

Висновки

Одержано кінетичні й температурні закономірності інфрачервоного нагрівання й сушіння паперу. Визначено залежність тривалості та швидкості сушіння від маси квадратного метра паперу, густини теплового потоку й початкового вологовмісту.

У подальшому планується побудувати узагальнену криву сушіння й вивести її рівняння.

Список використаної літератури

1. *Seyed-Yagoobi, J.* Heating/drying of paper sheet with gas-fired infrared emitters – pilot machine trials [Text] / J. Seyed-Yagoobi, S. J. Sikirica, K. M. Counts // IDS 2000, Paper No. 319.
2. *Новохат, О. А.* Інфрачервоне випромінювання в процесі сушіння [Текст] / О. А. Новохат, В. М. Марчевський // Наук. праці ОДАХТ. – 2008. – Т. 58. – С. 42-44.

In this paper the kinetics and temperature patterns of heating and drying processes paper with the use of radiation energy.

The keywords: drying, paper, infrared radiation, moisture contents.

Надійшла до редакції 02.03.2012

УДК 662.638

МАРЧЕВСЬКИЙ В. М., к.т.н., проф.; КОТЛЯР К. М., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КІНЕТИКА БІОГАЗОВОГО ПРОЦЕСУ

Запропоновано фізичну і математичну моделі метанового бродіння відходів, що містять целюлозу.

Ключові слова: біогаз, целюлоза, відходи.

Постановка проблеми

Під час виробництва целюлози й паперу утворюється велика кількість органічних відходів, мільйони тонн яких вивозять на звалища, тоді як попередні дослідження засвідчили, що їх можна використати для виробництва біогазу [1]. Але розроблення й впровадження біогазових реакторів для утилізації відходів, що містять целюлозу, стримується відсутністю кінетичних залежностей, необхідних для розрахунків.

Аналіз попередніх досліджень

У літературних джерелах наведено значну кількість праць із кінетики біогазових процесів. Зокрема, відомі результати досліджень впливу параметрів біогазового процесу на питомий вихід біогазу, аналіз яких свідчить, що за стаціонарного режиму швидкість питомого виходу біогазу є сталою [2]. Доведено, що об'єм газу є пропорційним концентрації мікроорганізмів у субстраті [1, 2]. Проте праць із дослідження одержання біогазу з відходів переробки деревини й виробництва паперу, недостатньо, а залежності для розрахунку кінетичних закономірностей таких процесів і реакторів для їхнього здійснення відсутні.

Метою статті є розроблення фізичної й математичної моделей метанового бродіння органічних відходів, що містять целюлозу, необхідних для проектування біогазового реактора.

Виклад основного матеріалу

Анаеробне бродіння є унікальним природним процесом перероблення майже всіх органічних відходів у паливний газ та органічні добрива (рис. 1). Оскільки цей процес є багатадним, важливо визначити стадію, що обмежує загальну швидкість і знайти шляхи її інтенсифікації.

На першій стадії бродіння відбувається розщеплювання целюлози на моно- і дисахариди в присутності ферменту (целюлази). На другій стадії, завдяки життєдіяльності кислотоутворюючих бактерій, продукти гідролізу першої стадії розкладаються на спирти, альдегіди, кетони, вуглекислий газ, водень і воду.

© Марчевський В. М., Котляр К. М., 2012

Швидкість другої стадії залежить від концентрації бактерій, із зростанням якої збільшується виділення CO_2 і, відповідно, кислотність субстрату. На третій стадії відбувається метанове бродіння, що є остаточним бактеріальним перетворенням органічних речовин з утворенням метану й води. Метаноутворюючі бактерії більш чутливі до умов середовища, ніж кислотоутворюючі; вони потребують повної відсутності кисню. Швидкість відтворення цих бактерій є значно меншою, ніж кислотних, а їхня активність і, отже, інтенсивність метаноутворення, залежать від рН субстрату.



Рис. 1 – Схема одержання біогазу

Загальним параметром, що впливає на швидкість усіх стадій, є температура субстрату. Рекомендований температурний діапазон становить $33 \dots 54 \text{ }^\circ\text{C}$. Швидкість другої і третьої стадій визначає також кислотність. Рекомендовані межі рН субстрату $6,5 \dots 7,5$. На швидкість процесів впливає й інтенсивність перемішування субстрату [3].

Аналіз біофізичних процесів, що відбуваються за оптимальних параметрів, свідчить, що обмежною стадією є третя – метанове бродіння. Проте за певних умов такою можуть бути як перша, так і друга. Тоді середня швидкість процесу:

$$v_c = \frac{1}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \frac{1}{v_3}},$$

де v_1, v_2, v_3 – швидкості першої, другої і третьої стадій.

Середню швидкість v_c можна визначити експериментально, вимірюючи вихід біогазу протягом певного проміжку часу за різних технологічних параметрів процесу.

Під час другої й третьої стадій процесу бактерії продукують біогаз, що поглинається субстратом. Дифузійно-конвективний розподіл біогазу в субстраті визначають рівнянням конвективної дифузії з доданком, що враховує наявність об'ємного джерела біогазу:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + (\vec{v}, \text{grad } c) = D\nabla^2 c + m_v.$$

Оскільки більшість реакторів працює за стаціонарного режиму і без перемішування субстрату й газу,

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D\nabla^2 c + m_v. \quad (1)$$

Згідно із загальним рівнянням швидкості хімічного чи фізичного процесу $\partial c / \partial \tau = kc^m$, де τ – час, c – концентрація, $\text{кг}/\text{м}^3$; k – константа швидкості процесу, с^{-1} .

Експериментальні дослідження свідчать, що основний час реактор працює за стаціонарного режиму зі сталою швидкістю виділення біогазу (рис. 2), тобто $\partial v / \partial \tau = m_v$, де m_v – питома об'ємна потужність джерела біогазу, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$. Якщо вихід віднести до об'єму субстрату, то

$$\frac{\rho \partial v}{v_c \partial \tau} = m_v. \quad (2)$$

Для інтегрування рівняння (1) можна використати такі умови однозначності: умови четвертого роду для двох суміжних областей, де розподілено біогаз, у вигляді рівності дифузійних потоків біогазу на межі поділу фаз та умови першого роду на межі контакту фаз із внутрішньою поверхнею реактора.

Тоді математичну модель процесу можна записати так:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D\nabla^2 c + m_v; \quad \frac{\rho \partial v}{v_c \partial \tau} = m_v.$$

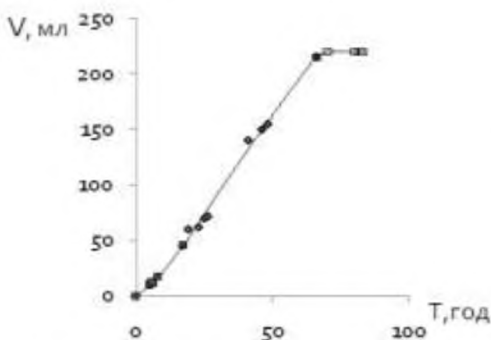


Рис. 2 – Залежність виходу біогазу від тривалості роботи реактора

Межові умови: $D_1 \frac{\partial c_1}{\partial z_1} = D_2 \frac{\partial c_2}{\partial z_2}$; $c_1 = c_1(\tau)$; $c_2 = c_2(\tau)$;

початкові умови: $\tau_0 = \tau_{ст}$; $c_1 = c_{ст}$; $z_0 = 0$, де D_1, D_2 – коефіцієнти дифузії, а c_1, c_2 – концентрації біогазу в воді й газі відповідно.

Висновки

Запропоновано фізичну й математичну моделі метанового бродіння органічних відходів, що містять целюлозу, необхідні для проектування біогазового реактора.

Список використаної літератури

1. Мазепа, Ю. В. Дослідження температурного діапазону утворення біогазу з органічних відходів целюлозно-паперового виробництва [Текст] / Ю. В. Мазепа, О. О. Семінський / Вісн. НТУУ «КПІ»; сер. «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2011. – № 1 (7). – С. 68-71.
2. Баадер, В. Биогаз: теория и практика [Текст] / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
3. Варфоломеев, С. Д. Биотехнология. Кинетические основы микробиологических процессов [Текст] / С. Д. Варфоломеев, С. В. Калюжный. – М.: Высш. шк., 1990. – 296 с.
4. Романков, П. Г. Массообменные процессы химической технологии [Текст] / П. Г. Романков, Н. Б. Рашковская, В. Ф. Фролов. – М.: Химия, 1975. – 336 с.

The physical and mathematical model of methane fermentation of cellulose waste is proposed.

Keywords: biogas, cellulose waste.

Надійшла до редакції 12.03.2012

УДК 628.5.66.011.12

СТЕПАНЮК А. Р., к.т.н., доц.; КУЧЕРЕНКО І. В., магістрант; КАРПЕНКО О. П., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ВИЛУЧЕННЯ ГУМІНОВІСНИХ РЕЧОВИН ІЗ ТОРФУ

Виконано математичне моделювання вилучення гуміновісних речовин із торфу з метою одержання мінерально-гумінових твердих композитів і визначено ступінь впливу різних чинників на процес.

Ключові слова: вилучення, торф, гумат, багатofакторний процес.

Постановка проблеми

Розв'язання задач масообміну під час вилучування в системі рідина – тверде тіло є досить складним і потребує додаткового обґрунтування [1–3]. Зокрема, потребує уточнення ступінь впливу різних чинників на вилучування гуміновісних речовин із торфу з метою одержання мінерально-гумінових твердих композитів.

Метою статті є визначення впливу технологічних параметрів на ефективність процесу вилучування гуматів із торфу.

Виклад основного матеріалу

Експеримент виконували на установці, що містила екстрактор, центрифугу для розділення фаз, а також піч для випарювання рідини (рис. 1). Вихідним робочим розчином був розчин гідроксиду калію з дрібнодисперсним торфом.

© Степанюк А. Р., Кучеренко І. В., Карпенко О. П., 2012