

Using the method of scaling transformations of similar dynamic systems revealed a relationship between basic design parameters of piston engines and their performance.

Sizes of cylinders, average speed of piston, work capacity, power, materials, effective efficiency.

УДК 662.763.3.2

ВПЛИВ РЕЖИМІВ МЕТАНОВОГО БРОДІННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

***В.М. Поліщук, М.М. Лободко, кандидати технічних наук
О.В. Сидорчук, О.В. Поліщук, здобуачі***

Проведено аналіз умов, що впливають на інтенсифікацію процесу метанового зброджування. Визначено ступінь впливу на ефективність виробництва біогазу та його теплової цінність температурного режиму метантенка, сировинної бази, перемішування, наявності косубстратів

Біогаз, субстрат, біошлам, метантенк, газгольдер, температурний режим, косубстрат, перемішування

Постановка проблеми. Енергозабезпеченість людства все більше залежить від природного газу по причині зручності його використання та екологічній чистоті. Однак його розвіданих запасів вистачить всього на 60 років. Причому найбільші запаси природного газу сконцентровані тільки в певних регіонах: Росії, Ірані, на Аравійському півострові. Інші країни вимушені купувати природний газ. Україна хоч і займає третє місце в Європі по обсягах видобування природного газу (після Голландії і Норвегії), забезпечує себе власним природним газом лише на 20%. Решта експортується. Зате в Україні вдосталь сировини для отримання аналога природного газу – біогазу, який отримується із біологічної сировини (гною, відходів аграрного виробництва та переробки сільськогосподарської продукції, біомаси тощо) на біогазових установках. Разом із тим, ефективність виробництва біогазу значною мірою залежить від режимів роботи біогазової установки [1].

Аналіз останніх досліджень. Для інтенсифікації процесу метанового зброджування необхідна оптимізація умов, при яких швидкість ферментних реакцій була б максимальною. На створення

© В.М. Поліщук, М.М. Лободко, О.В.Сидорчук, О.В. Поліщук, 2013

цих умов впливають наступні чинники: властивості субстрату, температура ферментації, рН середовища, експозиція (час) зброджування, наявність анаеробних умов, а також тип спільноти метаногенів, що використовується в метантенку. Склад гнойової біомаси та її властивості значною мірою впливають на процес метанового збродження. У сучасних біогазових установках можуть перероблятися субстрати із вмістом сухої речовини до 12% і максимальній довжині волокнистих або стеблевидних частинок, яка не перевищує 30 мм [2]. Після завантаження субстрату в метантенк вихід біогазу за одиницю часу спочатку різко збільшується, а потім по досягненні максимуму поступово зменшується. Слід також зазначити, що трава містить багато білкових речовин, тому володіє високою швидкістю реакції і дає великий вихід газу, в той час як солома і екскременти ВРХ через значну частку лігніну зброджуються набагато повільніше і виділяють менше біогазу [3]. Підготовка сировини вимагає виконання певних вимог. Умовою застосування органічного матеріалу в процесі ферментації є відсутність у ньому токсичних з'єднань, а також відповідне подрібнення матеріалу, що може дозволити збільшити виробництво біогазу до 20%. Використання гомогенного біоматеріалу істотно збільшує ефективність протікання ферментації. Небажаними компонентами процесу є наявність інгібіторів, які важко розпадаються біологічним шляхом, такі як: дезинфікуючі матеріали, детергенти, антибіотики і пестициди, що використовуються в сільському господарстві [4]. Не спонукає життєдіяльності метаногенів і деякі неорганічні речовини, тому не можна використовувати, наприклад, для розведення гною воду, що залишилася після прання білизни синтетичними миючими засобами [5]. Курячий послід часто інгібує метанове зброджування надлишком NH_3 [6]. Стабільність процесу в значній мірі залежить від стабільності рН. Процес анаеробної ферментації можливий при зміні рН в діапазоні 6,0-8,5, але звичайно намагаються підтримувати рН 7,0-8,0, тому що при зниженні рН нижче 6,5 погіршується вихід біогазу на 30-40%, а при рН 6,0 майже повністю загальмовується розвиток метанової мікрофлори [2]. Бактерії для утворення своїх клітин вимагають поживних речовин, вітамінів, розчинних сполук азоту, мінеральних речовин і мікроелементів. Активність розмноження метаноутворюючих бактерій в значній мірі визначається співвідношенням вуглецю та азоту в сировині. Критерієм оптимальності співвідношення С : N служить вихід біогазу. Якщо співвідношення С : N в гною надмірно велике, то нестача азоту обмежує процес метанового бродіння, якщо ж вказане співвідношення дуже мале, то в метантенку утворюється велика кількість аміаку і він стає токсичним для бактерій [7]. Сприятливою для розмноження метаноутворюючих бактерій визнано

співвідношення C/N, рівне від 10:1 до 30:1 [2]. Крім заходів з підготовки субстрату до способів інтенсифікації процесу метанового зброджування відноситься і оптимізація параметрів самого процесу. Питанню оптимізації процесу метанового зброджування безпідстилкового гною присвячена значна кількість досліджень. Виявлені температурні оптимуми для мезофільного процесу (33°C) і для термофільного – 54°C. Не дивлячись на те, що процес розкладання целюлози в термофільних умовах проходить в 14 разів інтенсивніше, ніж у мезофільних, а кількість біогазу, що отримується, на 25-30% вище в термофільних умовах, термофільні процеси мають меншу стабільність, ніж мезофільні, а допустимі коливання температури значно знижуються [8]. Час процесу ферментації біомаси (експозиція зброджування) також є одним з важливих параметрів процесу метанового зброджування. У більшості випадків при переробці гнойової біомаси процес метаногенезу відбувається на протязі 24-28 діб і більше. На практиці експозицію метанового зброджування з метою отримання біогазу встановлюють залежно від температури, ступеня розкладання і вмісту органічних речовин в наступних інтервалах: при 10-25°C до 30 діб, при 25-40°C – від 10 до 20 діб, при 45-55°C – від 4 до 8 діб [2]. Ступінь розкладання органічних речовини (біоконверсія) безпідстилкового гною залежить від експозиції. Максимальна ступінь біоконверсії органічної речовини 53% (технічне зброджування) досягається лише при довгостроковій експозиції і на практиці не використовується. Кращі органічні добрива при метановому зброджуванні в мезофільному режимі отримуються при ступені біоконверсії органічної речовини 30-33%, при цьому відзначається максимальний вихід біогазу. Для досягнення такого рівня біоконверсії органічної маси в проточних реакторах повного змішування необхідна експозиція 20-22 діб. Експозиція метанового зброджування, поряд з добовим виходом безпідстилкового гною, визначає робочий об'єм біореактора [2]. Середня тривалість бродіння сировини при психрофільному температура-турному режимі становить від 30-40 і більше діб, при мезофільному режимі – в межах 10-20 діб, при термофільному – в межах 5-10 діб [9]. Дуже важливим фактором ефективного протікання процесу ферментації є температура маси, що зброджується. Метанова ферментація починається при температурі 6°C. При більш низькій температурі виділення метану припиняється. Одночасно із ростом температури швидко збільшується виділення газу. Так, при температурі 30°C виділення біогазу відбувається в 12 разів швидше, ніж при температурі 10°C [10]. Разом із тим, при зростанні температури знижується вміст метану в біогазі. Це пов'язано із тим, що при високих температурах розчинений в

субстраті вуглекислий газ інтенсивніше переходить в газоподібну фазу (у біогаз), таким чином знижуючи відносний вміст метану [11].

Якщо спостерігається великий вихід біогазу, однак він недостатньо горючий, це часто означає, що на поверхні сировини в реакторі утворилася піна або кірка. Якщо тиск газу зовсім низький, це теж може означати, що утворилася кірка, яка блокує газову трубу. Тому необхідно видаляти кірку з поверхні сировини в реакторі.

Особливістю кірки є те, що вона не ламка, але тягуча і може стати дуже твердою протягом короткого періоду часу. Для руйнування кірки потрібно підтримувати її в зволоженому стані. Тобто кірку можна полити зверху водою або опустити в субстрат [5]. Разом із тим, наявність слабкої плаваючої кірки на по-поверхні субстрату корисно для колонізації сірчаних бактерій, які приймають участь в очищенні біогазу від сірководню [12].

Стабільну роботу біогазової установки підтримують шляхом перемішування субстрату. Метою перемішування є вивільнення утвореного біогазу, перемішування свіжого субстрату і бактерій (прищепи), попередження утворення кірки і осаду, запобігання виникнення ділянок з різною температурою всередині метантенка, забезпечення рівномірного розподілу популяцій бактерій, неможливість формування порожнин і скупчень, котрі зменшують ефективну площу реактора. При виборі методу перемішування потрібно враховувати, що бродіння являє собою процес життєдіяльності симбіозу різних штамів бактерій і при руйнуванні цієї спільноти процес ферментації буде непродуктивним аж до часу утворення нового симбіозу бактерій. Тому дуже часте або тривале перемішування наносить шкоду. Рекомендується повільне перемішування субстрату в метантенку через кожні 4-6 год [13].

Необхідною умовою ефективної роботи біогазової установки є наявність теплоізоляції [13]. У психрофільному режимі при термічному опорі $1 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ і негативних температурах навколишнього середовища теплотрати в огорожувальних конструкціях біогазових установок становлять 25-30 Вт, в мезофільному режимі – 45-65 Вт, в термофільному режимі при температурі -20°C доходять до 75 Вт. Найменші тепловтрати досягаються при термічному опорі понад $1 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ [14]. Тому для зниження втрат тепла метантенки повинні бути забезпечені теплоізоляцією, мати мінімальну площу поверхні або підземне чи напівпідземне розташування [13].

Мета досліджень. Визначити ступінь впливу технологічних факторів на ефективність виробництва біогазу, придатного для використання в енергетичних цілях.

Результати досліджень. Ефективність виробництва біогазу визначалась залежно від типу сировини, наявності косубстратів, температурного режиму біогазової установки, наявності або відсутності перемішування субстрату. Експериментальні дослідження проводились паралельно на двох біогазових установках в навчально-науковій лабораторії біоконверсій в АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України. До складу біогазової установки входить метантенк об'ємом 30 л, який містить мішалку і нагрівальний пристрій, і газгольдер.

Вплив температурного режиму. Ступінь впливу температурного режиму метантенка на ефективність виробництва біогазу досліджувалася на прикладі метанового зброджування гною ВРХ вологістю 93,4% при температурах 55, 50, 45 і 40°C. Результати дослідження представлені на рис. 1, з якого видно, що при збільшенні температури метантенка вихід біогазу збільшується. Так, середній вихід біогазу при температурі 55°C становить 7103 см³/добу, при 50°C – 5226 см³/добу, при 45°C – 4893 см³/добу, при 40°C – 2041 см³/добу. У досліді тривалість лаг-фази була мінімальна і становила менше доби (крім бродіння при температурі 55°C, коли через зміну температурного режиму і субстрату тривалість лаг-фази становила 4 доби). Для всіх температурних режимів сума часу експоненціальної фази і фази уповільнення росту знаходилась в межах 14-15 діб. За цей час вихід біогазу становив: при температурі 55° С – 11254 см³/добу, 50°C – 8980 см³/добу, 45°C – 8059 см³/добу, 40°C – 3611 см³/добу. У той же час, за час стаціонарної фази і фази відмирання, тривалість яких за час дослідів становила 20-25 діб, вихід біогазу був: при температурі 55°C – 4797 см³/добу, 50°C – 4179 см³/добу, 45°C – 2632 см³/добу, 40°C – 1108 см³/добу. Тобто, співвідношення виходу біогазу в перші 14-15 діб і наступний час роботи реактора становлять 2,1-3,3, з чого випливає, що якщо головною метою зброджування відходів є отримання біогазу, раціональний час процесу бродіння гною ВРХ становить 14-15 діб.

Вплив перемішування субстрату. При дослідженні впливу перемішування субстрату на вихід біогазу в якості субстрату використовувався гній ВРХ. На одному реакторі перемішування не проводилося, на другому мішалка робила 10 обертів один раз на добу. Результати досліджень представлені на рис 2, із якого видно, що за відсутності перемішування вихід біогазу зменшується. Так, за час експоненціальної фази і фази уповільнення зростання (11 діб) при перемішуванні субстрату вихід біогазу становив 7179 см³/добу, без перемішування – 5652 см³/добу, тобто майже в 1,3 рази менше.

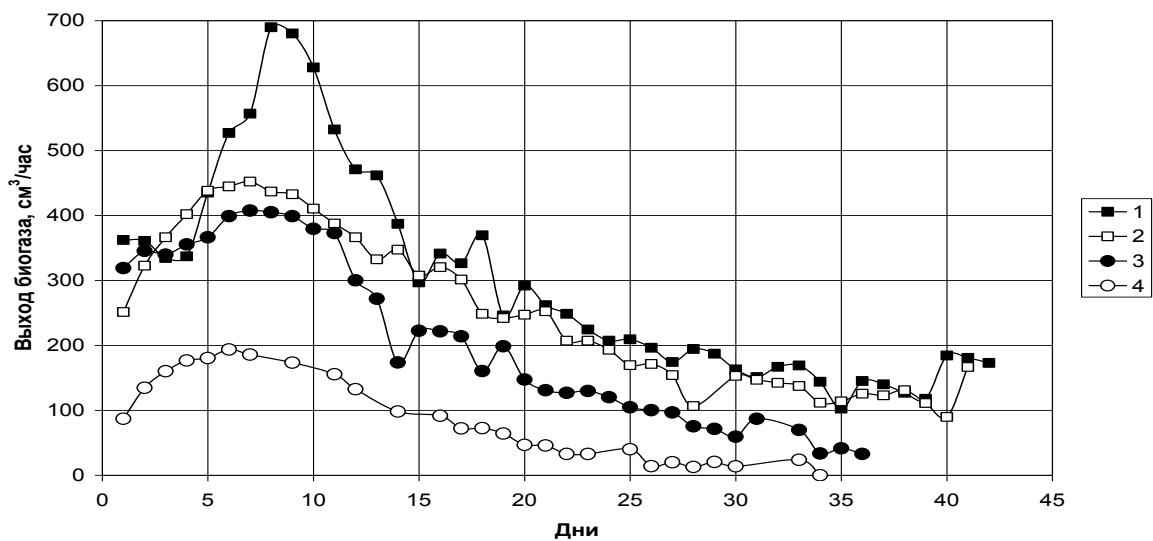


Рис. 1. Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ вологістю 93% при різних температурних режимах: 1 – $t=55^{\circ}\text{C}$; 2 – $t=50^{\circ}\text{C}$; 3 – $t=45^{\circ}\text{C}$; 4 – $t=40^{\circ}\text{C}$

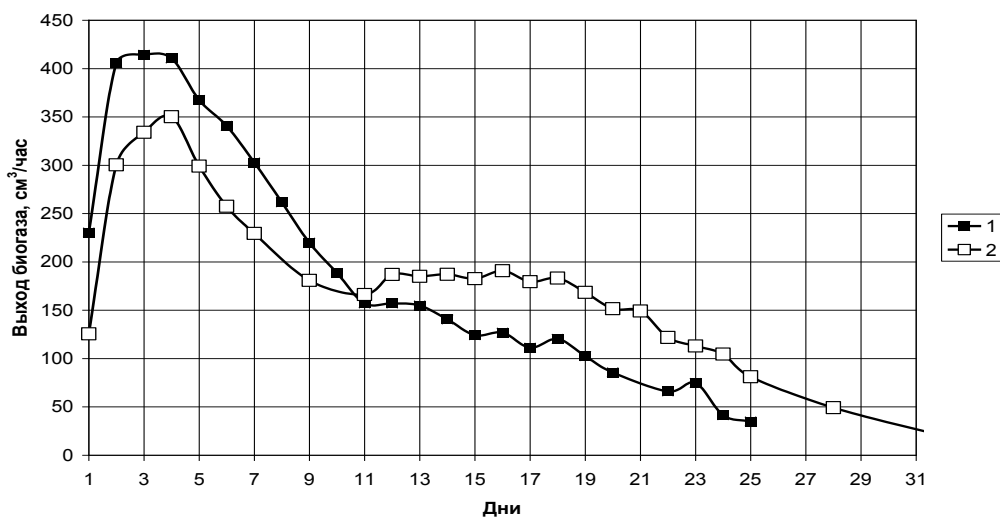


Рис. 2. Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 40°C : 1 – при перемішуванні; 2 – без перемішування.

Вплив виду субстрату. Дослідження проводились на різних субстратах: гноївка ВРХ, курячий послід та їх суміші. При дослідженні впливу гною ВРХ на вихід біогазу брався до уваги раціон корму: в одному випадку основу корму складали концкорми і сіно, в іншому випадку – солома.

Дослідження впливу годівлі ВРХ на вихід біогазу представлено на рис. 3. Дослідження проводились при температурі бродіння 40°C з перемішування субстрату. Вихід біогазу за час експоненціальної

фази і фази уповільнення росту (11 діб) при кормлінні концкормами і сіном був $7179 \text{ см}^3/\text{добу}$. У разі, коли основу корма складала солома, вихід біогазу становив $4125 \text{ см}^3/\text{добу}$. Із вищесказаного випливає, що за наявності в гної великої кількості неперетравленої целюлози і геміцелюлози вихід біогазу зменшується в 1,7 рази.

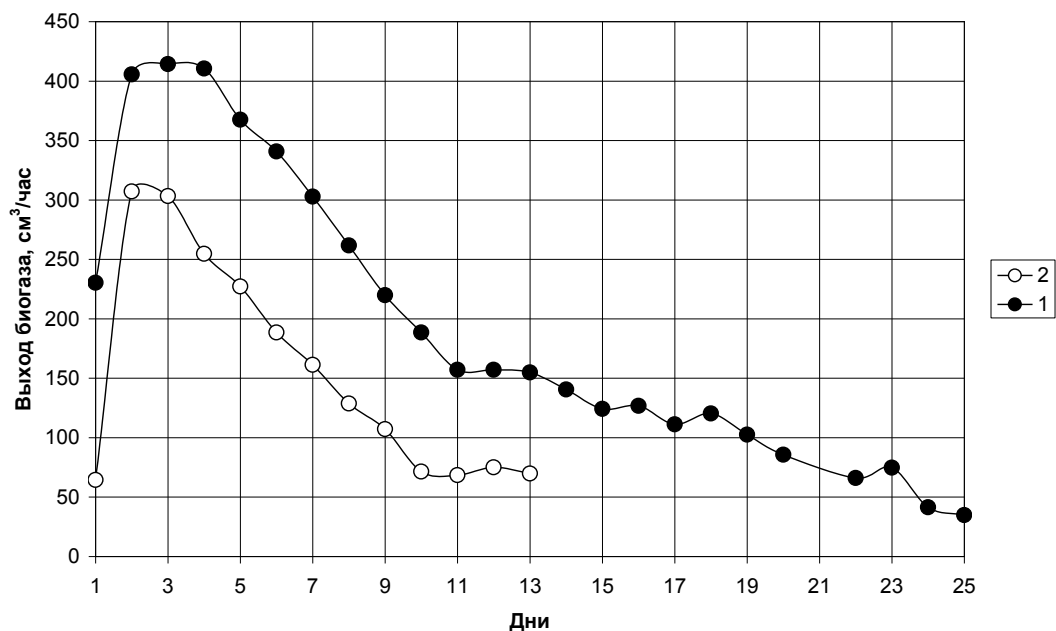


Рис. 3. Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 40°C : 1 – при кормлінні ВРХ сіном і концентратами; 2 – при кормлінні ВРХ грубими кормами (соломою).

При використанні в якості субстрату курячого посліду, у порівнянні з гноївкою ВРХ, вихід біогазу різко зростає (рис. 4). Так, вихід біогазу із курячого посліду за 13 днів зброджування становить 91845 см^3 , або $3827 \text{ см}^3/\text{добу}$, в той час, як за 32 днів зброджування гною – 117112 см^3 , або $3660 \text{ см}^3/\text{добу}$. Період двох найпродуктивніших фаз: експоненціальної і фази уповільнення росту, становить 9 днів, за цей час вихід біогазу з курячого посліду становив $8356 \text{ см}^3/\text{добу}$, із гноївки ВРХ – $4881 \text{ см}^3/\text{добу}$.

Разом із тим, при зброджуванні курячого посліду, на відміну від гноївки ВРХ, спостерігається підвищений вихід сірководню, про що свідчить характерний запах, а вихід метану помітно менший. Так, перші 10 днів біогаз взагалі не горить, наступні кілька днів горіння спостерігається, але дуже погане, з перервами, часто горіння переривається.

При використанні в якості субстрату суміші гноївки ВРХ і курячого посліду вихід біогазу, в порівнянні із зброджуванням чистої гноївки ВРХ, збільшується, однак вміст метану в такому біогазі

низький. Так, при температурі бродіння 55°C і 50° С повноцінне горіння біогазу спостерігається лише на 7 день роботи метантенка, при 45°C і 35°C – на 4 день. Горіння біогазу, утвореного при зброджуванні гноївки ВРХ, в більшості дослідів спостерігалось з першого дня зброджування, лише в деяких випадках фіксувалося відсутність його горіння в перші 1-2 дні.

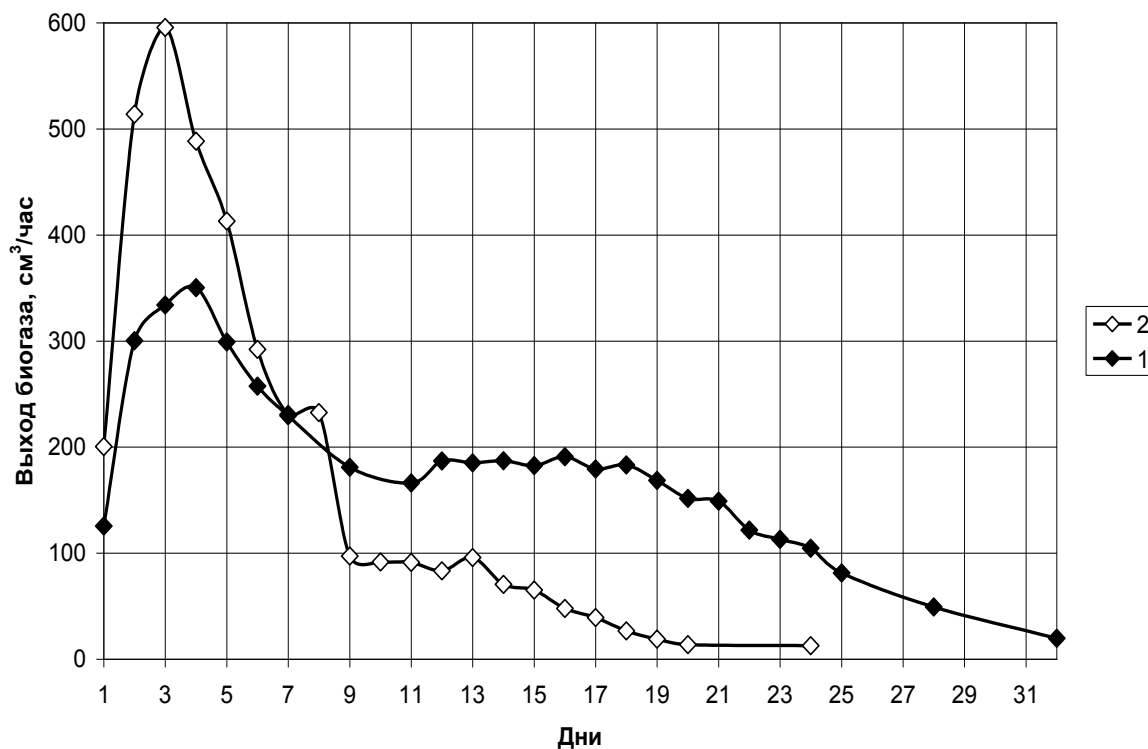


Рис. 4. Вихід біогазу при метановому зброджуванні різних субстратів без перемішування: 1 – гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 40°C; 2 – курячого посліду вологістю 73% при температурі 40°C.

Вплив косубстратів. В якості косубстратів при дослідженні застосовувалися крохмаль і гліцерин.

Результати досліджень показали, що використання косубстратів веде до різкого збільшення інтенсивності метанового зброджування (рис. 5). При добавці гноївки ВРХ крохмалю при температурі зброджування 40°C загальний час логарифмічної фази і фази уповільнення росту становить приблизно 7 діб (з 4 по 11 добу, крива 2, рис. 5), за час яких виділяється 65469 см³ біогазу (або в середньому 9353 см³/добу). Стаціонарна фаза і фаза відмирання дуже короткі, складають всього декілька днів, бродіння швидко припиняється. При зброджуванні гноївки ВРХ при температурі 40°C без додавання крохмалю загальний час логарифмічної фази і фази уповільнення росту становить приблизно 9 діб (з 1 по 9 добу, крива

9, рис. 5), за час яких виділяється 35168 см^3 біогазу (або в середньому $2512 \text{ см}^3/\text{добу}$). Непродуктивні фази стаціонарна і відмирання дуже довгі і складають 23 днів і більше.

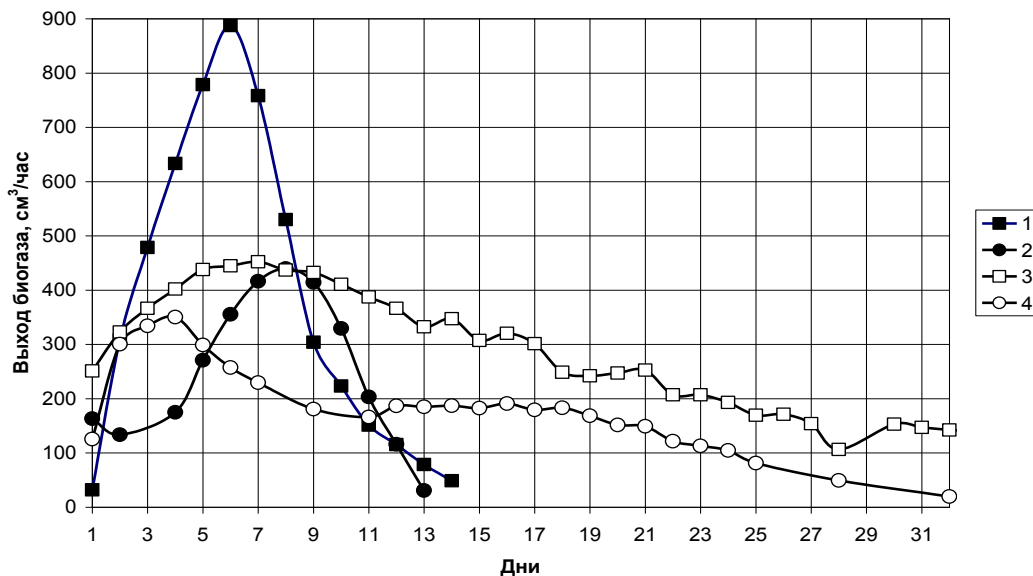


Рис. 5. Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ при використанні косубстратів і без них: 1 – з додаванням 0,1 л неочищеного гліцерину при температурі бродіння 50°C ; 2 – з додаванням крохмалю при температурі бродіння 40°C ; 3 – без косубстратів при температурі бродіння 50°C ; 4 – без косубстратів при температурі бродіння 40°C .

Використання як косубстрату неочищеного гліцерину, який є відходом виробництва біодизеля і викликає великі проблеми з його утилізацією, ще більшою мірою інтенсифікує метанове зброджування гноївки ВРХ. При температурі зброджування 50°C загальний час логарифмічної фази і фази уповільнення росту становить близько 9-11 днів (крива 1, рис. 4), за час яких виділяється $114453\text{-}123560 \text{ см}^3$ біогазу (або в середньому $11266\text{-}12717 \text{ см}^3/\text{добу}$). Фази стаціонарна, сповільнення росту і відмирання також дуже короткі, становлять декілька днів, а бродіння швидко припиняється.

Теплота згоряння. Теплота згоряння отриманого біогазу розраховуються за формулою Менделєєва [15] після вимірювання його елементного складу газоаналізатором GEM-500 (заводський номер E1328/04), і за методом, описаним в [16].

При вимірюванні елементного складу біогазу газоаналізатором вихід метану при зброджуванні гноївки ВРХ з температурою бродіння 50°C становить 50,4%, гноївки з додаванням гліцерину – 56% (після попереднього стравлювання газової шапки сірководню). При цьому нижча теплота згоряння біогазу, отриманого при

зброджуванні гноївки ВРХ, становить 17,1 МДж/кг (22,8 МДж/м³), гноївки ВРХ з додаванням неочищеного гліцерину – 19 МДж/кг (24 МДж/м³).

При анаеробному зброджуванні курячого посліду і суміші курячого посліду з гноївкою ВРХ в перші 5-10 днів бродіння спостерігається підвищений вихід вуглекислого газу і сірководню та низький вихід метану, внаслідок чого біогаз не горить. В наступні 3-4 дні доля вуглекислого газу поступово зменшується, а метану – підвищується. Горіння біогазу стає більш стабільним, хоча наявність сірководню ще досить висока, про що свідчить різкий запах тухлих яєць. При цьому нижча теплота згорання, визначена за методом [16], поступово підвищується до 17-20 МДж/кг.

Висновки

1. Збільшення температурного режиму метанового зброджування веде до збільшення виходу біогазу, однак при цьому також і збільшуються витрати на підігрівання субстрату.

2. При використанні перемішування субстрату під час метанового зброджування вихід біогазу збільшується не менше ніж у 1,3 рази.

3. При годуванні ВРХ кормами, що містять велику кількість целюлози і геміцелюлози, вихід біогазу зменшується в 1,7 рази.

4. Використання в якості субстрату або добавки до субстрату курячого посліду викликає істотне збільшення виходу біогазу, який, проте ж, погано горить внаслідок низького вмісту метану і високого вмісту вуглекислого газу і сірководню.

5. Використання косубстратів збільшує вихід біогазу. Одним з найкращих косубстратів є гліцерин, що одержується як побічний продукт виробництва біодизеля.

6. Вміст метану в біогазі, виробленому із гноївки ВРХ, становить 50%, із гноївки ВРХ з додаванням гліцерину – 56%. Теплота згорання такого біогазу становить 17 і 19 МДж/кг (22,8 і 24 МДж/м³) відповідально.

Список літератури

1. *Поліщук Віктор*. Конструктивні особливості метантенків / *Віктор Поліщук, Світлана Тарасенко, Ольга Сергєєва* // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2011. – Том. 13 В. – С. 56-61.
2. Використання біомаси на енергетичні потреби в сільському господарстві. Біогазові технології. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2008. – 72 с.
3. Баадер В. Біогаз: теорія і практика / *В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер*. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
4. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: Науково-методичні рекомендації щодо впровадження

передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив: [Наук.-метод. рекомендації] / [В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук, Ю.Ф. Мельник, В.Г. Мироненко та ін.]. – К.: Національний університет біоресурсів і природокористування України; Інститут будівництва, механізації та електрифікації сільського господарства, Польща, Інститут аграрної інженерії, Литва, 2009. – 122 с.

5. *Веденеев А.Г.* Биогазовые технологии в Кыргызской республике: справочное руководство / *А.Г. Веденеев, Т.А. Веденева.* – Бишкек: Евро, 2006. – 90 с.

6. *Малофеев В.М.* Биотехнология и охрана окружающей среды: Учебное пособие. – М.: Издательство Арктос, 1998. – 188 с.

7. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / *За ред. В.І. Кравчука, В.О. Дубровіна* – Дослідницьке.: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 184 с.

8. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / *М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець.* – К: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 244 с.

9. *Веденеев А.Г.* Строительство биогазовых установок: краткое руководство / *А.Г. Веденеев, А.Н. Маслов.* – Бишкек: Евро, 2006. – 28 с.

10. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: Монографія / *Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк, К.В. Дмитрук, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, А.А. Сабірний, С.П. Циганков* – К: "Аграр Медіа Груп", 2010. – 408 с.

11. Биогазовые установки. Практическое пособие / *Барбара Эдер, Хайнц Шульц.* – М.: Колос, 2008. – 240 с.

12. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии. – Гюльцов. Германия: Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR), 2010. – 116 с.

13. ГОСТ Р 53790-2010: Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам. – [Действителен от 2010-05-31]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 10 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).

14. *Ратушняк Г.С.* Тепловтрати в біогазових установках при різних температурних режимах анаеробного бродіння / *Г.С. Ракушняк, К.В. Анохіна* // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2008. – № 5. – С. 20-24.

15. Енергобіотехнологія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Енергобіотехнологія" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів 3-4 рівнів акредитації зі спеціальності 6.092900 "Екобіотехнологія" / *М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук та ін.* – К.: Видавничий центр НАУ, 2008. – 28 с.

16. *Поліщук В.М.* Експрес-метод визначення теплотворної здатності біогазу / *В.М. Поліщук, В.Є. Василенков, М.М. Лободко, В.С. Волошин* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування: Зб. наук. праць. – Київ, 2012. – № 174. Ч. 2 – С. 258-263.

Проведен анализ условий, влияющих на интенсификацию процесса метанового сбраживания. Определена степень влияния

на ефективність виробництва біогазу і його теплову цінність температурного режиму метантенка, сирової бази, перемішування, наявності коферментаторів

Биогаз, субстрат, биошлам, метантенк, газгольдер, температурный режим, коферментатор.

The analysis of conditions affecting intensification of process of methaneterm fermentation. The degree of influence on efficiency of production of biogas and its heat value of temperature digesters, raw materials, mixing, there kofermentatorov

Biogas substrate bioshlam, digesters, gasholder, temperature rebench, kofermentator.

УДК 629.114

ПРО ДОМІНУЮЧІ ЧИННИКИ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

С.П. Пожидаєв, кандидат технічних наук

Встановлено, що домінуючий вплив на динамічні властивості автомобілів мають лише два їх конструктивних параметра - маса і номінальна потужність двигуна. Отримано гранично прості математичні моделі для наближеної оцінки часу розгону автомобілів до заданої швидкості руху.

Час розгону, задана швидкість руху, номінальна потужність двигуна, маса автомобіля

Постановка проблеми. Динамічні властивості автомобіля відіграють вирішальну роль при його розгонах після рушання з місця, при обгонах тощо. Основною характеристикою динамічних властивостей є час розгону автомобіля до деякої заданої швидкості руху, який визначається експериментальним шляхом. Точне і оперативне визначення даного показника теоретичним шляхом неможливе через ряд об'єктивних обставин. Наприклад, в основі згаданого визначення повинні лежати зовнішні швидкісні характеристики двигуна, отримані у неусталеному режимі його роботи, але на сьогоднішній день для переважної більшості двигунів таких характеристик не існує. Окрім того, для розрахунків потрібен і ряд інших показників, значення яких можна отримати лише експериментальним шляхом.

© С.П. Пожидаєв, 2013