DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6
УДК 631.171

О. Г. Скляр[1], канд. техн. наук ORCID: 0000-0002-0456-2479
Р. В. Скляр[1], канд. техн. наук ORCID: 0000-0002-1547-5100
Б. В. Болтянський[1], канд. техн. наук ORCID 0000-0003-2072-4025
[1] *Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*
e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua, тел.: +380679168580

АСПЕКТИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

Анотація. В статті розглянуто технологію отримання біогазу як складну систему, на яку впливають велика кількість чинників, кожен із яких неможливо оцінити окремо. Обґрунтовано, що технологічний процес біогазових установок ґрунтується на технічних, біологічних, хімічних, організаційних та інших елементах системи, які перебувають у безперервному зв'язку один з одним. Проведено аналіз основних елементів системи виробництва біогазу відповідно до підходів міжнародної системи менеджменту якості ISO 9001:2000. Виявлено, що найбільш актуальне підвищення ефективності біогазових установок − удосконалення технічних показників процесу отримання біогазу як системоутворювальних елементів системи. Інші необхідно враховувати при проведенні досліджень як обмежувальні. Так для якісного моделювання необхідно скористатися процесним та системним підходом міжнародної системи. Бажаний результат досягається ефективніше, коли діяльністю та відповідними ресурсами керують як процесом. Розроблено карту процесів біогазової установки та відповідну до неї загальну схему технологічного процесу функціонування біогазової установки.

Ключові слова: біогаз, установка, добрива, система, технологічний процес, карта процесу, технологія.

Постановка проблеми. Виробництво біогазу має велике господарське значення для отримання біопалива, теплової та електричної енергії, органічних добрив, дозволяє запобігти викидам метану в атмосферу, а також може бути використане як автомобільне паливо [1,2]. Метан стоїть на другому місці після двоокису вуглероду (CO_2) в ряду парникових газів, що виділяються в результаті діяльності людини. Метан в 23 рази ефективніше підтримує тепло в атмосфері Землі, ніж CO_2. Метан – відносно недовговічний газ, і його присутність в атмосфері становить приблизно 12 років. Оскільки метан має такі характеристики, скорочення його присутності в атмосфері було б особливо ефективним у плані попередження глобального потепління в найближчі роки. [3].

© Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В., 2024

Біогазові установки можуть бути використані як очисні споруди на спиртових заводах, цукрових заводах, фермах, птахофабриках, м'ясокомбінатах та замінюють ветеринарно-санітарний завод, тобто тваринні відходи утилізується в біогаз замість виробництва м'ясо-кісткового борошна [4].

Серед промислово розвинених країн головне місце за абсолютними показниками (за кількістю середніх та великих установок) чільне місце займає Німеччина – 8 млн од. У Західній Європі трохи менше половини всіх птахоферм опалюється біогазом [5, 6].

Аналіз останніх досліджень. Питаннями виробництва біогазу в Україні займалися такі науковці, зокрема: Гелетуха Г.Г., Матвєєв Ю.Б., Кучерук П.П., Ратушняк А.А., Токарчук Д.М., Калетнік Г.М., Пришляк Н.В., Скорук О.П. та ін. За цей період розроблені біогазові різної продуктивності і різного конструктивного виконання. За їх даними можна перелічити наступні переваги біогазової технології [2, 4, 8, 9]:

– використання для виробництва енергії відновлюваної, місцевої рослинної та тваринної сировини;

– можливість використання досі економічно не використаних рослин (або їх частин);

– можливість утилізації органічних відходів для виробництва енергії;

– децентралізоване енергопостачання без багатокілометрових комунікацій;

– скорочення емісій парникових газів як метан (CH_4), звеселяючий газ (N_2O), вуглекислий газ (CO_2) в атмосферу;

– вивільняється тільки та кількість CO_2, яка була засвоєна рослинами в процесі росту (замкнутий кругообіг CO_2), метан не виділяється в атмосферу;

– поліпшення якості добрива в порівнянні з непереробленим гноєм, зменшення інтенсивності запаху і лужності при внесенні в ґрунт, швидша засвоюваність рослинами поживних речовин порівняно з необробленим гноєм;

– у процесі ферментації скорочується кількість патогенних мікробів і схожість бур'янів;

– економія добрив та отрутохімікатів, ферментаційний залишок є ефективним та екологічним замінником мінеральних добрив.

Формулювання мети статті. Удосконалення технології виробництва біогаза на основі аналізу найбільш розповсюджених технологій та класифікації біогазових установок.

Основна частина. Технологія отримання біогазу та її подальше застосування є складним процесом, на який впливає велика кількість чинників, кожен із яких неможливо оцінити окремо. З цієї причини необхідно розглядати сукупність безлічі елементів, що перебувають у

суттєвих відносинах і зв'язках один з одним і утворюють певну цілісність, єдність, тобто систему [10,11]. Це цілісна сукупність елементів, що взаємодіє один з одним, між елементами системи є суттєві зв'язки, які із закономірною необхідністю визначають інтеграційні якості цієї системи. Для формування системи необхідно забезпечити упорядковані зв'язки, тобто, створити певну організаційну структуру, що складається з взаємопов'язаних об'єктів та суб'єктів управління, що реалізують цільову функцію системи.

Технологічний процес біогазових установок ґрунтується на технічних, біологічних, хімічних, організаційних та інших елементах системи, що перебувають у безперервному зв'язку один з одним [12-14].

До технічних відносяться конструктивні особливості деталей та вузлів біогазової установки. Вона повинна мати необхідні частини [15]:

– ємність для гомогенізації;
– завантажувач твердої (рідкої) сировини;
– пристрій для перемішування;
– газгольдер;
– метантенк;
– трубопроводи для транспортування біогазу;
– система змішування води та опалення;
– сепаратор;
– насосна станція;
– КДП та А з візуалізацією;
– прилади контролю;
– система безпеки.

Біомаса відповідно до технологічного процесу подається насосами або завантажувачем в метантенк [16] - утеплений резервуар, що підігрівається, і обладнаний міксерами.

Будматеріалом для промислового резервуару найчастіше є залізобетон або сталь з покриттям. У малих установках іноді використовують композиційні матеріали. У реакторі живуть корисні бактерії, які харчуються біомасою, продуктом життя діяльності яких є біогаз. Для підтримки життя бактерій потрібно подання органічних матеріалів, підігрів до необхідної температури та періодичне перемішування. Біогаз, що утворюється, накопичується у газгольдері, надалі очищається в спеціальній системі та подається на використання (котел або електрогенератор). Метантенк пожежобезпечний, працює без доступу повітря та герметичний [16].

Для зброджування деяких видів сировини у чистому вигляді потрібна спеціальна двостадійна технологія. Наприклад, пташиний послід [17, 18], спиртова барда не переробляються на біогаз у

звичайному реакторі. Для переробки необхідно використовувати ще реактор гідролізу. За допомогою нього можна контролювати рівень кислотності, таким чином бактерії не гинуть через підвищення вмісту кислот або лугів. Можлива переробка цих субстратів за одностадійною технологією, але при коферментації (змішуванні) з іншими видами сировини, наприклад, з гною або силосом [10, 11].

До біологічних елементів системи отримання біогазу відносяться [19, 20]:

– склад зброджeної біомаси (зміст білків, жирів, вуглеводів, лігніну);

– склад мікрофлори (кількість та групи мікроорганізмів відповідної стадії розкладання);

– умови життєдіяльності мікроорганізмів (зміст шкідливих домішок).

Біогаз – газ, що отримується у результаті ферментації (зброджування) органічних речовин в анаеробних умовах. У виробництві біогазу беруть участь різні типи мікроорганізмів з різноманітною кількістю функцій катаболізму [20]. Біогазове бродіння в залежності від мікробного виду бактерій, що беруть участь, можна розділити на три етапи. Перший називається початком бродіння бактерій. Різні органічні бактерії, розмножуючись, виділяють позаклітинні ферменти, основна роль яких полягає у руйнуванні складних органічних сполук із гідролізним утворенням простих речовин. Наприклад, полісахариди у моносахариди; білок у пептиди або амінокислоти; жири в гліцерин та жирні кислоти. Другий етап називається водневим. Утворюється водень внаслідок діяльності оцтовокислих бактерій. Їхня основна роль полягає в бактеріальному розкладанні оцтової кислоти з утворенням двоокису вуглецю та водню. Третій етап називається метаногенним. У ньому бере участь тип бактерій, відомих як метаногени. Їхня роль полягає у використанні оцтової кислоти, водню та діоксиду вуглецю з утворенням метану [20].

Перелік органічних відходів, придатних для виробництва біогазу [2, 4, 11, 18]: коров'ячий і свинячий гній, пташиний послід, відходи м'ясобійні, трава, солома, мул стічних вод, післяспиртова барда, пивна дробина, жирові відходи, прострочені продукти та багато іншого. Наприклад, з 1 т гною великої рогатої худоби утворюється 50–65 куб. м. біогазу, із різних видів енергетичних рослин — 100–500 куб. м. Так, біогазові установки на кукурудзяному силосі виробляють 230 куб. м. біогазу з 1 т сировини [2, 4].

У гною великої рогатої худоби вже містяться всі необхідні для початку ферментації мікроорганізми, саме тому ця сировина часто використовується для запуску процесів бродіння в нових реакторах.

Вихід біогазу залежить від вмісту сухої речовини та виду використовуваної сировини. З 1 т гною великої рогатої худоби виходить 50-65 м³ біогазу з вмістом метану 60%, 150-500 м³ біогазу з різних видів рослин із вмістом метану до 70 %. Максимальну кількість біогазу − це 1300 м³ із вмістом метану до 87%, можна отримати з жиру [4, 12].

Фізичні елементи системи виробництва біогазу, що впливають на процес бродіння [9, 11, 12, 15, 18], включають:

– площа поверхні частинок сировини;
– температуру зброджування;
– частота подачі субстрату;
– сповільнювальні речовини;
– тиск у біогазовій установці;
– гідравлічний режим;
– вологість середовища;
– стимулюючі добавки.

Метанові бактерії виявляють свою життєдіяльність у межах температури 0-70 ºС. Якщо температура вища, вони починають гинути, крім кількох штамів, які можуть жити при температурі середовища до 90ºС. За мінусової температури вони виживають, але припиняють свою життєдіяльність, у літературі нижню межу температури вказують як 3-4ºС. Бактеріальні штами, що відповідають за розкладання біомаси, найбільш продуктивні при температурах 25 ° С (психрофільні), 37 ° С (мезофільні) або 55 ° С (термофільні) [11, 12, 16].

Площа поверхні частинок сировини має важливе значення для часу розкладання біоматеріалу: що менше частинки субстрату, то краще. Чим більше площа взаємодії бактерій з матеріалів біореактору і чим волокнистіший субстрат, тим легше і швидше бактеріям розкладати субстрат. Крім того, його простіше перемішувати, змішувати та підігрівати без утворення плаваючої кірки або осаду. Подрібнена сировина має вплив на кількість виробленого газу через тривалість періоду бродіння. Чим коротший період бродіння, тим краще має бути подрібнений матеріал.

Хімічні елементи системи біогазових установок [12]:

– кислотність середовища (величина pH);
– вміст ЛЖК в масі, що зброджується;
– обсяг та склад біогазу;
– рівень pH;
– співвідношення C: N: P.

Склад та якість біогазу включає 50-87% метану, 13-50% CO_2, незначні домішки H_2 та H_2S. Після очищення біогазу від CO_2 виходить біометан – повний аналог природного газу, відмінність лише у походженні.

Оскільки тільки метан постачає енергію з біогазу, доцільно для опису якості газу, виходу газу та кількості газу все відносити до метану з його показниками, що нормуються. Об'єм газів залежить від температури та тиску. Високі температури призводять до розширення газу і до зменшування разом з обсягом рівня калорійності, і навпаки. Крім того, при зростанні вологості калорійність газу також знижується.

Організаційні елементи системи включають [10, 12, 15]:

– кількість та періодичність завантаження та вивантаження зброджeного матеріалу;

– можливість реалізації отриманої продукції (газ, добрива, електроенергію тощо);

– якісний склад маси, що завантажується.

На основі аналізу класифікації біогазових установок [1, 8, 15, 18], можна зробити висновок, що найбільш часто зустрічаємий варіант біогазової установки – це одноступінчаста, мезофільна, квазінеперервно завантажувальна установка вологої ферментації для виробництва електричної енергії та теплоти.

З проведеного попереднього аналізу можна дійти висновку у тому, що найбільш актуальне підвищення ефективності біогазових установок − удосконалення технічних показників процесу отримання біогазу як системоутворювальних елементів системи. Інші необхідно враховувати при проведенні досліджень як обмежувальні.

На функціонування біогазових установок мають великий вплив і особливості утримання тварин (птиці). В отримуваній органічній сировині міститься велика кількість різних за фізико-механічним складом матеріалів: гній тварин, солома, сторонні предмети. Солома є підстилковим матеріалом, багата на клітковину і є поганою сировиною для отримання метану, в біореакторі вона відшаровується від гною, спливає на поверхню і утворює шар, що перешкоджає виділенню газу [20, 21]. Сторонні предмети – цегла, металеві деталі та інші результати безгосподарності – перешкоджають перебігу технологічного процесу та ведуть до поламок машин. Все це сильно ускладнює процес отримання біогазу, тому необхідно попереднє відділення в'язкого або сипучого, в залежності від вологості, гною від соломи, подрібнення соломи перед надходженням його в біореактор, при необхідності очищення від сторонніх домішок. Якісне подрібнення органічних матеріалів, що надходять на переробку, особливо соломи, підвищує швидкість бродіння і скорочує терміни переробки.

Для забезпечення однорідності та руйнування газонепроникної кірки застосовуються змішувачі різних конструкцій, вибір та обґрунтування їх оптимальних конструктивно-режимних параметрів є резервом підвищення кількості одержуваного метану [10, 22].

Диспергація також підвищує однорідність, а подрібнення до дисперсного стану підвищує ефективність біогазової установки.

Для створення необхідної вологості витрачається велика кількість води, яка згодом видаляється з отриманих добрив безповоротно, це неприпустимо з погляду економії водних ресурсів. Вологу разом з бактеріями, що знаходяться в ній, необхідно повертати в технологічний процес, для цього пристрої розподілу твердої і рідкої фракцій повинні бути високопродуктивні. Отримані добрива мають отримувати високу додану вартість та стати реальним джерелом доходу.

Базовим варіантом для обґрунтування підходу до проєктування біогазових установок може бути міжнародна система менеджменту якості ISO 9001:2000 [23], оскільки має місце збіг цілей - підвищення ефективності, мірою оцінки якої в нашому випадку може бути масштабність процесу, показники ресурсозбереження, якість одержуваної продукції. Для якісного моделювання необхідно скористатися процесним та системним підходом міжнародної системи [23]. Бажаний результат досягається ефективніше, коли діяльністю та відповідними ресурсами керують як процесом.

Основна мета процесного підходу – постійне покращення, що ґрунтується на розробках нової структури моделей, орієнтації на задоволення потреб споживачів, аналіз даних про функціонування системи, підтримання тривалого стійкого стану системи в цілому та її елементів [23].

Концепція постійного покращення включає покращення маленькими кроками та проривами, періодичну оцінку відповідності встановленим критеріям досконалості для визначення галузі потенційного покращення, постійне підвищення ефективності всіх процесів. Для успішного функціонування система повинна визначити та керувати численними взаємопов'язаними процесами, що використовують ресурси та керованими з метою перетворення входів у виходи, при цьому часто вихід одного процесу утворює безпосередньо вхід наступного.

На рисунку 1 наведено карту процесів біогазових установок. Керуючі процеси спрямовані на організацію процесу, розкривають мету процесу та технічні вимоги до процесу. Разом з ефективністю процесу товар отримує додану вартість, що відбиває економічну ефективність. Процеси, що забезпечують, спрямовані на підтримку, контроль, коригування та запобігання можливим відхиленням від нормативних вимог.

При описі процесу мають бути враховані компоненти, необхідні для належного функціонування [23]: визначити межі процесу; встановити вимоги до нього; ідентифікувати вхідні та вихідні потоки; визначити основні показники.

Рис. 1. Карта процесів біогазової установки

Розробка обладнання БГУ пов'язана з використанням великої кількості інформації, розвиток методів проєктування великих і складних систем вимагає використання системного аналізу [20,24]. При цьому ключовим є постановка оптимізаційних завдань, тут типовою є ситуація, коли не потрібно високої точності при знайденні оптимальних значень параметрів [25]. На рисунку 2 представлено загальну схему пропонованого технологічного процесу функціонування біогазової установки, де враховано виявлені недоліки існуючого обладнання. Гній із тваринницької ферми надходить на вібросито і відокремлюється від сторонніх домішок, найчастіше підстилкової соломи, і прямує в біореактор, куди солома може надходити після подрібнення.

У біореакторі процес переробки активується двовальним змішувачем та диспергатором, при цьому змішувачів може бути декілька залежно від обсягу метантенка.

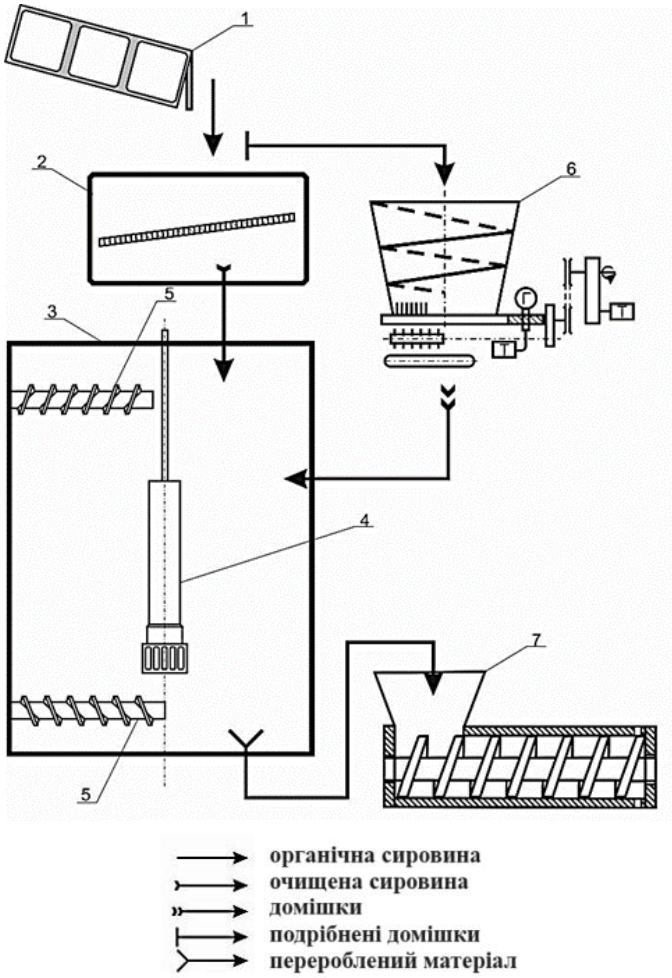

Рис. 2. Загальна схема технологічного процесу функціонування біогазової установки: 1 – бункер з сировиною, 2 – вібросито, 3 – біореактор, 4 – диспергатор, 5 – змішувальний шнек, 6 – подрібнювач, 7 – гвинтовий прес

Перероблений органічний матеріал розподіляється у гвинтовому пресі на тверду та рідку фракції, тверда отримує високу додану вартість, а рідка повертається у технологічний процес для повторного використання.

Висновки. Аналіз технічних, біологічних, хімічних, організаційних елементів системи виробництва біогазу дозволив розробити карту процесів біогазової установки з урахуванням основних підходів міжнародної системи менеджменту якості ISO 9001:2000. На основі розробленої карти запропоновано та обґрунтовано загальну схему технологічного процесу функціонування біогазової установки.

Список використаних джерел.

1. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський [та ін.]. Київ: Кондор, 2020. 410 с.

2. Гелетуха Г., Кучерук П., Матвєєв Ю.. Аналітична записка UABIO №29. Перспективи виробництва біометану в Україні. Вересень 2022. С. 58. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf (дата звернення 18.01.2024).

3. Emmanuel Kweinor Tetteh, Sudesh Rathilal. Kinetics and Nanoparticle Catalytic Enhancement of Biogas Production from Wastewater Using a Magnetized Biochemical Methane Potential (MBMP) System. URL: https://www.mdpi.com/2073- 4344/10/10/1200 (дата звернення 23.01.2024).

4. Гелетуха Г. Г., Кучерук П. П., Матвєєв Ю. Б. Перспективи виробництва та використання біометану в Україні. *Аналітична записка Біоергетичної асоціації України.* 2014. № 11. 42 с.

5. Milbrandt A., Bush B., Melaina M. Biogas and Hydrogen Systems Market Assessment. 25 p. URL: https://www.nrel.gov/docs/ fy16osti/63596.pdf (дата звернення 14.01.2024).

6. Norazwina Zaino. Kinetics of Biogas Production from Banana Stem Waste, Biogas. *InTech.* 2012. P. 395-408.

7. Muradin M., Joachimiak-Lechman K., Foltynowich Z. Evaluation of Eco-Efficiency of Two Alternative Agricultural Biogas Plants. URL: https://www.mdpi.com/2076-3417/8/11/2083 (дата звернення 10.01.2024).

8. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г., Кощеєв І. А. Біогазові установки з відновлюваними джерелами енергії термостабілізації процесу ферментації біомаси. Вінниця: ВНТУ, 2017. 110 с.

9. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В. Теплообмінні та гідродинамічні процеси в елементах енергозабезпечення біогазової установки: монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. 132 с.

10. Гураль І. В., Дивак М. П. Біохімічний аналіз процесів в біогазових установках та його застосування в задачі макромоделювання процесів виробництва біогазу. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.* 2014. № 7. С. 152–158.

11. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.

12. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plan. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. 2014. Vol.16(2). P. 183–188.

13. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research:* Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Bilbao, 2020. P. 431–433.

14. Komar A. S. Methodological approaches to the optimization of machine technologies of animal waste disposal. *Scientific research in the modern world:* Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2023. P. 194–198.

15. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2021. Вип. 11, т. 2. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-2-3.

16. Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 10, т. 1. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2020-1-14.

17. Григоренко С. М. Способи переробки пташиного посліду для виробництва теплової енергії. *Сучасні проблеми землеробської механіки:* збірник тез доп. XXIII Міжнар. наук. конференції. Київ, 2022. С. 126–129.

18. Григоренко С. М. Удосконалення технології метаногенерації пташиного посліду. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 94–99.

19. Skliar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education:* Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome, 2021. P. 171–176.

20. Майстренко О. Ю., Куріс Ю. В., Калінцева Ю. С. Розробка математичної моделі процесів розвитку мікроорганізмів в рамках біоенергетики біомаси. *Новини Енергетики*. 2010. № 2. С. 32–39.

21. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 2. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-9.

22. Войтов В. А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100–109. https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-4-100-109.

23. Системи управління якістю вимоги (ISO 9001: 2000, IDT) URL:https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000011/11933.pdf (дата звернення 21.01.2024).

24. Скляр Р. В. Основні принципи побудови та аналіз математичних моделей технологічних процесів. *Молодь і технічний прогрес в АПК:* матер. Міжнар. наук.-практ. конференції. Харків: ХНТУСГ, 2021. С. 263-266.

25. Скляр Р. В. Доцільність використання економіко-математичних моделей в сільському господарстві. *Інноваційні технології в АПК*: матеріали VII Всеукр. наук.-практ.конференції. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. С. 122–124.

Стаття надійшла до редакції 27.02.2024 р.

O. Skliar[1], R. Skliar[1], B. Boltianskyi[1]
[1] Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

ASPECTS OF IMPROVING BIOGAS PRODUCTION TECHNOLOGY

Summary

The article examines the biogas production technology as a complex system that is influenced by a large number of factors, each of which cannot be assessed separately. It is substantiated that the technological process of biogas plants is based on technical, biological, chemical, organizational and other elements of the system, which are in continuous communication with each other. The main elements of the biogas production system were analyzed in accordance with the approaches of the international quality management system ISO 9001:2000. Based on the analysis of the classification of biogas plants, it can be concluded that the most common version of the biogas plant is a single-stage, mesophilic, quasi-continuously loaded wet fermentation plant for the production of electricity and heat. It was found that the most urgent improvement of the efficiency of biogas plants is the improvement of technical parameters of the process of obtaining biogas as system-forming elements of the system. Others must be taken into account when conducting research as limiting. Thus, for high-quality modeling, it is necessary to use the process and system approach of the international system. The desired outcome is achieved more effectively when activities and related resources are managed as a process. The main goal of the process approach is continuous improvement, based on the development of a new structure of models, orientation on meeting the needs of consumers, analysis of data on the functioning of the system, maintenance of a long-term stable state of the system as a whole and its elements. The concept of continuous improvement includes improvement in small steps and breakthroughs, periodic assessment of compliance with established criteria of excellence to identify areas of potential improvement, continuous improvement of the efficiency of all processes. To function successfully, a system must identify and manage multiple interrelated processes that use resources and are controlled to transform inputs into outputs, often with the output of one process directly forming the input of the next. A process map of the biogas plant and a corresponding general diagram of the technological process of the biogas plant operation have been developed.

Key words: biogas, installation, fertilizers, system, technological process, process map, technology.