



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **159414** (13) **U**
(51) МПК (2025.01)
C02F 11/00
C12M 1/36 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 01612	(72) Винахідник(и): Манжула Володимир Іванович (UA), Дивак Микола Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 01.04.2024	(73) Володілець (володільці): Манжула Володимир Іванович, вул. Горішня, 189, с. Трибухівці, Чортківський р-н, Тернопільська обл., 48431 (UA), ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46020 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 29.05.2025	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 28.05.2025, Бюл.№ 22	

(54) СПОСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ПРОЦЕСУ БРОДІННЯ В РЕАКТОРАХ ПЕРШОГО ЕТАПУ ПЕРЕРОБКИ

(57) Реферат:

Спосіб забезпечення стабільності процесу бродіння в реакторах першого етапу переробки, за яким компоненти сировини у вигляді гною великої рогатої худоби, жому, барди, соломи, сечівки подрібнюють, подають в реактор та контролюють рівень кислотності субстрату шляхом вимірювання маси твердої та об'єму рідкої компонент сировини.

UA 159414 U

Корисна модель належить до галузі автоматизованого управління технологічними процесами, зокрема стосується установок для виробництва біогазу та органічних добрив при зброджуванні багатокомпонентного субстрату, що має у своєму складі органічні матеріали, або їх відходи.

Відомий спосіб забезпечення стабільності процесу бродіння на основі установки для одержання біогазу та біодобрива з органічних відходів (патент № 27445), який полягає в тому, що управління роботою реактора першого етапу переробки забезпечується системою підготовки та завантаження органічних відходів.

Недоліком відомого способу є відсутність можливості корекції структури сировини, яка подається в реактор першого етапу переробки, на основі обчислення співвідношення маси твердої та рідкої фракцій компонентів субстрату із використанням математичних моделей, які пов'язують кислотність (рН) середовища бродіння із обсягом та структурою сировини, а також із технологічними параметрами (температура, вологість).

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу забезпечення стабільності процесу бродіння в реакторах першого етапу переробки, що дозволить забезпечити корекцію структури та обсягу сировини, яка подається в реактор першого етапу переробки, на основі обчислення співвідношення маси твердої та рідкої фракцій компонентів субстрату із використанням інтервальних моделей, які пов'язують кислотність (рН) середовища бродіння із обсягом та структурою сировини, а також із технологічними параметрами, якими є температура та вологість. При вирішенні поставленої задачі було взято до уваги те, що стабільність процесу бродіння в реакторі першого етапу переробки забезпечується на підставі управління рівнем рН середовища бродіння, який визначається обсягом та структурою сировини, а також технологічними параметрами, такими як температура та вологість [3].

Найближчий аналог до запропонованого способу забезпечення стабільності процесу бродіння в біогазових установках за допомогою управління рівнем рН середовища бродіння на основі контролю структури сировини заявнику не є відомий.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб забезпечення стабільності процесу бродіння в біогазових установках, який полягає у тому, що компоненти сировини у вигляді гною великої рогатої худоби, жому, барди, соломи, сечівки подрібнюють, подають в реактор та контролюють рівень кислотності субстрату шляхом вимірювання маси твердої та об'єму рідкої компонент сировини.

Корекцію структури сировини здійснюють на основі обчислення співвідношення маси твердої та об'єму рідкої фракцій компонентів субстрату. Самі обчислення проводять із використанням інтервальних моделей, які пов'язують кислотність (рН) середовища бродіння із обсягом та структурою сировини, а також із технологічними параметрами, у вигляді такого виразу:

$$\hat{y} = \beta_0 + \left(\frac{\sum_{i=1}^s \beta_i \cdot x_i}{1 + \sum_{j=1}^l \beta_j \cdot x_j} \right)^{\beta_{k+5}} + \beta_h \cdot x_h^{\beta_{h+1}} + \beta_t \cdot x_t^{\beta_{t+1}}, \quad (1)$$

де

$\hat{y}$ - означає оцінку значення рН (кислотності);

x_i - маса в 1000 кг добового завантаження у відповідний період у-го виду сировини твердої фракції (суха барда, жом з цукрових буряків, солома тощо);

x_j - об'єм в м³ добового завантаження у відповідний період у-го виду сировини рідкої фракції (сечівка, патока тощо);

x_h - вологість дегістату в %;

x_t - температура в °С середовища бродіння;

$\beta_0, \beta_i, \beta_j, \beta_h, \beta_{h+1}, \beta_t, \beta_{t+1}$ - коефіцієнти моделі, які обчислюють на основі розв'язування задачі ідентифікації, методика розв'язування якої наведена в праці [3].

Запропонований спосіб дозволяє забезпечити корекцію структури та обсягу сировини, яка подається в реактор першого етапу переробки, на основі обчислення співвідношення маси твердої та рідкої фракцій компонентів субстрату із використанням інтервальних моделей, які пов'язують кислотність (рН) середовища бродіння із обсягом та структурою сировини, а також із технологічними параметрами, якими є температура та вологість.

Приклад проведення обчислень.

Для розробки математичної моделі рН середовища в реакторі першого етапу переробки використано результати вимірювань у ТОВ "Теофіпольська енергетична компанія", яка здійснює

виробництво біогазу із застосуванням БГУ базової комплектації. Результати експериментальних досліджень характеристик та параметрів процесу ферментації в реакторі першого етапу переробки за серпень місяць 2022 року отримано у вигляді таблиці інтервальних даних.

Таблиця. Спосіб забезпечення стабільності процесу бродиння в реакторах першого етапу переробки

Номер точки контролю	Маса завантаження жому, 1000кг	Маса завантаження гною ВРХ, 1000кг	Маса завантаження жому з соломкою, 1000кг	Об'єм завантаження барди, м ³	Об'єм завантаження сечівки, м ³	Вологість, %	Температура в біореакторі, °C	Нижня межа вимірюваного pH	Верхня межа вимірюваного pH
<i>I</i>	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_h	x_t	y_i^-	y_i^+
1	72	10	4	150	59	97,9	47,9	7,8012	7,9588
2	56	10	4	40	14,4	97,8	48,2	8,1279	8,2921
3	80	10	8	80	59	97,2	48	7,8804	8,0396
4	58	10	16	140	0	96,525	47,6	8,0091	8,1709
5	54	40	0	90	72	96,9	48,3	7,9299	8,0901
6	144	20	16	0	14,4	96,291	47,3	8,0784	8,2416
7	130	10	0	160	59	97,1	47	7,9002	8,0598
8	78	5	0	90	14,4	96,837	47,2	8,0586	8,2214
9	58	5	0	120	14,4	96,75	46,6	7,92	8,08
10	87	10	0	150	43	96,73	44,4	8,0388	8,2012

Із застосуванням методики розв'язування задачі ідентифікації моделі, яка описана в праці [3], отримано таку інтервальну модель:

$$\hat{y} = 9.997 + \left(\frac{17.304 \cdot x_1 + 321.69 \cdot x_2 - 264.728 \cdot x_3}{1 - 0.116 \cdot x_4 + 251.675 \cdot x_5} \right)^{3.608} - 3176.194 \cdot x_h^{-1.493} + 215.389 \cdot x_t^{-1.32} \quad (2)$$

Отримана математична модель у вигляді виразу (2) описує залежність між pH середовища і обсягом та структурою сировини, а також із температурою та вологістю.

Як сировину твердої фракції використовували жом (x_1), гній ВРХ (x_2) та суміш жому із соломкою (x_3), сировину рідкої фракції складають барда (x_4) та сечівка (x_5).

На основі цієї моделі встановлено, що при максимальному добовому завантаженні сировини твердої фракції частка сировини рідкої фракції стабілізує значення рівня pH в діапазоні 7,9-8. В той же час, при максимальному добовому завантаженні сировини рідкої фракції зміна частки сировини твердої фракції обумовлення зниження значення рівня pH з 8,4 до 8 одиниць. Аналіз структури сировини за наведений період показав, що домінуючим видом сировини твердої фракції є жом. Жом містить велику кількість органічних кислот, відповідно його додавання призводить до вироблення більшої кількості органічних кислот у процесі ферментації. При цьому, вироблені органічні кислоти зменшують рівень pH у системі. Сировину рідкої фракції формують барда та сечівка, які також містять органічні речовини, їх розкладання призводить до утворення органічних кислот та аміаку. Зокрема, сечівка містить аміачні сполуки, наприклад, аміак (NH_3), який реагуючи з водою, утворює амонійні й гідроксидні іони, що підвищує рівень pH.

Список використаних джерел

1. Патент на корисну модель № 27445 Україна, МПК 2006 C02F 11/04. Установа для одержання біогазу та біодобрива з органічних відходів / Бабкін Я.В., Аксютів І.О. - № 200708488. - заявл. 24.07.2007 р., опубл. 25.10.2007, Бюл. № 17.

2. N. Golub, M. Potapova, and Y. Karpenko, "Mathematical Modeling of the Biogas Production Process from the Distillery Spent Wash on the First Stage", Innov Biosyst Bioeng, vol. 3, no. 2, pp. 96-104, Jun. 2019.

3. Прикладні задачі структурної та параметричної ідентифікації інтервальних моделей складних об'єктів [Електронний ресурс]: монографія / М.П. Дивак, А.В. Пукас, Н.П. Порплиця, А.М. Мельник. - Тернопіль: Університетська думка, 2021. - 212 с.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб забезпечення стабільності процесу бродіння в реакторах першого етапу переробки, який полягає у тому, що компоненти сировини у вигляді гною великої рогатої худоби, жому, барди, соломи, сечівки подрібнюють, подають в реактор та контролюють рівень кислотності субстрату шляхом вимірювання маси твердої та об'єму рідкої компонент сировини.

10