

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА ДЛЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Подобайло В. Г., Потапенко М. В., Семенова Н. П.

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

Описано методику визначення критерію оптимізації техніко-економічних показників змішувачів біогазових установок.

Постановка проблеми. В потоково-виробничих лініях по переробці соломи та інших відходів рослинництва для використання в біореакторах із-за нерівномірної подачі цих матеріалів порушується технологічний процес їх подрібнення, що викликає перевантаження окремих елементів конструкції машин та електропривода. Основним елементом технологічного обладнання, який забезпечує кількісний і якісний склад живильних речовин в бункерах накопичувача біогазових установок (БУ) є барабанні подрібнювачі – змішувачі. Тому при проектуванні необхідно вирішити комплекс задач, пов'язаних з розробкою ідеології системи, її елементів, розробити нормативно – методичні матеріали по вибору оптимальних параметрів обладнання, які забезпечать його виробництво і експлуатацію з мінімальними затратами коштів і часу.

Мета статті. Метою даної статті є розробка методики визначення критерію оптимізації техніко-економічних показників подрібнювачів-змішувачів БУ. В якості цільової функції використовується показник економічної ефективності, який функціонально залежить від якості продукції на виході змішувача, його габаритів, енергетичних затрат на одиницю продукції та вартості одиниці об'єму установки.

Основні матеріали дослідження. Бажано мати таку функцію стосовно безперервно діючого подрібнювача-змішувача, для конструкції якого характерні одноразові капітальні затрати, постійні експлуатаційні витрати та однакові строки служби. Якщо рахувати, що затрати на приготування компонентів суміші продуктів ферментації постійні і у всіх порівнюваних варіантів змішувальних установок забезпечується задана продуктивність по готовій продукції та необхідна її однорідність, то в якості цільової функції можна використати показник економічної ефективності:

$$P = K_{num} \cdot E_n + E_e, \quad (1)$$

де K_{num} – питомі капіталовкладення в змішувальну установку, грн/м³ за рік; E_n – нормативний коефіцієнт порівняння ефективності; E_e – питомі експлуатаційні витрати, грн/м³. В рівнянні (1) характер зміни економічної ефективності визначається змінними K_{num} і E_e . Питомі капіталовкладення:

$$K_{num} = \frac{B_n \cdot L}{\mathcal{G} \cdot t_p}, \quad (2)$$

де B_n – вартість одиниці об'єму змішувача, грн/м³; L – довжина змішувального барабану, м; \mathcal{G} – середня швидкість проходження компонентів через барабан, м/год; t_p – тривалість роботи установки, год.

Експлуатаційні витрати складаються з амортизаційних відрахувань та відрахувань на поточний ремонт і обслуговування обладнання. Вони пропорційні капіталовкладенням і на стадії проектування їх можна не враховувати. При експлуатації установки до вище наведених витрат прибавляється заробітна плата обслуговуючого персоналу, вартість електроенергії та мастильних матеріалів. Тоді:

$$E = \frac{B_1 \cdot K_q \cdot n \cdot N}{Q}, \quad (3)$$

де B_1 – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.;
 K_q – коефіцієнт використання електродвигунів;
 n – кількість змішувачів однакової конструкції;
 Q – об'ємна продуктивність змішувача, м³/год;
 N – потужність, яка затрачується для досягнення однорідності продуктів метаногенезу, кВт/м³.

Потужність, необхідна для створення гомогенного середовища продуктів шумування визначимо [3]:

$$N = \frac{0,34 \cdot D^3 \cdot L \cdot U \cdot \gamma \cdot \varphi}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot Q}, \quad (4)$$

де D – діаметр барабану, м; U – колова швидкість барабана, м/год; φ – коефіцієнт заповнення бункера; γ – густина готової суміші, кг/л.

Між потужністю N і інтенсивністю змішування в барабанних змішувачах існує залежність [2]:

$$Z = \alpha \cdot N^S, \quad (5)$$

де α – коефіцієнт пропорційності; S – коефіцієнт, який враховує зміну енергозатрат при зміні розмірів змішувального барабану. Інтенсивність змішування компонентів продуктів шумування визначимо як:

$$Z = \frac{V(C_0) - V(C_k)}{K_u \cdot L}, \quad (6)$$

де $V(C_0)$ – початковий коефіцієнт неоднорідності, який обумовлюється співвідношенням змішуваних компонентів; $V(C_k)$ – кінцеве значення коефіцієнта неоднорідності, задається по технологічному процесу, або визначається експериментально; K_u – кратність циркуляції. Значення K_u визначаємо по формулі:

$$K_u = \frac{Q}{V_p}, \quad (7)$$

де $V_p = \varphi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L$ – робочий об'єм змішувального барабану.

Довжина змішувального барабану, яка необхідна для забезпечення заданого значення $V(C_k)$:

$$L = g \cdot t, \quad (8)$$

де t – середній час перебування матеріалу в змішувачі, який забезпечує досягнення необхідного коефіцієнту неоднорідності.

Щоб віднайти значення t скористаємось [2]:

$$V_1^2(C_k) - \exp(-2 \cdot D_{e1} \cdot t) = V_1^2(C_k) \left\{ 1 - \exp[-4 \cdot V^2(C_0) \cdot D_{p1} \cdot t] \right\} \quad (9)$$

де $D_{e1} = D_e/F$, $D_{p1} = D_p/F$ – приведені коефіцієнти повздовжнього і радіального переміщення, год⁻¹; D_e , D_p – коефіцієнти повздовжнього і радіального переміщення, м²/год; $V_1(C_k) = V(C_k)/V(C_0)$ – приведені значення кінцевого коефіцієнта неоднорідності.

Трансцендентне рівняння (9) необхідно розв'язувати відносно t методом послідовних наближень. Розв'язання можна закінчити, коли значення лівої і правої частин рівняння будуть відрізнятися не більше як на 12 – 14%. Коефіцієнти повздовжнього D_e і радіального D_p перемішування, згідно з [3]:

$$D_e = k_1 \cdot U^{0,9} \cdot g^{0,1} \cdot R \cdot \varphi^{-0,2}, \quad D_p = k_2 \cdot U^{0,5} \cdot g^{0,5} \cdot R \cdot \varphi^{-0,25} \quad (10)$$

Коефіцієнти k_1 і k_2 занесено в табл. 1.

Таблиця 1 – Коеф. k_1 і k_2 для різних матеріалів

Матеріали	k_1	k_2
Солома	$3,56 \cdot 10^{-2}$	$6,14 \cdot 10^{-3}$
Стебла кукурудзи	$3,74 \cdot 10^{-3}$	$6,82 \cdot 10^{-3}$

Підставивши в рівняння (6) значення L , вираз для визначення питомих експлуатаційних затрат з врахуванням (5) набуде виду:

$$E_e = \frac{L \cdot B_1 \cdot K_d}{n \cdot t \cdot V \cdot g} \cdot \left(\frac{Z}{\alpha} \right)^{\frac{1}{S}}, \quad (11)$$

В рівняння (1) підставимо вираз (11) та рівняння (2) і після перетворень одержимо:

$$P = \frac{L \cdot B_n \cdot E_n}{g \cdot t} + \frac{L \cdot B_1 \cdot K_d}{n \cdot t \cdot V \cdot g} \cdot \left(\frac{Z}{\alpha} \right)^{\frac{1}{S}}. \quad (12)$$

Критерій оптимізації представимо в безрозмірному виді поділивши його значення у виразі (12) на деяке часткове значення P_0 та віднесемо до одиниці інтенсивності перемішування:

$$P = \frac{L \cdot B_n \cdot E_n}{g \cdot t \cdot P_0 \cdot Z} + \frac{L \cdot B_1 \cdot K_d}{V \cdot t \cdot P_0 \cdot Z \cdot g} \cdot \left(\frac{Z}{\alpha} \right)^{\frac{1}{S}}; \quad (13)$$

У рівнянні (13) праву складову лівої частини позначимо через η , та підставивши його в рівняння (13) після відповідних перетворень, отримаємо:

$$P = \frac{B_1 \cdot K_d \cdot L^{\frac{1}{S}} \cdot E^{1-\frac{1}{S}}}{\frac{1}{\alpha^{\frac{1}{S}}} \cdot t^{\frac{1}{S}} \cdot P_0^{\frac{1}{S}} \cdot V \cdot g^{\frac{1}{S}}} \cdot \eta^{1-\frac{1}{S}} + \eta; \quad (14)$$

У рівнянні (14) дріб позначимо через A , тоді

$$P = A \cdot \eta^{1-\frac{1}{S}} + \eta; \quad (15)$$

Величина η може мати оптимальне значення, при цьому функція P буде мінімальною. Це буде відповідати конструкції неперервно діючого барабанного змішувача з оптимальними капітальними і експлуатаційними витратами, а також інтенсивністю змішування. Враховуючи умову екстремальності критерію оптимізації $\partial P / \partial \eta = 0$, запишемо оптимальне значення η :

$$\eta_o = \left[A \left(\frac{1}{S-1} - 1 \right) \right]^S. \quad (16)$$

Після підстановки значень A і η_o , з врахуванням залежності (7), рівняння (15) буде мати такий вид:

$$P = \frac{K_d^S \cdot L \cdot B_n^{1-S} \cdot N^S \cdot B_1^S \cdot E_n^{1-S}}{t \cdot V^S \cdot Z \cdot (1-S)^{1-S} \cdot S^S \cdot g \cdot P_0}; \quad (17)$$

Висновки. Одержані функціональні залежності питомих капіталовкладень і питомих експлуатаційних витрат відносно технологічних і конструктивних параметрів подрібнювачів-змішувачів. Одержано аналітичний вираз цільової функції залежності економічної ефективності подрібнювачів-змішувачів від їх технологічних і технічних показників.

Список використаних джерел

1. Касаткин А. Р. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Р. Касаткин – М.: Химия, 1973 – 784 с.
2. Макаров Ю. Н. Аппараты для смешивания сыпучих материалов / Ю. Н. Макаров – М.: Высшая школа, 1972 – 423 с.
3. Стадников В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств / В. Н. Стадников, В. Н. Баранцев – М.: Пищевая промышленность, 1976 – 356 с.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Подобайло В. Г., Потапенко М. В., Семенова Н. П.

Описано методику определения критерия оптимизации технико-экономических показателей смесителей биогазовых установок.

Abstract

DEFINITION OF INDICATORS ECONOMIC EFFICIENCY MIXERS FOR THE BIOGAS INSTALLATIONS

V. Podobaylo, M. Potapenko, N. Semenova

It is described the methods of defining of optimization criteria of technical and economical indicators of blenders of biogas installations.