

Савойський Олександр Юрійович

аспірант, асистент кафедри

Науковий керівник: к.т.н., професор Яковлев В.Ф.

Сумський національний аграрний університет

м. Суми

ОСОБЛИВОСТІ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ В БІОГАЗОВОМУ РЕАКТОРІ

Виробництво біогазу є одним із пріоритетних напрямів альтернативного енергозабезпечення. Процес анаеробного бродіння протікає при трьох основних температурних режимах: психрофільному – температура бродіння 20 °С, мезофільному – оптимальна температура 32...33 °С, термофільному 52...54 °С [1]. Будь-які різкі зміни температури впливають негативно на процес бродіння. Для кожного режиму зброджування допустимі коливання температур $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Метаболічна активність анаеробних бактерій знаходиться в прямій залежності від температури середовища [2]. Процес нагрівання субстрату залежить від

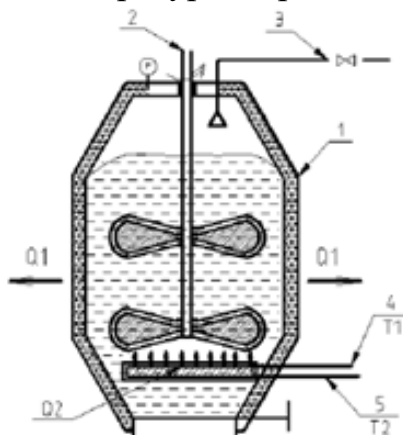


Рис. 1 – Біогазовий реактор з лопатевою мішалкою та теплообмінником: 1 – утеплений корпус; 2 – лопатева мішалка; 3 – трубопровід відводу біогазу; 4 – подаючий трубопровід тепло-носія; 5 – зворотний трубопровід теплоносія

багатьох чинників: термічного опору стінок реактору, виду й маси субстрату, його теплофізичних властивостей, температури теплоносіїв, розмірів і конструкції теплообмінних апаратів, режиму перемішування субстрату. Тому, важливим питанням, для нормальної роботи БГУ, є дослідження особливостей нестационарного теплообміну в біогазових реакторах.

Розглянемо біогазовий реактор, що обладнаний лопатевою мішалкою і трубчастим

нагрівником (рис. 1). По нагрівнику протікає теплоносієм максимальна температура якого не повинна перевищувати 60°C для запобігання перегріву зони біля нагрівника і збереження технологічного процесу анаеробного бродіння.

Для дослідження особливостей нестационарного теплообміну в біогазових реакторах створено математичну модель [3], що описує даний процес. В якій температура середовища в біогазовому реакторі є функцією від часу. Прийнято постійними: температура теплоносія на подачі, який передає субстрату тепло, термічний опір стінки реактора, площу теплообмінної поверхні нагрівника, площу бічної поверхні реактора, через яку відбуваються втрати тепла, об'єм реактора. Змінними величинами є температура зворотної води; коефіцієнт теплопередачі від нагрівника до середовища, що залежить від теплофізичних властивостей субстрату і теплоносія, режиму омивання теплообмінної поверхні; зовнішня температура.

На основі математичної моделі [3] проведено моделювання в математичному пакеті MathCad для біогазового реактора (рис.1), відповідно до початкових умов: температура теплоносія - 60°C ; термічний опір стінки утепленого реактора - $1\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; площа бічної поверхні реактора - 12 м^2 ; витрата теплоносія - $2\text{ м}^3/\text{год}$; площа тепловіддачі нагрівника – 2 м^2 ; об'єм реактора - $4,5\text{ м}^3$ (об'єм субстрату прийнято - $4,0\text{ м}^3$); зовнішня температура - -5°C ; вміст

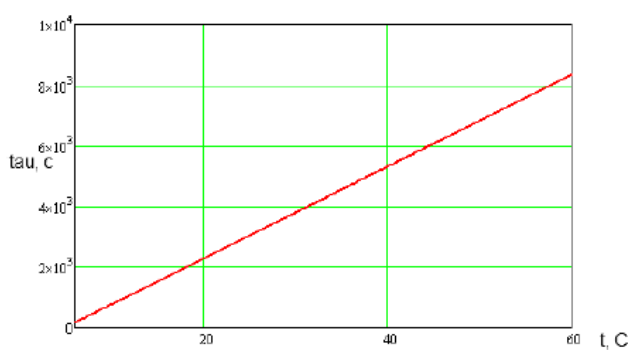


Рис. 2 – Залежність часу нагрівання біореактора від температури процесу

сухих органічних речовин - 8%, відходи ВРХ; умовний діаметр труби нагрівника - 25 мм. За результатами чисельного моделювання отримано графічну залежність часу нагрівання субстрату біореактора від температури процесу (рис. 2).

При розробці математичної моделі прийнято, що температура субстрату є рівномірною по всьому об'єму. Рівномірності прогрівання субстрату в біореакторі можна досягти тільки при

ретельному перемішуванні в межах технологічних швидкостей. При дослідженні температури зворотної води особливу увагу необхідно звернути на робочий температурний перепад, який для нормального функціонування котельного

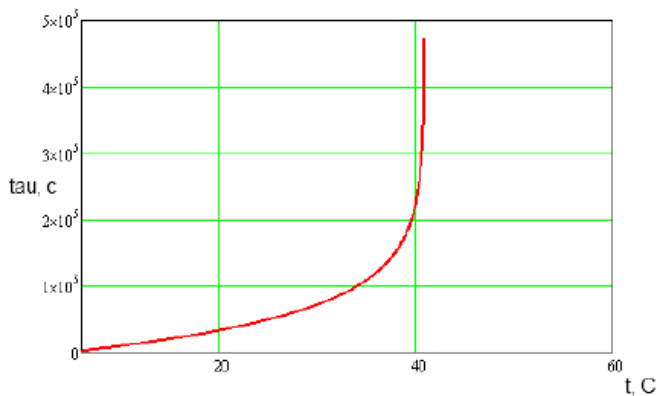


Рис. 3 - Залежність часу нагрівання неутепле-ного біореактора від температури процесу

обладнання повинен бути в межах $10...25$ °C.

Якщо використовувати погано теплоізований біореактор (термічний опір стінки - $0,04$ м² °C/Вт) та з неправильно підібраним теплообмінником (площа тепловіддачі нагрівника - $0,2$ м²), то деяких необхідних температурних

режимів взагалі неможливо досягти (рис. 3), про що свідчить характер залежності $\tau(t)$ – недосяжний термофільний режим в неправильно запроектованому біореакторі. Це відбувається тому, що зі збільшенням часу нагрівання субстрату в неутепленому біореакторі температура анаеробного процесу практично не досягає оптимального значення для збереження максимальної продуктивності з виробництва біогазу.

Література

1. Баадер Б. Биогаз: Теория и практика / Баадер Б., Доне Е., Брендерфер М.; Пер. с нем. М. И. Серебрянного. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Ткаченко С. Й. Методичні основи моделювання системи термостабілізації реактора біогазової установки / Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Резидент Н. В. // Праці за матер. IV всеукр. наук–техн. конф. «Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві». – Вінниця. – 2004. – С. 70–79.
3. Ратушняк Г.С. Энергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.