

ПІДВИЩЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

М.В. Потапенко, кандидат технічних наук, старший викладач

В. Ю. Рамиш, кандидат технічних наук, доцент

В.Л. Шаршонь, асистент

***Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут"***

E-mail: m.potapenko@i.ua

Анотація. *Необхідність оцінки технологічних систем виробництва біогазу обумовлена потребою у визначенні їх експлуатаційних, технологічних, техніко-економічних та проектних характеристик.*

Метою дослідження є розробка методики оцінки експлуатаційних показників надійності обладнання потоково-технологічних ліній біогазових установок.

Основним елементом технологічного обладнання виробництва біогазу, який забезпечує кількісний і якісний склад живильних речовин в бункерах- накопичувачах біогазових установок, є барабанні подрібнювачі – змішувачі, годинна продуктивність яких визначає такт роботи потоково-технологічної лінії. Всі інші технологічні операції повинні бути узгоджені з основною за якісними показниками, ритмом роботи і продуктивністю.

Для оцінки експлуатаційно-технологічних характеристик доцільно використовувати продуктивність, потоковість і надійність.

Надійність потоково-технологічних ліній біогазових установок, яка є результатом роботи всього комплексу технологічного обладнання, залежить не тільки від показників надійності цих машин і процесів їх взаємодії, а й від кількості та типу їх з'єднань.

Комплексним показником надійності технологічної лінії виробництва біогазу є коефіцієнт готовності.

Основними методами підвищення надійності ліній біогазових установок є: зменшення загальної кількості обладнання в технологічній лінії; використання обладнання з більш високою надійністю; ненавантажене і навантажене резервування менш надійного обладнання; створення багатосекційних систем.

Встановлено, що організаційно-технологічна надійність поточкових процесів виробництва біогазу забезпечується за рахунок вибору раціональної структури і кількісного складу, а також узгодження обладнання в біоенергетичних комплексах і технологічних лініях за базовими параметрами з урахуванням їх статистичних особливостей.

Ключові слова: *біогазова установка, потоково-технологічна лінія, продуктивність, надійність, коефіцієнт готовності, резервування*

Актуальність. У сучасному світі із постійним зростанням показників споживання і, як наслідок, обмеженими енергоресурсами стрімких обертів набирає розвиток технологій одержання енергії з альтернативних джерел.

Перспективним шляхом доповнення і часткової заміни традиційних видів енергії є отримання і використання біогазу. Важливим аргументом на користь цього джерела енергії є необхідність вирішення на сучасному рівні екологічних проблем, пов'язаних з утилізацією відходів. Однією з основних тенденцій при екологічно безпечній переробці органічних відходів є розвиток комплексних технологій утилізації біомаси за рахунок метанового зброджування, в результаті якого і утворюється біогаз.

Біогаз є сумішшю, яка містить в складі від 55 до 75 % метану, від 25 до 45 % вуглекислого газу, близько 1 % сірководню і незначної кількості азоту і водню.

В анаеробних умовах (без доступу повітря) бактерії розкладають органічний субстрат, а біогаз є проміжним продуктом їх обміну [1].

Біогазові установки (БГУ) є виробничими об'єктами, які складаються з біореакторів, оснащених комплексом технологічних систем підготовки і подачі сировини, підігрівання, перемішування, зберігання і використання біогазу, вивантаження і транспортування шламу.

Зброджування здійснюється в спеціальних герметичних ємкостях – біореакторах, де створюються всі необхідні умови метаногенезу.

Технологія анаеробного зброджування дозволяє одержувати крім джерела енергії у вигляді біогазу високоякісні добрива та білково-вітамінні кормові добавки [2].

Швидкість розкладу органічних речовин в біореакторі залежить від процесів життєдіяльності бактерій, на які в свою чергу впливають зовнішні умови.

Особливо важливим в процесі анаеробного зброджування є створення оптимальних технологічних умов в біореакторі: температури, вологості,

надходження кисню, достатньої концентрації живильних речовин, допустимого значення рН.

Використання біогазу дає можливість одержання теплової і електричної енергії, що є особливо привабливим для фермерських господарств [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Взаємодіючими елементами потоково-технологічних ліній (ПТЛ) є різні види технологічного та електротехнічного обладнання та різні види сировини й енергоносіїв, багато видів різноманітних інформаційних матеріалів, які використовуються під час експлуатації та ремонту обладнання.

Загальна схема потокового виробництва біогазу є комплексом взаємопов'язаних робочих процесів, об'єднаних одним ритмом, при якому продукт безперервно переходить з однієї стадії переробки в іншу. Матеріальною основою виробництва, є потокова технологічна лінія, під якою розуміють конкретну функціональну систему машин, що забезпечує виконання потокового процесу виробництва біогазу із заданими показниками ефективного використання обладнання та якості одержуваних продуктів.

Необхідність оцінки складності технологічних систем обумовлена потребою у визначенні експлуатаційних, технологічних, техніко-економічних та проектних характеристик створюваних або існуючих систем виробництва біогазу.

Відповідно до системного підходу, в кожному виробничому процесі можна виділити три взаємопов'язаних потоки: оброблюваних матеріалів; енергії, яка використовується для здійснення технологічного процесу; інформації про роботу машин і показників обробки матеріалів [4]. При функціонуванні процесу виробництва біогазу як складної системи, взаємодія першого і другого потоків породжує експлуатаційні процеси, що характеризують експлуатаційно-технологічну ефективність системи.

Мета дослідження – розроблення методики оцінки експлуатаційних показників надійності обладнання потоково-технологічних ліній біогазових установок.

Матеріали і методи дослідження. До числа основних експлуатаційно-технологічних характеристик систем і процесів доцільно віднести продуктивність, потоковість і надійність [5]. Продуктивність потокового процесу, що реалізується в ПТЛ, визначається, головним чином, її структурою і складом технічних засобів. Для обґрунтування правильної структури і оптимального кількісного складу ПТЛ біогазових установок необхідно встановити, який процес в лінії є основним, а які допоміжними. Основний процес зазвичай пов'язаний з цільовою операцією, з якої починається і закінчується рух перероблюваного матеріалу в потоковій лінії. Призначення допоміжних процесів - забезпечити оптимальну роботу основного обладнання.

Нові підходи до реалізації процесу виробництва біогазу і ряд апаратних і технологічних рішень дозволили інтенсифікувати процес і збільшити ефективність технології переробки органічних відходів.

Результати досліджень та їх обговорення. Основним елементом технологічного обладнання виробництва біогазу, який забезпечує кількісний і якісний склад живильних речовин в бункерах – накопичувачах біогазових установок є барабанні подрібнювачі – змішувачі, годинна продуктивність яких визначає такт роботи ПТЛ [6]. Всі інші технологічні операції повинні бути узгоджені з основною за якісними показниками, ритмом роботи і продуктивності, тобто має бути забезпечено виконання основної умови потокового виробництва:

$$\frac{G_1}{\sum_{i=1}^{n_1} Q_1 \cdot \eta_1} = \frac{G_2}{\sum_{i=1}^{n_2} Q_2 \cdot \eta_2} = \dots = \frac{G_j}{\sum_{i=1}^{n_i} Q_i \cdot \eta_i} = const \quad (1)$$

де G_j – виробнича програма для j - ої ланки ПТЛ біогазової установки; Q_i – теоретична продуктивність i - ої машини в j - й ланці БГУ; η_j - коефіцієнт використання часу зміни i - ої машини; n_i - число однотипних машин в потоці, що працюють паралельно.

У цьому випадку робота ПТЛ біогазової установки буде найбільш ефективна, а машини максимально використовуються. Однак в реальних умовах експлуатації

домогтися строго однакової продуктивності всіх машин практично неможливо. У результаті, умова потоковості набирає вигляду:

$$\frac{G_1}{\sum_{i=1}^{n_1} Q_1 \cdot \eta_1} \leq \frac{G_2}{\sum_{i=1}^{n_2} Q_2 \cdot \eta_2} \leq \dots \leq \frac{G_j}{\sum_{i=1}^{n_j} Q_i \cdot \eta_i}, \quad (2)$$

тобто продуктивність кожної наступної потокової ланки повинна бути більшою або рівною продуктивності попередньої.

Міру узгодженості роботи обладнання в потоково-технологічній лінії біогазової установки за продуктивністю оцінюють коефіцієнтом:

$$K_{\text{узг}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} Q_o \cdot \eta_o}{\sum_{i=1}^{n_d} Q_d \cdot \eta_d}, \quad (3)$$

де Q_o і Q_d – продуктивність основного обладнання і обладнання, призначеного для виконання допоміжних операцій.

Для ідеального потоку ПВЛ можна вважати раціонально спроектованою, якщо значення цього коефіцієнта знаходиться в межах $K_{\text{узг}} = 0,8 \dots 1,2$ [7].

Потоковість технологічного процесу виробництва біогазу також доцільно описувати коефіцієнтами безперервності і ритмічності. При цьому:

$$K_n = \sum \tau_i / \tau_{\text{заг}}, \quad (4)$$

$$K_p = \lambda_{\text{сер}} / \lambda_{\text{макс}}, \quad (5)$$

де τ_i – тривалість виконання i – ої потокової операції; $\tau_{\text{заг}}$ – загальна тривалість роботи; $\lambda_{\text{сер}}$ – середня інтенсивність виконання операції за період; $\lambda_{\text{макс}}$ – максимальна інтенсивність за розрахунковий період.

Значення коефіцієнтів безперервності і ритмічності найчастіше є меншим за одиницю або наближається до неї в основному для стаціонарних процесів, що володіють компенсаційними запасами матеріалу та іншими способами резервування.

При жорстких технологічних зв'язках, що не допускають зсув у часі початку і завершення деякої операції, і обумовлених ними коливаннях інтенсивності операцій протягом зміни необхідно забезпечити високу ритмічність роботи взаємопов'язаних ланок технологічної системи.

Важливими критеріями експлуатаційно-технологічної оцінки потокових процесів є показники надійності [8]. Вони значною мірою визначають не тільки продуктивність окремих машин і потокових ліній, а й основні технологічні показники (якісні характеристики, втрати та ін.).

Надійність ПТЛ біогазових установок, яка є результатом роботи всього комплексу технологічного обладнання, залежить не тільки від показників надійності цих машин і процесів їх взаємодії, а й від кількості та типу з'єднань їх в ПТЛ. Тому, вибравши машини відповідної надійності або певну схему їх з'єднань, можна домогтися необхідної надійності процесу. Для обладнання біогазових установок, яке працює в технологічних лініях, можливі такі типові варіанти з'єднання: зблоковані (з жорсткою зв'язком), багатосекційні (з гнучким зв'язком) і багатопотокові. Технологічна лінія із жорстким зв'язком характеризується послідовним з'єднанням машин. Під багатосекційною розуміють таку лінію, в якій є проміжні ємності. Технологічне обладнання, що розташоване до першої ємності, утворює першу секцію, за нею - другу і т.д. Багатопотокова лінія складається з декількох потоків обробки одного і того ж матеріалу. Кожен потік такої лінії може мати зблоковану або багатосекційну структуру.

Комплексним показником надійності технологічної лінії виробництва біогазу є коефіцієнт готовності, що характеризує такі її властивості як безвідмовність і ремонтпридатність. Коефіцієнт готовності лінії із зблокованою структурою рівний:

$$K_r = \left[\sum_{i=1}^n K_{z,i}^{-1} - (n-1) \right]^{-1}, \quad (6)$$

де $K_{z,i}$ – коефіцієнт готовності i – го технологічного обладнання БГУ.

Коефіцієнт готовності групи паралельно працюючого обладнання з ненавантаженим резервуванням рівний коефіцієнту готовності однієї машини [8].

Резервування, характерне для багатопотокової структури, істотно підвищує надійність ПТЛ біогазової установки. Застосовують резервування як окремого обладнання так і всього комплексу. Перевага в надійності буде значною при поелементному резервуванні.

Висновки і перспективи. Основними методами підвищення надійності ПТЛ біогазових установок є: зменшення загальної кількості обладнання в технологічній лінії; використання обладнання з більш високою надійністю; ненавантажене і навантажене резервування менш надійного обладнання; створення багатосекційних систем. Застосування першого методу призводить до зменшення капітальних вкладень, а застосування інших - до збільшення. У цьому випадку збільшення капітальних вкладень має компенсуватися зростанням продуктивності ПТЛ та зниженням збитків від простоїв.

Особливістю поточкових процесів виробництва біогазу є те, що вони схильні до різноманітних і часто змінних впливів зовнішнього середовища, випадкових факторів, в тому числі внутрішніх. У результаті їх експлуатаційно-технологічні характеристики змінюються випадковим чином. Тому такі процеси можуть бути оптимальними лише в статистичному сенсі. З цього випливає, що забезпечення високої організаційно-технологічної надійності поточкових процесів може бути досягнуто за рахунок вибору раціональної структури і кількісного складу, а також узгодження обладнання в біоенергетичних комплексах і технологічних лініях за базовими параметрами з урахуванням їх статистичних особливостей.

Список використаних джерел

1. Никитин Г. А. Метановое брожение в биотехнологии / Г.А. Никитин – К.: Вища школа, 1990. – 207 с.
2. Семененко И. В. Проектирование биогазовых установок / И. В. Семененко – Сумы: П «МакДон», ИПП «Мрия-1» ЛТД, 1996. – 347 с.
3. Мхитарян Н. М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников / Н. М. Мхитарян – К.: Наукова думка, 1999. – 320 с.
4. Задоров В. Б. Системный анализ объектов и процессов: технологические основы / В. Б. Задоров – К.: КНУБА, 2003. – 276 с.
5. Телков Ю. К. Системный анализ и методология автоматического проектирования непрерывных технологических производств / Ю. К. Телков – М.: Академия народного хозяйства, 1978. – 159 с.

6. Рамш В .Ю. Вибір критерію оптимізації подрібнювачів-змішувачів біогазових установок / В. Ю. Рамш, М. В. Потапенко, В. Л. Шаршонь // Енергетика і автоматика – 2018 – № 1. – С.135-144.

7. Шевченко В .С. Введение в оптимальное проектирование машин / В. С. Шевченко – Минск: Наука и техника, 1974. – 112 с.

8. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев, В. А. Каштанов – М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2013. – 550 с.

References

1. Nikitin, G. A. (1990). Metanovoye brozheniye v biotekhnologii [Methane fermentation in biotechnology]. Kyiv: Vishcha shkola, 207.

2. Semenenko, I. V. (1996). Proektirovaniye biogazovykh ustanovok [Planning of biogas options]. Sumi: Р «MakDon», ІРР «Mriya-1» LTD, 347.

3. Mkhitaryan, N. M. (1999). Energetika netraditsionnykh i vozobnovlyayemykh istochnikov [Energy of unconventional and renewable sources]. Kyiv: Naukova dumka, 320.

4. Zadorov, V. B. (2003). Systemnyi analiz ob'ektiv i protsesiv: tekhnologichni osnovy: navch. posibnyk [System analysis of objects and processes: technological bases: a textbook]. Kyiv: KNUBA, 276.

5. Telkov, Yu. K. (1978). Sistemnyy analiz i metodologiya avtomaticheskogo proektirovaniya nepreryvnykh tekhnologicheskikh proizvodstv [System analysis and methodology for the automatic design of continuous technological production]. Moscow: Akademiya narodnogo khozyaystva, 159.

6. Ramsh V. Yu., Potapenko M. V., Sharshon V. L. (2018). Vybir kryteriiu optyimizatsii podribniuvachiv-zmishuvachiv biohazovykh ustanovok [Selection of the criterion for optimization of shredders-mixers of biogas plants]. Enerhetyka i avtomatyka, 1, 135-144.

7. Shevchenko, V. S. (1974). Vvedeniye v optimal'noye proyektirovaniye mashin [An introduction to optimal machine design]. Minsk: Nauka i tekhnika, 112.

8. Gnedenko, B. V., Belyayev YU. K., Solov'yev A. D., Kashtanov V. A. (2013). Matematicheskiye metody v teorii nadezhnosti [Mathematical methods in the theory of reliability]. Moscow: Knizhnyy dom LIBROKOM, 550.

ПОВЫШЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОТОКОВЫХ ЛИНИЙ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Н. В. Потапенко, В. Ю. Рамш, В. Л. Шаршонь

Аннотация. *Необходимость оценки технологических систем производства биогаза обусловлена потребностью в определении их эксплуатационных, технологических, технико-экономических и проектных характеристик.*

Целью исследования является разработка методики оценки эксплуатационных показателей надежности оборудования поточно-технологических линий биогазовых установок.

Основным элементом технологического оборудования производства биогаза, который обеспечивает количественный и качественный состав питательных веществ в бункерах - накопителях биогазовых установок является барабанные измельчители - смесители, часовая производительность которых определяет такт работы поточно-технологической линии. Все остальные технологические операции должны быть согласованы с основной по качественным показателям, ритмом работы и производительностью.

Для оценки эксплуатационно-технологических характеристик целесообразно использовать производительность, поточность и надежность.

Надежность поточно-технологических линий биогазовых установок, которая является результатом работы всего комплекса технологического оборудования, зависит не только от показателей надежности этих машин и процессов их взаимодействия, но и от количества и типа их соединений.

Комплексным показателем надежности технологической линии производства биогаза является коэффициент готовности.

Основными методами повышения надежности линий биогазовых установок являются: уменьшение общего количества оборудования в технологической линии; использования оборудования с более высокой надежностью; ненагруженное и нагруженное резервирование менее надежного оборудования; создание многосекционных систем.

Установлено, что организационно-технологическая надежность потоковых процессов производства биогаза обеспечивается за счет выбора рациональной структуры и количественного состава, а также согласования оборудования в биоэнергетических комплексах и технологических линиях по базовым параметрам с учетом их статистических особенностей.

Ключевые слова: биогазовая установка, поточно-технологическая линия, производительность, надежность, коэффициент готовности, резервирование

INCREASING THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF FLOW LINES OF BIOGAS PLANTS

M. Potapenko, V. Ramsh, V. Sharshon

Abstract. *The need to assess the technological systems for biogas production is due to the need to determine their operational, technological, technical, economic and design characteristics.*

The aim of the study is to develop a methodology for assessing the operational indicators of the reliability of equipment for flow-technological lines of biogas plants.

The main element of the technological equipment for biogas production, which provides the quantitative and qualitative composition of nutrients in the storage bins of biogas plants, is drum grinders - mixers, the hourly performance of which determines the cycle of the flow-technological line. All other technological operations must be coordinated with the main one in terms of quality indicators, rhythm of work and productivity.

To assess the operational and technological characteristics, it is advisable to use productivity, flow rate and reliability.

The reliability of flow-technological lines of biogas plants, which is the result of the operation of the entire complex of technological equipment, depends not only on the reliability indicators of these machines and their interaction processes, but also on the number and type of their connections.

A comprehensive indicator of the reliability of a biogas production line is the availability factor.

The main methods of increasing the reliability of biogas plant lines are: reducing the total amount of equipment in the technological line; use of equipment with higher reliability; unloaded and loaded redundancy of less reliable equipment; creation of multi-section systems.

It has been established that the organizational and technological reliability of stream biogas production processes is ensured by choosing a rational structure and quantitative composition, as well as coordinating equipment in bioenergy complexes and technological lines according to basic parameters, taking into account their statistical features.

Key words: *biogas plant, production line, productivity, reliability, availability, redundancy*