

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФЕРМЕНТАЦІЇ В БІОРЕАТОРІ

к.т.н., професор Г. С. Ратушняк, І. А. Кощеєв
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Енергоефективність – це ефективне раціональне використання енергетичних ресурсів. На відміну від енергозбереження, головним чином спрямованого на зменшення енергоспоживання, енергоефективність — ефективне витрачання енергії. Для підвищення енергоефективності процесу утворення біогазу в біореакторі необхідно враховувати недоліки існуючих малоефективних біогазових реакторів. Це такі недоліки як недостатнє та нерівномірне прогрівання суміші біомаси, недостатнє перемішування суміші біомаси, неефективна теплова ізоляція, відсутність утилізації тепла з відпрацьованої суміші біомаси та біогазу, використання для термостабілізації ферментації традиційних джерел енергії.

Зміни температури процесу термостабілізації ферментації допустимі з межах $\pm 3^{\circ}\text{C}$, інакше вони впливають негативно на процес зброджування. Це призводить до низької ефективності виділення біогазу, тому що метаболічна активність анаеробних бактерій знаходиться в прямій залежності від температури середовища. Необхідно дотримуватись одного з температурних режимів процесу ферментації: кріофільного 20°C , мезофільного $32 - 33^{\circ}\text{C}$, термофільного $52 - 54^{\circ}\text{C}$. Недотримання температури одного з процесів і коливання полів температур більш ніж $\pm 3^{\circ}\text{C}$ може значно знизити ефективність утворення біогазу, а зменшення температури до $+15^{\circ}\text{C}$ і нижче призводить до зупинки активності метаболічних бактерій [1]. Для запобігання зупинки процесу утворення біогазу, необхідно забезпечувати рівномірне прогрівання суміші біомаси шляхом вибору оптимального способу прогрівання суміші біомаси. Доцільно використовувати такі способи прогрівання біомаси: непрямий підігрів, внутрішні і зовнішні системи підігрівання [2]. Тому для вибору найоптимальніших параметрів для підтримання температури всередині біореактора розглянемо дані з таблиці 1.

Розглянемо способи підігрівання біомаси. Непрямий підігрів субстрату реалізовується шляхом застосування теплообмінників, які розміщуються зовні чи всередині біогазового реактора. Внутрішній підігрів є ефективним технічним рішенням при достатньо великих розмірах теплообмінника, який має достатню міцність, щоб витримати перемішування біомаси [1]. Приклад такого підігріву наведено в роботах Гуйтура В. І., Будака В. Д. та Ратушняка Г. С., Джеджули В. В., Кощеєва І. А. [3, 4]. Підігрів з допомогою зовнішнього теплообмінника може бути виконаний в вигляді нагрівальної сорочки навколо біогазового реактора, який наведено в роботі Ратушняка Г. С., Анохіної К. В. [5], а також може застосовуватись теплообмінник для підігрівання біомаси при гідравлічному перемішуванні, який запропоновано Ратушняком Г. С.,

Джеджулою В. В. [6]. Ще один спосіб - проміжний підігрів сировини, який здійснюється у бункері підготовки біомаси, але зазвичай він використовується з іншими способами, а в якості джерела тепла для підвищення енергоефективності можуть використовуватись альтернативні джерела енергії.

Таблиця 1

Напрямки підвищення енергоефективності термостабілізації процесу ферментації в біореакторі



Для безпосереднього підігрівання субстрату в біореакторі вибір джерел тепlopостачання для відіграє основну роль у підвищенні енергоефективності біоконверсії. Саме використання альтернативних джерел енергії дає необхідне підвищення енергоефективності. Використання альтернативних джерел енергії є більш економічно вигідним, але значно збільшує вартість біогазового виробництва і має більший термін окупності та ускладнює всю систему виробництва біогазу. Тому на сьогоднішній день, поки що, в більшій кількості існують біогазові установки, які працюють завдяки традиційним джерелам енергії, тому що використання альтернативних джерел енергії для забезпечення термостабілізації процесу ферментації в біореакторі недооцінене.

Ще одним напрямком підвищення енергоефективності біогазової установки може бути застосування рециркуляції теплової енергії, тобто необхідно встановити теплообмінники для відбору теплової енергії від утвореного біогазу і відпрацьованої біомаси та використання цієї енергії для підігрівання суміші біомаси всередині біореактора. Рециркуляцію теплової енергії рідко використовують у зв'язку зі збільшенням фінансових витрат на етапі монтажу, що обумовлено влаштуванням теплонасосного обладнання для відбору теплової енергії.

Крім того значну роль у формування полів температур, в об'ємі біогазового реактора, відіграє спосіб перемішування суміші біомаси. Можуть бути застосовані різноманітні схеми розміщення теплообмінників та методи перемішування всередині біогазового реактора. Перемішування може здійснюватись такими основними способами: механічними мішалками,

біогазом, що пропускається через суміш біомаси, перекачуванням суміші біомаси з верхньої зони реактора до нижньої [1, 2].

Коливання температур процесу бродіння в межах 4...5⁰С суттєво впливає на якість технологічного процесу, продуктивність біогазової установки та різко змінює активність анаеробних організмів. Вплив коливань температур можна зменшити шляхом підвищення термічного опору матеріалів захисних конструкцій біореакторів [7]. Чим більший опір теплопередачі ізоляції, тим менший перепад температур буде утворюватись в біореакторі і тим меншими будуть тепловтрати у зовнішнє середовище. Для зменшення тепловтрат у зовнішнє середовище доцільно застосовувати матеріали з низьким коефіцієнтом теплопровідності, а для зниження маси і вартості конструкції влаштовувати повітряні прошарки. Використання повітряного прошарку між біореактором та тепловою ізоляцією може підвищити загальний термічний опір конструкції в 1,4...1,8 разів, так як коефіцієнт теплопровідності повітря має досить низьке значення ($\lambda=0,023\text{Вт/м}^2\cdot^0\text{С}$ при $t=0^0\text{С}$). Ефективним методом є екранування, тобто покриття ізоляції алюмінієвою фольгою, яка може зменшити тепловий потік у 20 разів [1].

При дотриманні усіх напрямків по збільшенню енергоефективності, енерговитрати біогазової установки повинні бути мінімальними, що буде свідчити про досягнення найвищої степені енергоефективності. Визначення енерговитрат біогазової установки

$$E_{\text{б}} = f(E_{\text{пс}}, E_{\text{тф}}, E_{\text{іп}}, E_{\text{зт}}, E_{\text{ус}}, E_{\text{пб}}, E_{\text{зу}}) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де $E_{\text{пс}}$ – енерговитрати на підготовлення субстрату;

$E_{\text{тф}}$ – енерговитрати на термостабілізації процесу ферментації;

$E_{\text{іп}}$ – енерговитрати на інтенсифікацію процесу ферментації перемішування субстрату;

$E_{\text{зт}}$ – енерговитрати для відшкодування тепловтрат від технологічного обладнання біогазової установки;

$E_{\text{ус}}$ – енерговитрати на утилізацію відпрацьованого субстрату;

$E_{\text{пб}}$ – енерговитрати на підготовлення біогазу до використання;

$E_{\text{зу}}$ – енерговитрати на технічні засоби управління процесом біоконверсії.

Список літератури:

1. Г. С. Ратушняк. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.
2. Веденев А. Г., Веденева А. Т.. Руководство по биогазовым технологиям. – «ДЭМИ», 2011. – 84с.
3. Гуйтур В. І., Будає В. Д.. Біогазова геліоустановка // Патент на корисну модель №90617 від 10.06.2014 р., Бюл. №11.
4. Ратушняк Г. С., Джеджула В.В., Кощев І. А.. Біогазова установка з

тепловим насосом // Патент на корисну модель №67819 від 11.07.2012 р., Бюл.№5.

5. Ратушняк Г. С., Анохіна К. В.. Біогазова установка // Патент на корисну модель №54116 від 25.10.2010 р., Бюл.№20.
6. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В.. Біогазовий реактор // Патент на корисну модель №9697 від 17.10.2005 р., Бюл. №10.
7. Ратушняк Г. С. Інтенсифікація теплообміну та термостабілізація біореакторів / Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. // Вісник ВПІ. – 2006. – №2. – С. 26-32.