

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 66-933.6

УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ БІОКОНВЕРСІЇ ПРИ ПЕРЕМІШУВАННІ СУБСТРАТУ

Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк, К. В. Анохіна

В статті розроблено методологію управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу. Запропоновано структурно-логічну модель управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу перемішуванням субстрату, що дозволяє визначити оптимальні параметри, варіюючи якими можна забезпечити максимальну продуктивність виробництва біогазу з мінімальними затратами додаткової енергії на стадії проектування конструкції та технологічного процесу анаеробного бродіння.

В статье разработана методология управления технологическим процессом интенсификации производства биогаза. Предложено структурно-логическую модель управления технологическим процессом интенсификации производства биогаза перемешиванием субстрата, что позволяет определять оптимальные параметры, варьируя которыми можно обеспечить максимальную производительность выработки биогаза с минимальными затратами дополнительной энергии на стадии проектирования конструкции и технологического процесса анаэробного брожения.

Methodology of technological process control of intensification of production of biogas is developed in the article. It is offered structurally logical case of intensification of production of biogas a technological process frame by interfusion substrate, that allows to determine optimum parameters, varying which it is possible to provide the burst performance of production of biogas with the minimum expenses of additional energy on the stage of planning of construction and technological process of anaerobic fermentation.

Вступ

Зростання вартості традиційних енергоносіїв та подальше техногенне навантаження на природне середовище зумовлюють всебічне використання відновлювальних альтернативних джерел енергії. До 65 % відновлювальних енергоносіїв можна отримати із органіки сільськогосподарського походження [1, 2]. Економічно доцільний потенціал біомаси України становить 27 млн. тонн умовного палива [3]. Новітні технології біоконверсії дозволяють отримувати біопалива в різних агрегатних станах, а саме твердому (брикети, гранули тощо), рідкому (біодизель) й газовому (біогаз), та екологічно чисті органічні добрива. Перспективним напрямком біоконверсії є отримання біогазу шляхом утилізації відходів органічного побутового та сільськогосподарського походження. Ефективність утилізації органіки в енергетичну продукцію досягається за допомогою вдосконалення конструкції та технологічного процесу біогазових установок [1, 2, 4-10]. Суттєвої інтенсифікації виробництва біогазу можна досягти перемішуванням субстрату в біогазовій установці [1, 7-9]. Біогазова установка як комплекс пристроїв, що пов'язані механічними, гідравлічними, теплотехнічними, електричними та інформаційними зв'язками, повинна забезпечувати максимальну продуктивність виробництва біогазу з мінімальними затратами енергоносіїв на інтенсифікацію й термостабілізацію анаеробного бродіння субстрату з врахуванням фізичних, хімічних й біологічних параметрів органічних відходів [2, 9, 10]. В зв'язку з цим доцільним є розроблення методології управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу різними засобами, одним із яких є перемішування субстрату, та з врахуванням вхідної інформації про параметри біоконверсії.

Результати дослідження

Ефективність інвестиційних проектів біоконверсії визначається економічними, технологічними та екологічними чинниками [3, 10, 11]. При еколого-економічній оцінці інвестиційних проектів біоконверсії необхідно враховувати, що найбільш ефективним буде

варіант, який передбачає сумісне проектування технологій й конструкції біогазової установки та автоматизоване управління процесом інтенсифікації виробництва біогазу.

Зведена продуктивність біогазової установки може бути визначена як умова

$$\Delta Q = f(X_{1i}, X_{2i}, X_{3i}, X_{4i}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

де ΔQ – зведена продуктивність біогазової установки як відношення об'єму отриманого біогазу до об'єму біогазової установки, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

X_{1i} – параметр, що характеризує вплив на продуктивність якості органічної сировини щодо виходу біогазу з одиниці маси субстрату;

X_{2i} – параметр, що характеризує вплив на продуктивність інтенсивності та якості перемішування субстрату;

X_{3i} – параметр, що характеризує фактори термостабілізації анаеробного бродіння органічного субстрату, а саме умови тепломасообміну в установці;

X_{4i} – параметр, що характеризує фактори втрати теплоти з установки у зовнішнє середовище.

Тривалість робочого циклу біогазової установки для забезпечення максимальної приведеної продуктивності ΔQ_{\max} визначається як

$$\tau_{pc} = f(\tau_z, \tau_{nф}, \tau_{af}, \tau_e) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де τ_z – час завантаження органічного субстрату в біогазову установку;

$\tau_{nф}$ – час підготовки органічного субстрату до активної фази ферментації;

τ_{af} – час активної ферментації субстрату;

τ_e – час вивантаження відпрацьованого субстрату з установки.

Затрати енергоносіїв на забезпечення технологічного процесу ферментації органічного субстрату в біогазовій установці, при яких буде максимальна приведена продуктивність ΔQ_{\max} , визначається як

$$E = f(E_{II}, E_I, E_T, E_3) \rightarrow \min, \quad (3)$$

де E_{II} – затрати енергоносіїв на підготовку субстрату до технологічного процесу;

E_I – затрати енергоносіїв на інтенсифікацію технологічного процесу перемішуванням субстрату, $\text{Вт}/\text{м}^3$;

E_T – затрати енергоносіїв на термостабілізацію технологічного процесу анаеробного бродіння органічного субстрату, $\text{Вт}/\text{м}^3$;

E_3 – затрати енергоносіїв на покриття тепловтрат із біогазової установки в зовнішнє середовище, $\text{Вт}/\text{м}^3$.

Розв'язання задачі оптимізації за відповідним критерієм (формули 1-3) управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу передбачає сумісне узгоджене прийняття рішення на стадії проектування технології утилізації органічних відходів та конструкції біогазової установки. Обов'язковим є врахування біохімічних, гідравлічних та термодинамічних процесів в установці, що визначаються якістю та кількістю біомаси, зовнішнім і внутрішнім температурними режимами та складом газів, що утворюються в результаті ферментації. Ці фактори зумовлюють розміщення основного обладнання, а відповідно й процес управління виробництва біогазу [10]. Біогазові установки з метою розділення фаз ферментації та підвищення екологічності добрив доцільно з'єднувати послідовно (рис. 1).

Технологічна схема передбачає такі блоки:

- 1 – блок збору субстрату;
- 2 – блок підготовки субстрату;
- 3 – блок ферментації;
- 4 – блок очищення газу.

Інформація з кожного блоку через проміжні блоки управління (ПБУ) надходить до загального блоку управління технологічним процесом біоконверсії.

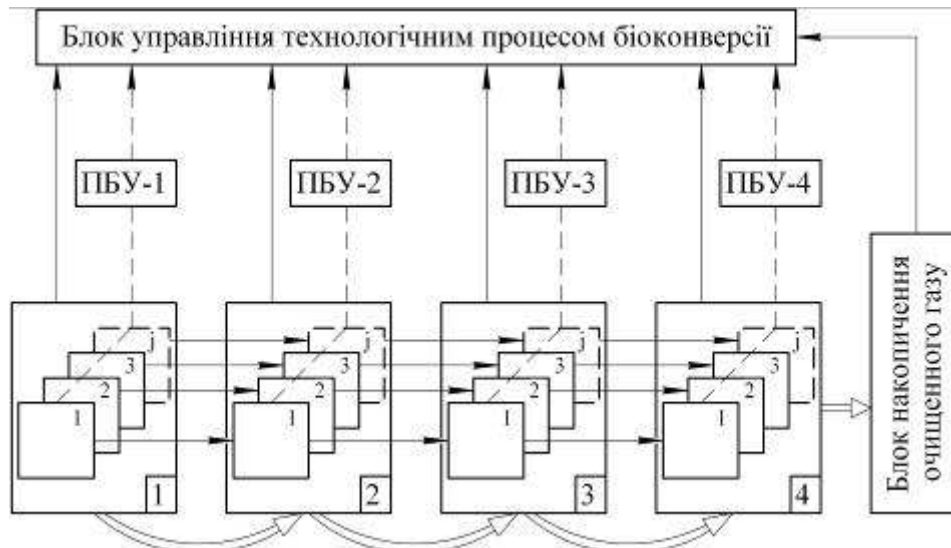


Рис. 1. Структурна схема управління технологічним процесом біоконверсії

При цьому блок підготовки субстрату може бути спільним при однорідній органічній масі або їх передбачається декілька при використанні різних за складом органічних відходів, а блоки накопичення очищеного біогазу та управління спільними. При паралельному з'єднанні (рис. 1) можливе спеціалізоване за видом органічних відходів використання блоків ферментації. Крім цього підвищується надійність і безпечність біогазової установки та можливість варіювання продуктивністю системи в цілому.

На стадії проектування конструкції та технологічного процесу інтенсифікації виробництва біогазу перемішуванням субстрату доцільно за результатами імітаційного моделювання визначити оптимальні управлінські параметри з врахуванням наведених чинників для отримання максимальної зведеної продуктивності з мінімальними затратами з забезпечення ферментації біомаси. Ця задача може бути реалізована відповідно до структурно-логічної моделі управління технологічним процесом виробництва біогазу (рис. 2) з врахуванням такої основної вхідної інформації як температура субстрату (t_c , °C), температура зовнішнього середовища (t_z , °C), об'єм субстрату (Q_c , м³), частота обертання перемішувача (ω , хв⁻¹) та оптимальна температура ферментації (t_{opt} , °C). Оптимальна температура ферментації становить для кріофільного процесу +20 °C, мезофільного +32...33 °C, термофільного +52...54 °C.

Перемішування субстрату в біогазових установках може бути механічним, гідравлічним й аеродинамічним, та є складним процесом в біогазовій установці. Просторовий розподіл твердих та рідких частинок у вихідній суміші в біогазовій установці випадковий. На частинки суміші може діяти сила тяжіння, а також відбуватися сегрегація чи седиментація. За допомогою перемішування намагаються досягти повного оптимального взаємного розподілення частинок в об'ємі установок [1, 4, 9].

При механічному перемішуванні субстрату ефективним є постійне перемішування з частотою до 10 хв⁻¹ або періодичне – кожні 6-8 годин [6].

Ефективність інвестиційних проектів біоконверсії доцільно визначати таким параметром як зведена продуктивність біогазової установки, що визначається видом органічної сировини, факторами термостабілізації та інтенсифікації процесу ферментації.

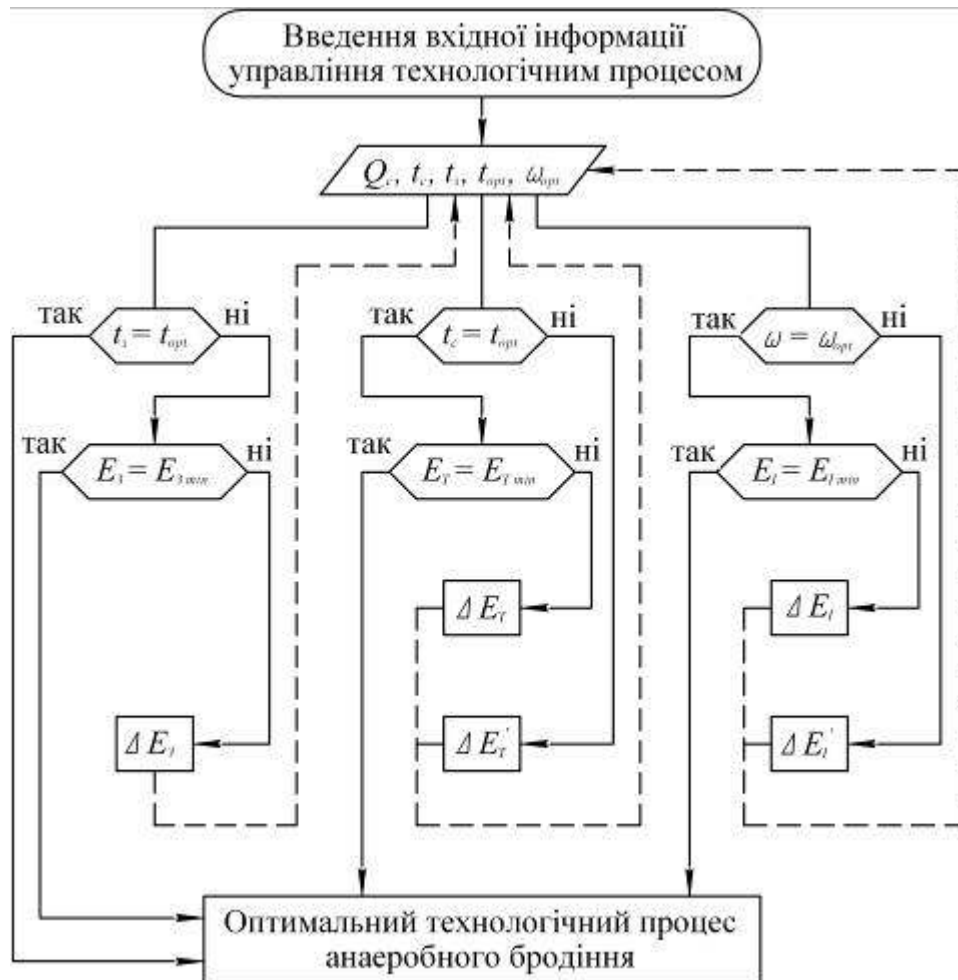


Рис. 2. Структурно-логічна модель управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу перемішуванням субстрату

Висновки

- Розроблено методологію управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу перемішуванням субстрату з врахуванням вхідної інформації про параметри біоконверсії.
- Запропонована структурно-логічна модель управління технологічним процесом інтенсифікації виробництва біогазу перемішуванням субстрату дозволяє на стадії проектування конструкції та технологічного процесу анаеробного бродіння визначати оптимальні параметри, варіюючи якими можна забезпечити максимальну продуктивність виробництва біогазу з мінімальними затратами додаткової енергії.

Використана література

1. Ратушняк Г. С. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 117 с. – ISBN 978-966-641-272-3.
2. Ротштейн О. П. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика: Монографія / О. П. Ротштейн, Є. П. Ларюшкін, Ю. І. Мітюшкін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 144 с.
3. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад / [Дубровін В. О., Мельничук М. Д., Мельник Ю. Ф. та ін.]. – К., 2009. – 111 с. – ISBN 978-9986-732-51-8.
4. Ратушняк Г. С. Шляхи вдосконалення енергоощадних технологій при утилізації органічних відходів в системах біоконверсії / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна, В. В. Джеджула // Вісник

- національного університету "Львівська політехніка". Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – 2009. – № 659. – С. 151-153.
5. Ратушняк Г. С. Тепловтрати в біогазових установках при різних температурних режимах анаеробного бродіння / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна // Вісник ВПІ. – 2008. – № 4.
 6. Ткаченко С. Й. Теплообмінні та гідродинамічні процеси в елементах енергозабезпечення біогазової установки / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 132 с.
 7. Пат. 36453 Україна, МПК С 02 F 11/04. Біогазова установка / Ратушняк Г. С., Анохіна К. В.; Державний департамент інтелектуальної власності. – № u200806844; Заявл. 19.05.2008; опубл. 27.10.2008, Бюл. №20.
 8. Сербін В. А. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії в системах ТГП / В. А. Сербін. – Макіївка: ДонДАБА, 2003. – 153 с.
 9. Землянка О. О. Дослідження впливу флотаційних процесів на продуктивність біогазової установки / О. О. Землянка, М. В. Губінський // Вісник ВПІ. – 2010. – №3. – С. 75-80. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/Natural/vvpi/2010_3/10zoobi.pdf.
 10. Боровська Т. М. Моделювання й оптимізація систем виробництва біогазу / Т. М. Боровська, П. В. Северілов // Наукові праці ВНТУ. – 2009. – №2. – С. 1-9. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2009-2/2009-2.files/uk/09tmbgps_ua.pdf.
 11. Ратушняк Г. С. Еколого-економічна оцінка інноваційних енергозберігаючих проєктів біоконверсії / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк, К. В. Анохіна // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2009. – №2. – С. 152-154.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., проф., завідувач кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету

Ратушняк Ольга Георгіївна – к.т.н., ст. викладач кафедри економіки промисловості та організації виробництва Вінницького національного технічного університету

Анохіна Катерина Володимирівна – аспірант Вінницького національного технічного університету