

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОДНОРІДНИХ ГРУП БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

В.Ю. Рамиш, кандидат технічних наук, доцент

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

В.Л. Шаршонь, асистент

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

E-mail: m.potapenko19@gmail.com

Анотація. Найбільш поширений спосіб отримання енергії з біомаси – анаеробне зброджування відходів сільськогосподарського виробництва.

Технічних варіантів реалізації метаногенезу біомаси достатньо, починаючи з конструктивно простих і завершуючи технологічно досконалими установками неперервної дії з використанням сучасних засобів автоматизації. Тому на етапі проектування необхідно вирішити комплекс задач, що пов'язані з розробкою та опрацюванням вихідної інформації для аналізу і синтезу оптимальних варіантів системи.

Метою дослідження є розробка методики техніко-економічної оцінки функціонально-однорідних груп біогазових установок.

При виборі параметрів систем, що забезпечують мінімальні витрати на виробництво і експлуатацію пропонується застосувати для функціонально однорідних груп біогазових установок параметричні ряди – впорядковані сукупності числових значень визначених ознак, що характеризують їх конструктивні та експлуатаційні властивості.

З метою впливу основних факторів на економічну ефективність ряду виражають залежностями, які апроксимуються відповідними функціями. Задачу необхідно вирішувати як екстремальну і зводити до мінімізації деякого функціоналу. Визначають економічні фактори: потребу в обладнанні, вартість розробки нових зразків і їх експлуатації.

Застосування складних методів для вибору оптимального типажу біогазових установок не завжди є доцільним. Більш простими і досить точними є методи, які ґрунтуються на техніко-економічній оцінці. При цьому економічна доцільність може бути виражена двома критеріями: максимумом прибутку і мінімумом витрат.

Техніко-економічний аналіз параметричних рядів зводиться до пошуку оптимального ряду, що дає найбільший економічний ефект для великих біогазових установок і мінімум капітальних витрат для малогабаритних.

Застосування даної методики розрахунку значно скоротить терміни при проектуванні біогазових установок і забезпечить оптимальні техніко-економічні показники.

Ключові слова: *біогазова установка, метаногенез, параметричний ряд, типаж, приведений прибуток, функція економічності*

Актуальність. Одним із перспективних напрямів енергетики є використання альтернативних джерел енергії. Особливістю вирішення проблеми енергоефективності є екологічно чисте енерговиробництво. Це вимагатиме збільшення частки біомаси в загальному енергетичному балансі.

Найбільш поширений спосіб отримання енергії з біомаси – анаеробне (без доступу повітря) зброджування відходів сільськогосподарського виробництва. Отримані внаслідок цього процесу продукти – біогаз і зброджена напіврідка маса мають велику цінність як газоподібне паливо та органічне добриво [1].

Не менш важлива сторона застосування біогазових установок – запобігання забрудненню повітряного та водного басейнів, ґрунту та посівів завдяки утилізації та дезодорації гнойових стоків великих тваринницьких ферм та комплексів, одержанню знезаражених високоефективних органічних добрив.

З метою високоефективного використання біогазових технологій при виробництві енергоресурсів необхідне впровадження сучасного обладнання, яке за технологічними показниками та технічними характеристиками відповідає рівню міжнародних стандартів та забезпечує високу надійність роботи [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Процес переробки відходів здійснюється в герметичних ємностях – метантенках – за необхідних умов метаногенезу (температура, концентрація, тип органічних речовин, кислотність, перемішування, доза завантаження сировини, тощо). У метантенк постійно поступає новий субстрат, відбирається рідкий зброджений продукт і біогаз. Швидкість подачі субстрату визначається його хімічним складом, температурою та іншими факторами. Кількість щоденного субстрату становить 5...15 % від загальної ємності метантенка.

Метаногенез відбувається при температурі 30...40 °С (мезофільний режим), 40...50 °С (термотолерантний режим) або 50...60 °С (термофільний режим). У ході

зброджування в субстраті розвивається мікрофлора, яка послідовно руйнує органічні речовини до кислот, а останні під дією синтрофних і метаноутворюючих бактерій перетворюються на газоподібні продукти – метан і діоксид вуглецю [3].

Технічних варіантів реалізації метаногенезу біомаси достатньо, починаючи з конструктивно простих і завершуючи технологічно досконалими установками неперервної дії з використанням сучасних засобів автоматизації. Тому на етапі проектування необхідно вирішити комплекс задач, що пов'язані з розробкою та опрацюванням вихідної інформації для аналізу і синтезу оптимальних варіантів системи.

Мета дослідження – розробка методики техніко-економічної оцінки функціонально-однорідних груп біогазових установок.

Матеріали і методи дослідження. При виборі параметрів систем, що забезпечують мінімальні витрати на виробництво і експлуатацію, пропонується застосувати для функціонально однорідних груп біогазових установок параметричні ряди – впорядковані сукупності числових значень визначених ознак, що характеризують їх конструктивні та експлуатаційні властивості. У першу чергу це стосується малогабаритних установок з об'ємом метантенку $5 \dots 250 \text{ м}^3$.

Визначення основних параметрів ряду є лише першим етапом, основне полягає у визначенні оптимальної частоти вихідних ознак, тобто частоти визначених параметрів, які забезпечують мінімальні витрати на заданий об'єм робіт. Це одночасні капітальні вкладення і поточні експлуатаційні витрати. Ефективність ряду залежить від великої кількості взаємозаперечуючих факторів як у виробника, так і у споживача. Вплив основних факторів на економічну ефективність ряду виражають залежностями, які апроксимуються відповідними функціями. Задачу необхідно вирішувати як екстремальну і зводити до мінімізації деякого функціоналу.

На початку виділяють основні параметри, які визначають конструктивні або функціональні можливості біогазових установок. Потім необхідно вияснити тип задачі – статична або динамічна для визначення проміжку часу дії даного типу біогазових установок. Визначають економічні фактори: потребу в обладнанні, вартість розробки нових зразків та їх експлуатації.

Результати досліджень та їх обговорення. Необхідно визначити оптимальне число типів біогазових установок та значення їх аргументів, при яких сумарні витрати на їх виробництво і експлуатацію будуть мінімальними.

Припустимо, що розробляється N типів біогазових установок, аргументи яких складають ряд $x_1, \dots, x_K, \dots, x_N$. Кожна з них $(k+1)$ -го типу застосовують в інтервалі від x_K до x_{K+1} . Тоді можна записати такий вираз для сумарних витрат на щорічне виробництво даного виду обладнання при x_N вибраного ряду типажу $x_1, \dots, x_N$ [4]:

$$Z_N = \sum \{ [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot f(x_{K+1}) : V = \overline{1, N-1} \} + \sum \{ f_1(x_{K+1}) : V = \overline{1, N-1} \} + \\ + \int_0^T \sum \{ [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot f_2(x_{K+1}) : V = \overline{1, N-1} \} dt; \quad (1)$$

де V – показник ступеню збільшення затрат на виробництво обладнання, що залежить від числа виготовлених установок; $F(x)$ – інтегральна функція потреби; $f(x)$ – функція вартості виробництва установки в залежності від параметра x ; $f_1(x)$ – функція вартості розробки, випробування та транспортування при виробництві нового зразка обладнання; $f_2(x)$ – вартість експлуатації обладнання за одиницю часу; T – розглянутий період часу.

Розв'язками рівняння (1) є ряд значень x_K , при яких функція Z_N має мінімум.

Ця задача одновимірною та має лише один аргумент. На практиці приходиться розв'язувати багатомірні задачі. Ці задачі можна розв'язувати методами динамічного програмування [5]. Тому застосування складних методів для вибору оптимального типажу біогазових установок не завжди є доцільним. Більш простими і досить точними є методи, які ґрунтуються на техніко-економічній оцінці.

Економічна доцільність може бути виражена двома критеріями: максимумом прибутку і мінімумом витрат [6]. Постановка задачі за мінімумом витрат доцільна, коли виробництво біогазу повинно бути виконано незалежно від ціни реалізації. При визначенні максимального прибутку передбачається, що ціна на одержаний біогаз відома і стійка.

Приведений прибуток визначають за формулою:

$$\Pi(x) = B(x) \cdot C - Z(x); \quad (2)$$

де $\Pi(x)$ – функція економічності типажу x ; $B(x)$ – функція валового виробництва біогазу при використанні типажу x ; C – середня ціна реалізації біогазу; $Z(x)$ – приведені витрати на створення і експлуатацію типажу x .

Перший член виразу (2) позначає прибуток від реалізації біогазу із застосуванням типажу x :

$$\Pi = B(x) \cdot C = \int_0^T \sum_{K=1}^K [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot C \cdot x_K dt; \quad (3)$$

Функція витрат:

$$Z(x) = C_p(x) + C_\theta(x) \cdot E + C_e(x); \quad (4)$$

де $C_p(x)$ – функція витрат на розробку проєктів біогазових установок; $C_\theta(x)$ – функція витрат на виробництво установки; E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; $C_e(x)$ – функція затрат на експлуатацію установки.

Виходячи з цього функція економічності біогазових установок буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} \Pi(x) = & \int_0^T \sum_{K=1}^K [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot C \cdot x_K dt - \sum_{K=1}^K C_p(x_K) - \sum_{K=1}^K [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot C_\theta(x_K) \cdot E - \\ & - \int_0^T \sum_{K=1}^K [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot C_e(x_K) dt \end{aligned} \quad (5)$$

Обмеження за об'ємом виробництва можна записати:

$$\Pi^{\max} \leq \int_{x_1}^{x_2} [F(x_{K+1}) - F(x_K)] \cdot dx, \quad (6)$$

а обмеження за затратами на розробку проєктів біогазових установок:

$$\sum_{K=1}^K C_p(x_K) \leq C_p^{\max} \quad (7)$$

Функція потреби установок апроксимується розподілом Пірсона [7].

$$F(x) = a_0 \left(1 + \frac{x}{d_1}\right)^{m_1} \cdot \left(1 - \frac{x}{d_2}\right)^{m_2} \quad (8)$$

У виразі (8) a_0, d_1, d_2, m_1, m_2 – параметри розподілу.

Функції:

$$C_p(x) = A(x), (A = \text{const}); \quad (9)$$

$$C_\sigma(x) = a \cdot x^b e^{cx}; \quad (10)$$

$$C_e(x) = a + \frac{b}{x}. \quad (11)$$

Задача зводиться до визначення максимуму (5) при обмеженнях (6) і (7). Функції (8) – (11) неперервні і диференційовані, тому необхідно використати методи динамічного програмування або випадкового пошуку.

Висновки і перспективи. Техніко-економічний аналіз параметричних рядів зводиться до пошуку оптимального ряду, що дає найбільший економічний ефект для великих біогазових установок і мінімум капітальних витрат для малогабаритних.

Застосування цієї методики розрахунку значно скоротить терміни при проектуванні біогазових установок і забезпечить оптимальні техніко-економічні показники.

Список використаних джерел

1. Никитин Г. А. Метановое брожение в биотехнологии. К.: Вища школа, 1990. 207 с.
2. Семененко И. В. Проектирование биогазовых установок. Суми: П «МакДон», ИПП «Мрия-1» ЛТД, 1996. 347 с.
3. Куценко Ю. М. Аналіз основних чинників анаеробного метанового збродження для отримання біогазу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2011. Вип. 11, № 3. С. 49–56.
4. Островский Г. М., Зиятдинов Н. Н., Лаптева Т. В. Оптимизация технических систем. М.: КНОРУС, 2012. 432 с.
5. Окулов С. М., Пестов О. А. Динамическое программирование. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 296 с.
6. Кузьмін В. В. Методика визначення економічної ефективності капітальних вкладень в нову техніку у ринкових умовах господарювання. Таврійський науковий вісник. 2001. Вип. 17. С.115-123.
7. Жалдак М. І., Триус Ю. В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. Черкаси: Брама-України, 2005. 608 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: P «MakDon», IPP «Mriya-1» LTD, 347.
3. Kutsenko, Yu. M. (2011). Analiz osnovnykh chynnykiv anaerobnoho metanovoho zbrodzhennia dlia otrymannia biohazu [Analysis of the main factors of anaerobic methane fermentation for obtaining biogas] Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu, 11(3), 49–56.
4. Ostrovskiy, G. M., Ziyatdinov, N. N., Lapteva, T. V. (2012) Optimizatsiya tekhnicheskikh system [Optimization of technical systems] M.: KNORUS, 432.
5. Okulov, S. M., Pestov, O. A. (2012) Dinamicheskoye programmirovaniye [Dynamic programming] M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 296.
6. Kuzmin, V. V. (2001) Metodyka vyznachennia ekonomichnoi efektyvnosti kapitalnykh vkladov v novu tekhniku u rynkovykh umovakh hospodariuvannia [The method of determining the economic efficiency of capital investments in new equipment in market conditions of management] Tavriiskyi naukovyi visnyk, 17, 115-123.
7. Zhaldak, M. I., Tryus, Yu. V. (2005) Osnovy teorii i metodiv optymizatsii: Navchalnyi posibnyk [Basics of optimization theory and methods: Study guide] Cherkasy: Brama-Ukrainy, 608.

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF FUNCTIONALLY HOMOGENEOUS GROUPS OF BIOGAS INSTALLATIONS

V. Ramsh, M. Potapenko, V. Sharshon

Abstract. *The most common method of obtaining energy from biomass is anaerobic fermentation of agricultural waste.*

There are enough technical options for the implementation of biomass methanogenesis, starting with structurally simple ones and ending with technologically perfect installations of continuous operation using modern means of automation. Therefore, at the design stage, it is necessary to solve a set of problems related to the development and processing of initial information for the analysis and synthesis of optimal system options.

The purpose of the study is to develop a technique for technical and economic assessment of functionally homogeneous groups of biogas plants.

When choosing parameters of systems that ensure minimum costs for production and operation, it is suggested to apply parametric series for functionally homogeneous groups of biogas plants - ordered sets of numerical values of certain features characterizing their structural and operational properties.

In order to influence the main factors on economic efficiency, the series are expressed by dependencies that are approximated by the corresponding functions. The problem must be solved as an extremal one and reduced to the minimization of some functional. Economic reasons are determined: the need for equipment, the cost of developing the latest samples and their operation.

The use of complex methods to select the optimal type of biogas plants is not always advisable. More simple and fairly accurate methods are based on a feasibility study. At the

same time, economic feasibility can be expressed by two criteria: maximum profit and minimum costs.

The technical and economic analysis of parametric series is reduced to the search for the optimal series, which gives the greatest economic effect for large biogas plants and a minimum of capital costs for small ones.

The application of this calculation method will significantly reduce the time for designing biogas plants and provide optimal technical and economic indicators.

Key words: *biogas plant, methanogenesis, parametric series, type, reduced profit, economy function*