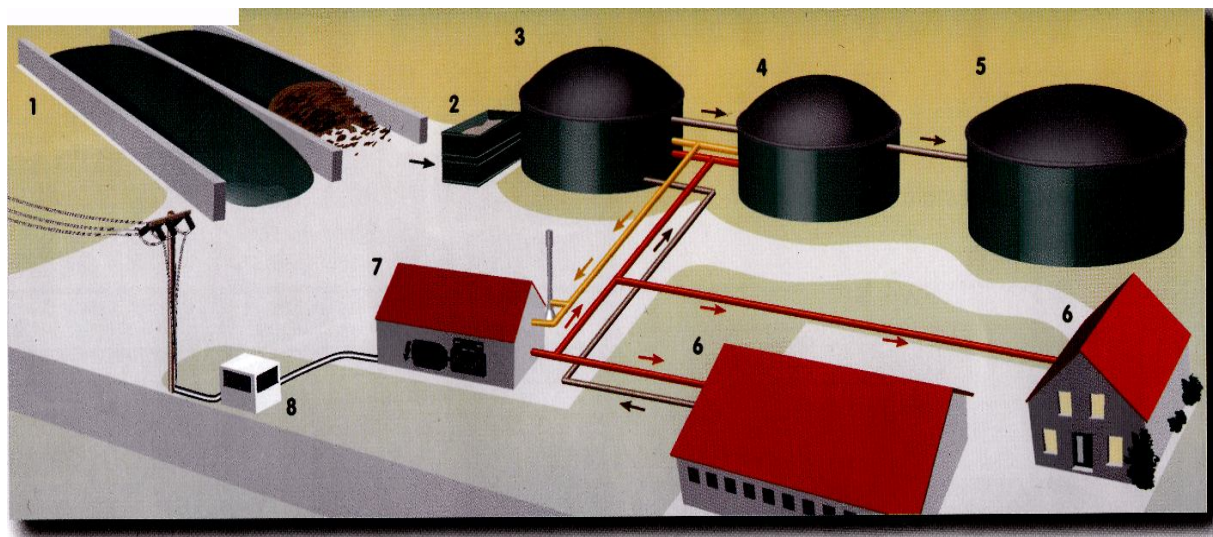


Рис 4.2. Схема будови та складові біогазової установки:

1 – силосні ями; 2 – система завантаження біомаси; 3 – реактор; 4 – реактор доброджування; 5 – субстратер; 6 – система газопроводів та опалення; 7 – силова установка; 8 – система автоматики та контролю

4.4.3. Вигоди від роботи біогазової установки

Біогаз

У процесі безкисневого бродіння із біовідходів виробляється біогаз. Цей газ 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.

Витрати на енергоносії – одна з основних статей витрат, яка впливає на собівартість продукції. Коли побудовано завод з виробництва етанолу або біодизелю, значна кількість енергії йтиме на утилізацію відходів. Будівництво очисних споруд – це великі капітальні витрати. Якщо завод з виробництва етанолу вартує 120 млн. грн, то очисні споруди – це, як мінімум, 20% від загальної суми. За ці самі кошти можна поставити біогазову установку. Очисні

споруди споживають близько 50 % енергії, а біогазова установка її виробляє. З відходів можна отримати газ, електроенергію, тепло, добрива і забезпечити замкнутий цикл виробництва.

При цьому значно скорочуються капітальні витрати. Немає необхідності прокладати газопроводи, лінії електропередач і бардопроводи до полів фільтрації.

Зменшення викидів парникових газів на підприємстві можливе при встановленні біогазової установки. Орієнтовно половину вартості біогазової установки можна повернути за рахунок продажу квот CO₂.

Виробники біодизелю так само зіткнуться з проблемою відходів при виробництві. Утилізація технічного гліцерину в біогазовій установці приносить близько 500 м³ біогазу і допоможе підвищити прибутковість устаткування.

У біогазовій установці можна переробляти будь-які відходи: рослинну масу (кукурудзяний силос, трав'яний, будь-який вид гною, відходи бійні (кров, кістки, канига, жир). Вихід газу з біомаси наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Вихід біогазу з 1 т біомаси

Біомаса	м ³
Гній	40-80
Пташиний послід	50-90
Відходи бійні	300-600
Жом	70-150
Силос	150-250
Відходи біодизелю (гліцерин)	300
Відходи від виробництва етанолу	70-100

За прогнозами, очікується підвищення ціни на газ до 450 \$ за 1000м³ (Інститут економічних досліджень та політичних консультацій). Динаміку зростання цін на газ в Україні наведено на рис. 4.3.

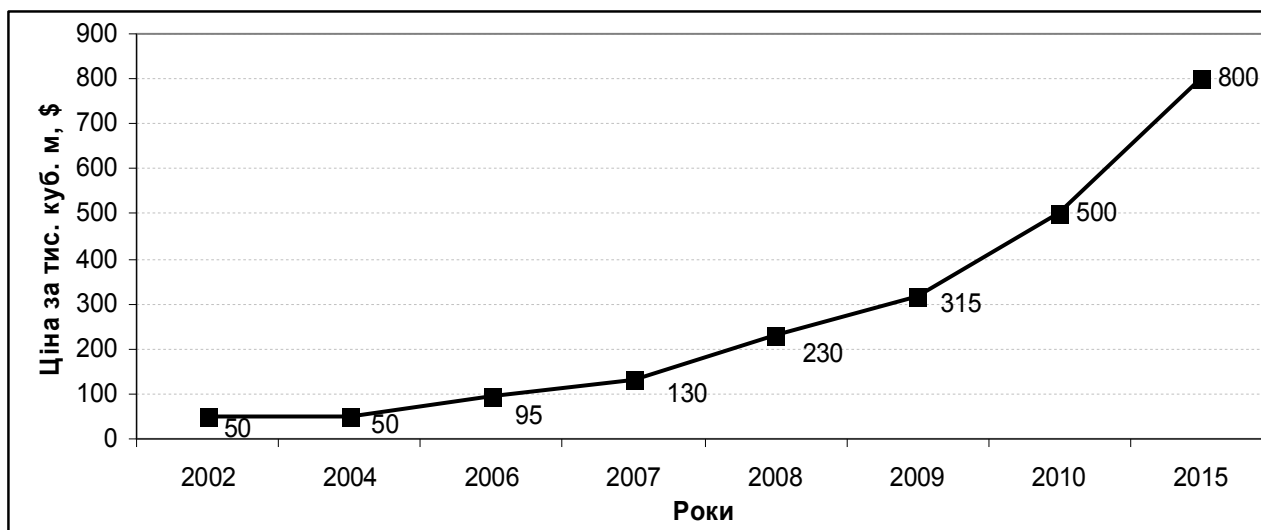


Рис. 4.3 Динаміка зростання цін на газ в Україні

Електроенергія

Одним із суттєвих факторів, що значно впливає на рентабельність підприємства, є постійне зростання цін на електроенергію.

При спалюванні 1 м³ біогазу в теплоелектрогенераторі можна виробити 2 кВт·год. електроенергії.

Отже, маючи біогазову установку, підприємство зможе повністю або частково забезпечити свої потреби в електроенергії, при цьому ціна щороку не збільшуватиметься.

Теплоенергія

Теплоенергію, отриману від охолодження теплообмінника силової установки, можна використовувати для обігріву ферми, адміністративних будинків, сушіння насіння, підігріву води для утримання ВРХ.

Поряд з біогазовими установками можна відроджувати і встановлювати нові теплиці. Тепло також може використовуватися для приведення в дію рефрижераторів, що може використовуватися, наприклад, для охолодження свіжого молока на молочних фермах або для зберігання м'яса.

Так, при спалюванні біогазу, крім електроенергії, теплоелектрогенератор дозволяє отримати із 1 м³ біогазу 3 кВт тепла.

Добрива

1. Звичайний гній неефективно використовувати як добриво у свіжому вигляді. Після біогазової установки добрива можна використовувати відразу ж, адже маса, що перебродила, – це готові екологічно чисті, рідкі або після сепарування, тверді біодобрива (гумус)

без нітратів, насіння бур'янів, патогенної мікрофлори, яєць гельмінтів, специфічних запахів.

2. У звичайному гної мінералізація становить приблизно 40% і мінерали зв'язані з органікою, тому засвоюються рослинами гірше, а в перебродженій масі мінералізація 60% і мінерали переходять у форму доступну рослинам.

3. При використанні таких збалансованих біодобрих врожайність підвищується на 30-50%.

4. Мінеральних добрив потрібно вносити багато, а їх вартість дуже висока і значна їх кількість залишається у ґрунті, засолюючи його.

5. При звичайному зберіганні гною протягом тривалого часу відбувається значна втрата корисних мінеральних елементів, наприклад, азот вивітрюється.

6. До того ж, біодобрива поліпшують структуру ґрунту, збільшуючи в ньому вміст гумусу, і цим самим підвищується родючість самого ґрунту.

7. Вартість твердих біодобрих такої якості сьогодні в Україні у середньому становить 0,075 €/кг, тобто 75 €/тонну, а ціна на рідкий біогумус дорівнює 3 €/м³. В Європі ціна на тверді біодобрива становить 200 €/тонну.

4.4.4. Техніко-економічні розрахунки (розрахунки у названому розділі проведено станом на січень 2010 року)

Загалом економіка біогазової установки складається із витратної частини та отриманого прибутку.

Витратна частина проекту

Це всі витрати, пов'язані із будівництвом та обслуговуванням біогазової установки, а саме:

1. Капітальні витрати на будівництво. Сюди входять всі роботи, пов'язані зі створенням системи підготовки, подачі біомаси в установку, будівництвом реактора із системами постійного обігріву, змішування та перекачки перебродженої маси, його утеплення та герметизація. Встановлення системи автоматики та безпеки, що забезпечує автономне функціонування установки.

2. Витрати, пов'язані із обслуговуванням реактора. Сюди входить технічне обслуговування системи підготовки та подачі біомаси, системи постійного змішування.

3. Витрати, пов'язані з обслуговуванням генератора.

4. Витрати, пов'язані із виплатою заробітної плати одному

фахівцеві, який обслуговує установку.

Кількість та вартість обладнання, необхідну для будівництва біогазової установки, наведено в табл. 4.8 та 4.9.

Таблиця 4.8

Склад та кількість обладнання для біогазової установки

Реактор 3000 м ³	
Обладнання	КІЛЬКІСТЬ
Ємність із спеціального високоякісного бетону з арматурою	2
Система підігріву бокової поверхні реакторів	2
Система підігріву днища реакторів	2
Теплоізоляція бокової поверхні	2
Теплоізоляція днища	2
Теплоізоляція верхньої частини реакторів	2
Газгольдер	2
Обладнання для підготовки біомаси	1
Система подачі та відведення біомаси	1
Система перемішування в реакторі	2
Система електро та газової автоматики	1
Система безпеки	1
Сепаратор	1
Теплоелектрогенератор 350 кВт/год.	
Обладнання	КІЛЬКІСТЬ
Система підготовки біогазу	1
Система автоматики	1
Генератор	1

Таблиця 4.9

Вартість обладнання, євро

Реактор бродіння	2 965 000
Теплоелектрогенератор	1 455 000
Всього за обладнання «під ключ»	1 420 000

Прибуткова частина

Основні надходження можна отримати від використання отриманого біогазу, електроенергії та біодобрих. У таблицях нижче детально описано прибуток, який можна отримати за один рік експлуатації установки.

Крім основних, є додаткові вигоди, які вимірюються також коштами, наприклад, економія площ, зменшення екологічних штрафів та штрафів за нераціональне використання енергетичних ресурсів.

Термін окупності установки

Отже, маючи витрати, які пов'язані із будівництвом та обслуговуванням біогазової установки та прибутком від реалізації або заощадження енергоносіїв за 1 рік, можна визначити термін окупності.

Термін окупності запропонованого варіанту біогазової установки з реактором бродіння та системою очистки становить, з урахуванням подорожчання енергоносіїв, – 1,7 року.

Нижче знаходяться економічні розрахунки окупності біогазової установки. Розрахунки включають у себе дві таблиці:

1. Окупність за сьогоdnішніх цін (табл. 4.10).
2. Окупність з урахуванням прогнозованого подорожчання енергоносіїв (4.11).

Таблиця 4.10

Результати техніко-економічного обґрунтування біогазової установки (без урахування прогнозу з підвищення цін)

ВИТРАТИ	
	Сума, EUR
Капітальні витрати	1420000
Обслуговування реактора	20550
Обслуговування електрогенератора	8000
Оплата праці персоналу	2000
Всього	30550
ПРИБУТОК	
	Загальна
Біогаз	
Електроенергія	245280
Теплова енергія	104244
Біодобрива сухі	188650
Рідкі біодобрива	54054
Загальна сума	592228
Чистий прибуток	561678
Термін окупності, роки	2,5

Таблиця 4.11

Результати техніко-економічного обґрунтування біогазової установки з урахуванням середньорічного підвищення цін на енергоносії (з урахуванням прогнозу підвищення цін)

ВИТРАТИ	
	Сума, EUR
Капітальні витрати	1420000
Обслуговування реактора	20550
Обслуговування електрогенератора	8000

Оплата праці персоналу	2000
Всього витрати	30550
ПРИБУТОК	
	Загальна
Біогаз	
Електроенергія	367920
Теплова енергія	122640
Біодобрива сухі	264110
Рідкі біодобрива	108108
Загальна сума	862778
Чистий прибуток	832228
Термін окупності, роки	1,7

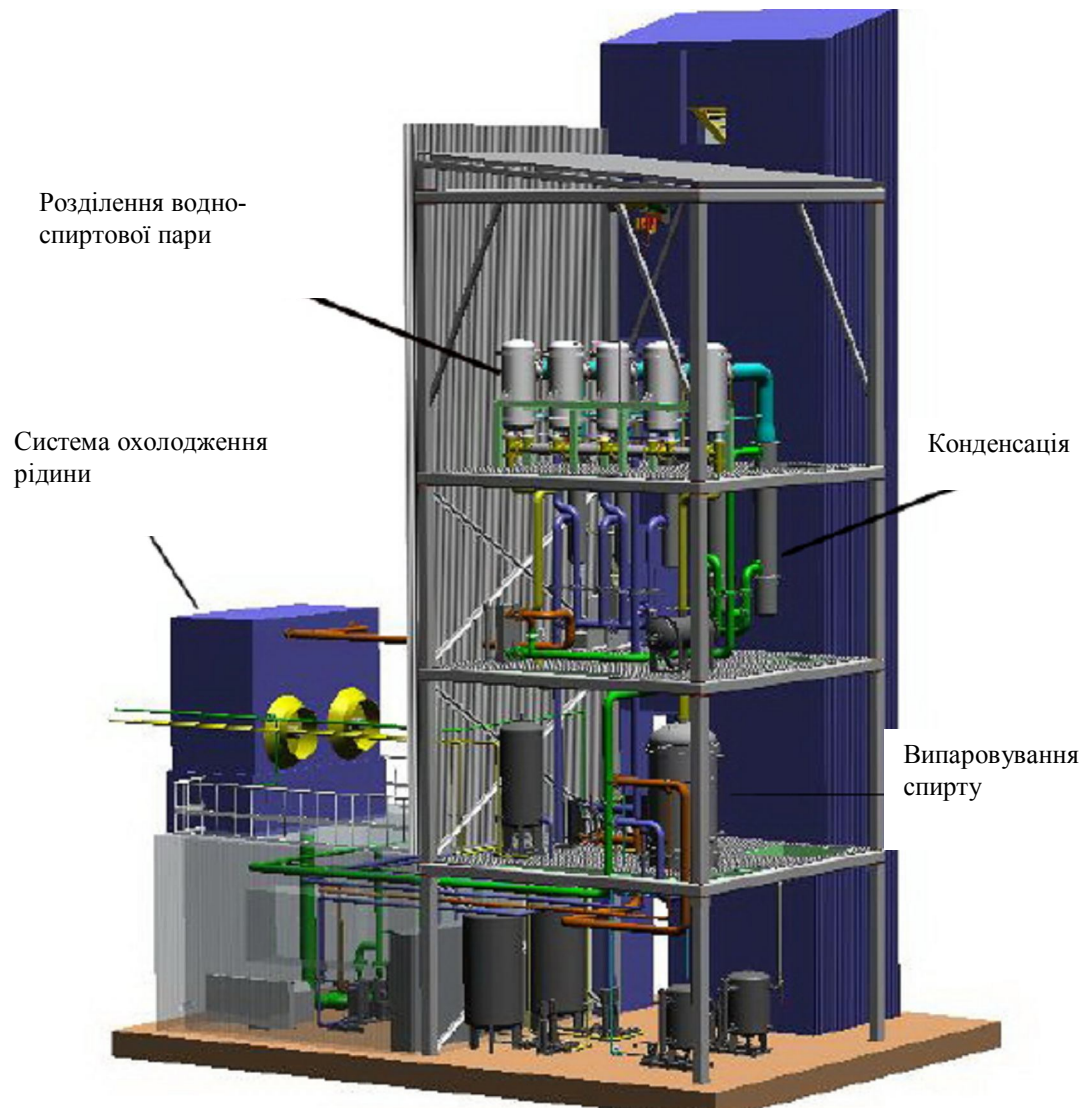
Основні терміни та поняття

Біогаз. Метан. Вуглекислий газ. Біогазова установка. Анаеробна ферментація. Біодобрива. Безкисневе бродіння. Мінералізація. Синтез-газ. Газогенератори. Синтетичне паливо. Силос. Очисні споруди. Газифікатори. Парові котли. Утилізація відходів.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке біогаз? Де він застосовується?
2. Наведіть загальні тенденції виробництва та використання біогазу у світі.
3. У чому полягають особливості виробництва та використання біогазу в окремих країнах світу?
4. Що включають у себе сучасні технології отримання біогазу?
5. Охарактеризуйте розвиток біогазу в Україні.
6. Як працює біогазова установка з виробництвом електроенергії з біогазу?
7. Де було встановлено першу установку з отримання біогазу в Україні?
8. Які переваги та недоліки використання біогазової установки?
9. Опишіть принцип дії біогазової установки.

Які перспективи і напрями розвитку виробництва біогазу в Україні?



Станція обезводнення спирту потужністю 100 м³ на добу



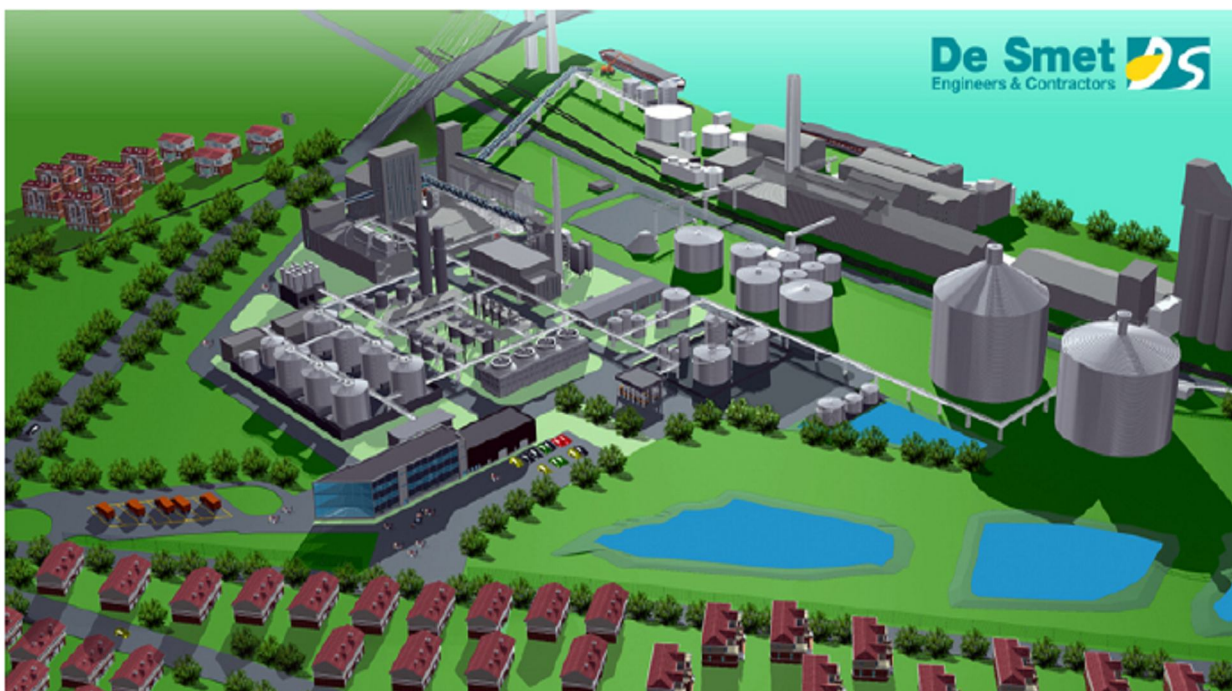
а)



б)

Обладнання з виробництва біоетанолу на Гайсинському спиртовому заводі:

а) – бродильне відділення; б) – брагоректифікаційна та обезводнююча колони



Проект заводу з виробництва біоетанолу в Бельгії. Потужність виробництва – 240 тис. тонн етанолу в рік*

*<http://bioethanol.ru/bioethanol/news>



Завод з виробництва біоетанолу в Австрії. Потужність – 190000 т у рік. Вартість – 100 млн. євро*

*Джерело: <http://www.poerner.at/history.0.html?&L=3>



Установка для виробництва біодизелю. Потужність виробництва – до 1 тонни в час біодизелю*

*<http://www.ukrbudmash.com.ua/ru/product.html>



Відкритий ставок для вирощування водоростей з подальшою переробкою у біодизель, Ізраїль*

* http://www.cnet.com/8300-11128_3-54-1/html?keyword=algae



Виробництво біодизелю. Іспанія. Потужність – 21,000 м³ у рік. Інвестиції – 8,2 млн. євро*

*<http://www.bioethanol.ru/biodiesel/Production>

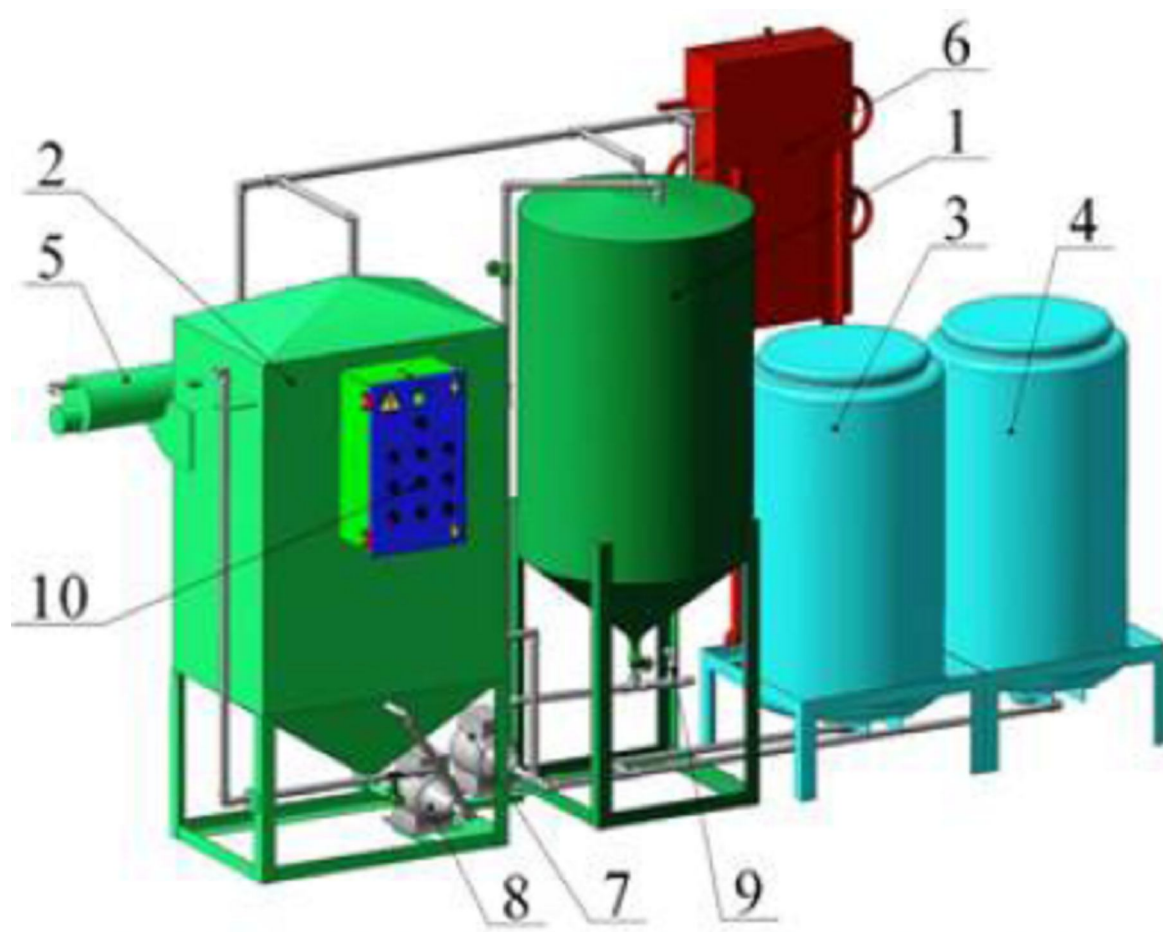


Завод з виробництва біодизелю у Німеччині*

*<http://www.bioethanol.ru/biodiesel>



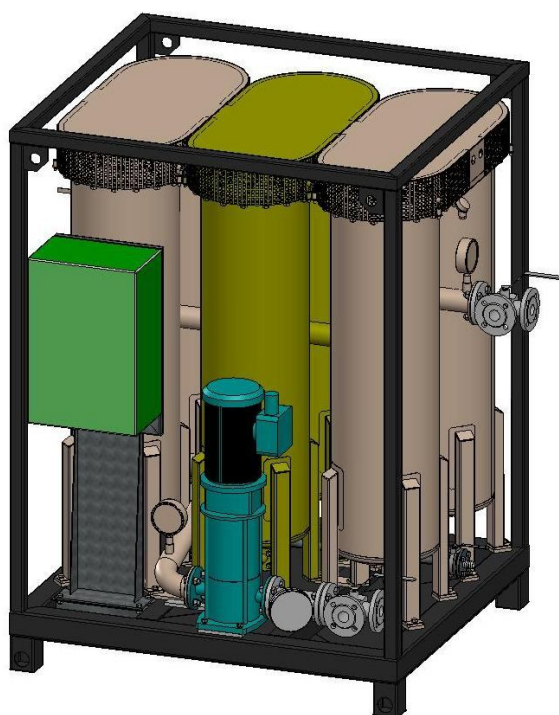
Модульна установка для холодного віджиму насіння олійних культур



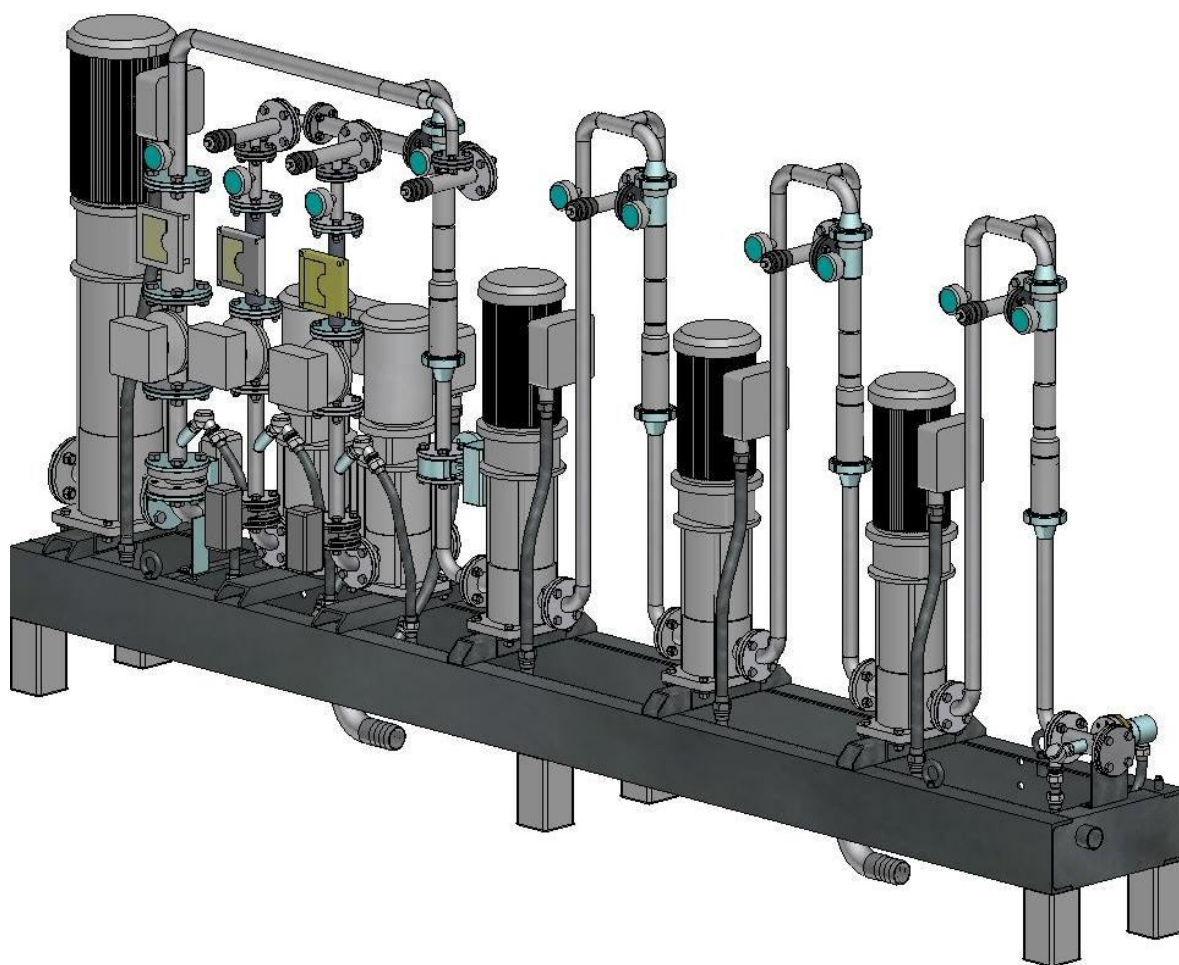
- | | |
|--|---|
| 1. Реактор | 5. Система трубопроводів з електромагнітними клапанами та вентилями |
| 2. Ємність метилових ефірів (готовий продукт) | 6. Випаровувач |
| 3. Ємність розчину метанолу з каталізатором (NaOH або KOH) | 7. Конденсатор |
| 4. Ємність розчину лимонної кислоти | 8. Циркулярний насос |
| | 9. Вихідний насос |
| | 10. Щит управління |



Прес для віджиму насіння*



Підігрівач масла для приготування біодизелю*

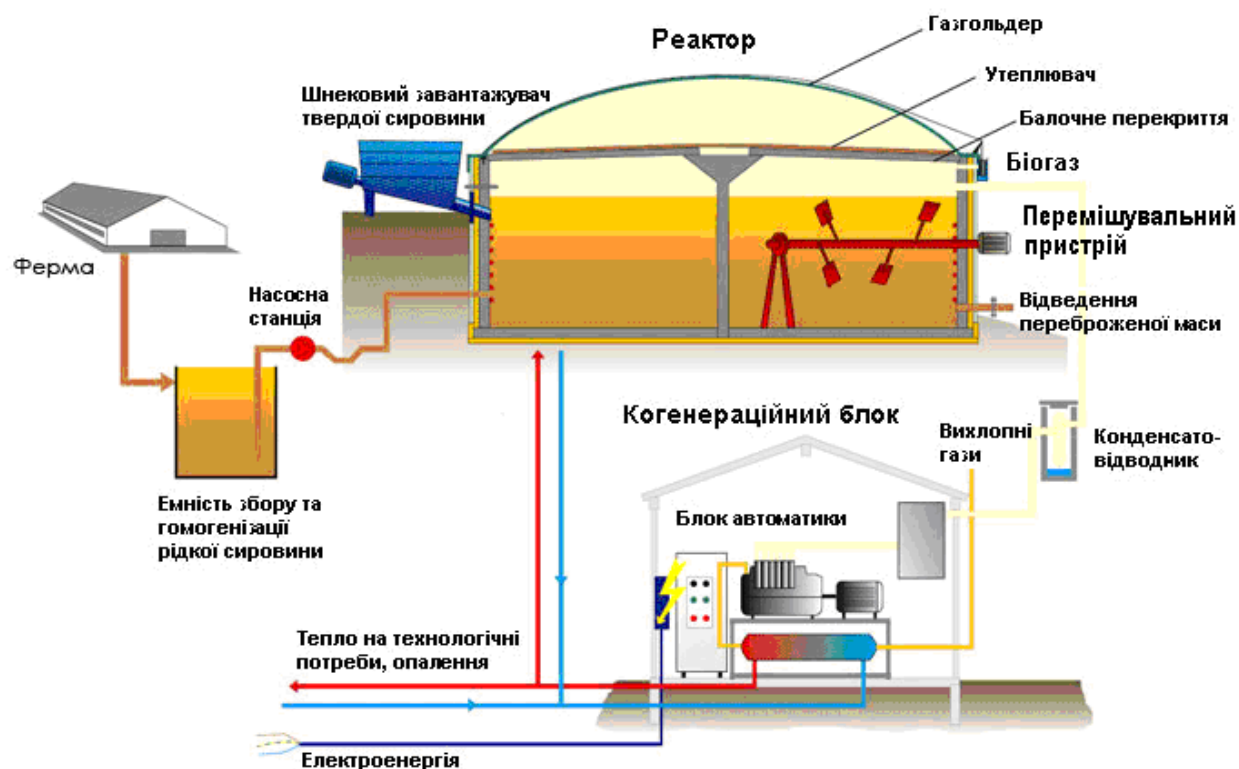


Біодизельний гідродинамічний кавітаційний реактор*

*<http://biodieselmach.com>



Будівництво заводу з виробництва біогазу. Перероблятиме побічні продукти переробки цукрового заводу.



Принцип дії біогазової установки*

*<http://zorg.ua/biogazovye-ustanovki>



Завантаження твердих відходів. Насосна станція. Реактор усередині*



Біогазові установки*

*<http://zorg.ua/biogazovye-ustanovki>



Біогазова установка у селищі. Переробляє відходи 40 житлових будинків. Місцеві жителі використовують біогаз для приготування їжі*

*http://www.sln.org.uk/geography/images_of_uganda.html

10.