



УДК 662.63

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК У ТВАРИННИЦТВІ ТА ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЯ

Куценко Ю.М., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація - проведено енергетичний розрахунок біогазової установки, визначено параметри контролю та розроблена система автоматизованого керування.

Ключові слова – біогаз, біосировина, тваринництво, автоматизація, агропромисловий комплекс.

Постановка проблеми. Важливим напрямком енергетичної незалежності сільськогосподарських підприємств є широке використання відновлювальних джерел енергії. Диверсифікація постачання природного газу, загальне зменшення та заміщення його споживання шляхом впровадження комплексу заходів з енергоефективності та енергозбереження є важливими напрямками забезпечення енергонезалежності України.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що біогазові установки (БГУ) з невеликим об'ємом реакторів (до 25 м³) мають негативний енергетичний баланс. Установки з об'ємом біореактора більш ніж 100 м³ з витримкою технології зброджування дають енергетичний ефект.

Відходи від роботи тваринницьких комплексів, які зберігаються на відкритому повітрі, містять значну кількість неперетравленої органіки. В анаеробних умовах така органіка розпадається з виділенням біогазу високої калорійності 20...23 МДж/м³. За даними центру «Держзовнішінформ», приблизний щорічний потенціал виробництва біогазу з відходів тваринництва становить понад 750 тис. тонн умовного палива. В Україні за останні два роки виробництво електроенергії з відновлювальних джерел енергії збільшилось практично в 4 рази.

Робота виконується з метою підвищення ефективності роботи біогазових установок, які підвищують енергоефективність с.г. підприємств АПК і покращують екологічний стан навколишнього середовища регіону в цілому. У роботі представлені матеріали з метою обґрунтування енергоощадних технологій з переробки біосировини.

Формулювання цілей статті. Обґрунтування енергетичної ефективності виробництва біогазу, що базується на сировині тваринного походження з метою визначення потужності установок та їх автоматизації.

Основна частина. Згідно аналізу господарської діяльності, яка приведена у першому розділі, БГУ для ферм та комплексів з вирощування ВРХ розділені на три типи, відповідно за кількістю голів худоби.

Як відомо, ферментація гною відбувається в анаеробних (безкисневих) умовах при температурі 33°C . Загальна тривалість ферментації, що забезпечує знезараження гною, не менше 15 діб. Вихід біогазу складає $0,24\text{ м}^3/\text{кг}$. Для анаеробної ферментації можна використовувати як звичайний, так і рідкий гній, який після попередньої очистки подають до біореактора [2].

Вихід газу складає приблизно від $0,2$ до $0,4\text{ м}^3$ на 1 кг сухого матеріалу біомаси при нормальних умовах, а також при витраті 5 кг сухої біомаси на 1 м^3 води. На рисунку 1 приведені основні типи БГУ, які економічно доцільно впровадити в експлуатацію [3].

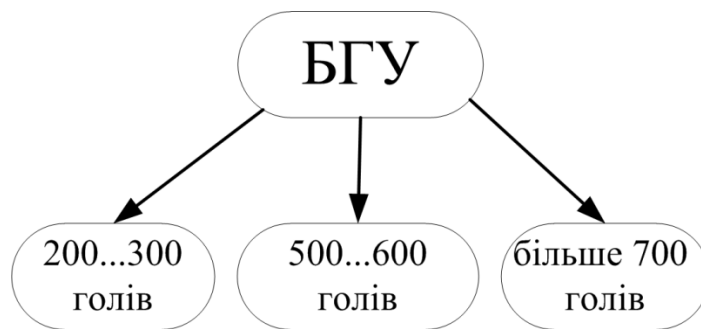


Рис. 1. Типи БГУ для господарств з вирощування ВРХ.

З метою обґрунтування параметрів БГУ, були проведені технічні розрахунки установок відповідно до групи за кількістю голів тварин.

Вихід гною в перерахунку на суху речовину за добу визначають за формулою

$$m_{\text{гн}} = n \cdot m_0, \quad (1)$$

де m_0 – вихід сухого гною на 1 тварину за добу [4];

n – кількість худоби, гол.

Тоді вихід гною для трьох груп ВРХ (див. рис. 1) складе

$$m_{\text{гнВРХ I}} = 250 \cdot 2 = 500 \text{ кг}; \quad m_{\text{гнВРХ II}} = 550 \cdot 2 = 1100 \text{ кг};$$

$$m_{\text{гнВРХ III}} = 700 \cdot 2 = 1400 \text{ кг}.$$

Об'єм рідкої гнійної маси

$$V_{\text{гн}} = \frac{m_{\text{гн}}}{\rho_{\text{гн}}}, \quad (2)$$



де $\rho_{\text{гн}}$ – щільність сухого гною, розподіленого в гнійній масі, кг/м^3 ,
 $\rho_{\text{гн}} = 50 \text{ кг/м}^3$.

$$V_{\text{гнВРХ I}} = \frac{500}{50} = 10 \text{ м}^3; V_{\text{гнВРХ II}} = \frac{1100}{50} = 22 \text{ м}^3; V_{\text{гнВРХ III}} = \frac{1400}{50} = 28 \text{ м}^3.$$

Розрахунковий об'єм біогазогенератора при безперервній технології виробництва біогазу дорівнює

$$V_z^I = t_z \cdot V_z, \quad (3)$$

де t_z – час перебування чергової порції гнійної маси в біореакторі складає від 12 до 30 діб [4].

$$V_{\text{зВРХ I}}^I = 15 \cdot 10 = 150 \text{ м}^3; V_{\text{зВРХ II}}^I = 15 \cdot 22 = 330 \text{ м}^3;$$
$$V_{\text{зВРХ III}}^I = 15 \cdot 28 = 420 \text{ м}^3.$$

Згідно реальних умов господарства прийнято безперервну технологію виробництва біогазу. Добову продуктивність БГУ визначають за рівнянням

$$V_{\text{БГУ}} = C_1 \cdot m_{\text{гн}} \quad (4)$$

де C_1 – вихід біогазу з 1 кг сухої маси. Для ВРХ $C_1 = 0,2 \text{ м}^3/\text{кг}$ [4];
 $m_{\text{гн}}$ – кількість сухого гною в реакторі, кг.

$$V_{\text{БГУВРХ I}} = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ м}^3; V_{\text{БГУВРХ II}} = 0,2 \cdot 1100 = 220 \text{ м}^3;$$
$$V_{\text{БГУВРХ III}} = 0,2 \cdot 1400 = 280 \text{ м}^3.$$

Розрахункова теплота згоряння біогазу визначається за рівнянням

$$E = H_M \cdot f_M \cdot V_{\text{БГУ}}, \quad (5)$$

де H_M – питома теплота згоряння метану, 28 МДж/м^3 [4];
 f_M – частка метану в біогазі, для ВРХ $f_M = 0,6$ [4].

$$E_{\text{ВРХ I}} = 28 \cdot 0,6 \cdot 100 = 1680 \text{ МДж}; E_{\text{ВРХ II}} = 28 \cdot 0,6 \cdot 220 = 3696 \text{ МДж};$$
$$E_{\text{ВРХ III}} = 28 \cdot 0,6 \cdot 280 = 4704 \text{ МДж}.$$



Необхідна кількість теплоти для підігрівання біомаси в холодну пору року (15°C) до оптимальної температури (33°C) визначається за рівнянням

$$Q = \frac{m_{\text{гн}} \cdot C_2 \cdot (t_0 - t_1)}{\eta}, \quad (6)$$

де $m_{\text{гн}}$ – вага гнійної маси в реакторі, кг;
 η – ККД БГУ, $\eta = 0,82$ [4].

$$m_{\text{гн}} = V_{\text{гн}} \cdot \rho_{\text{гн}},$$

де $V_{\text{гн}}$ – об'єм гнійної маси, м^3 ;
 $\rho_{\text{гн}}$ – густина гнійної маси (приймають $\rho_{\text{гн}} = 1000 \text{ кг/м}^3$) [4].

$$Q_{\text{ВРХ I}} = \frac{10 \cdot 10^4 \cdot 4,19 \cdot (35 - 15) \cdot 10^{-3}}{0,82} = 91,97 \text{ МДж};$$

$$Q_{\text{ВРХ II}} = \frac{22 \cdot 10^4 \cdot 4,19 \cdot (35 - 20) \cdot 10^{-3}}{0,82} = 122,15 \text{ МДж};$$

$$Q_{\text{ВРХ III}} = \frac{28 \cdot 10^4 \cdot 4,19 \cdot (35 - 20) \cdot 10^{-3}}{0,82} = 257,5 \text{ МДж}.$$

Споживана електрична енергія для розігрівання реактора протягом 4 годин становить у першому варіанті 25,5 кВт·год., у другому 33,9 кВт·год. та третьому 71,5 кВт·год.

Розрахункова потужність електричних нагрівачів на протязі чотирьох годин роботи становить

$$P = \frac{Q}{t}, \quad (7)$$

$$P_I = \frac{25,5}{4} = 5,6 \text{ кВт}; \quad P_{II} = \frac{33,9}{4} = 8,5 \text{ кВт}; \quad P_{III} = \frac{71,5}{4} = 17,9 \text{ кВт};$$

Відповідно до розрахунків прийнято модуль з двома БГУ. Модуль складається з реактору об'ємом 300 м^3 з механізованим перемішуванням, автоматичною підтримкою заданої температури та електростанції на біогазі [4].

Як свідчить проведений аналіз технологічного процесу, система автоматики, якою оснащена лінія з отримання біогазу – має ряд недоліків [1,5]. З метою усунення недоліків було запропоновано удосконалення системи авто-

матизації БГУ. На рис. 2 представлено структурну схему автоматизованого контролю температури у реакторі.

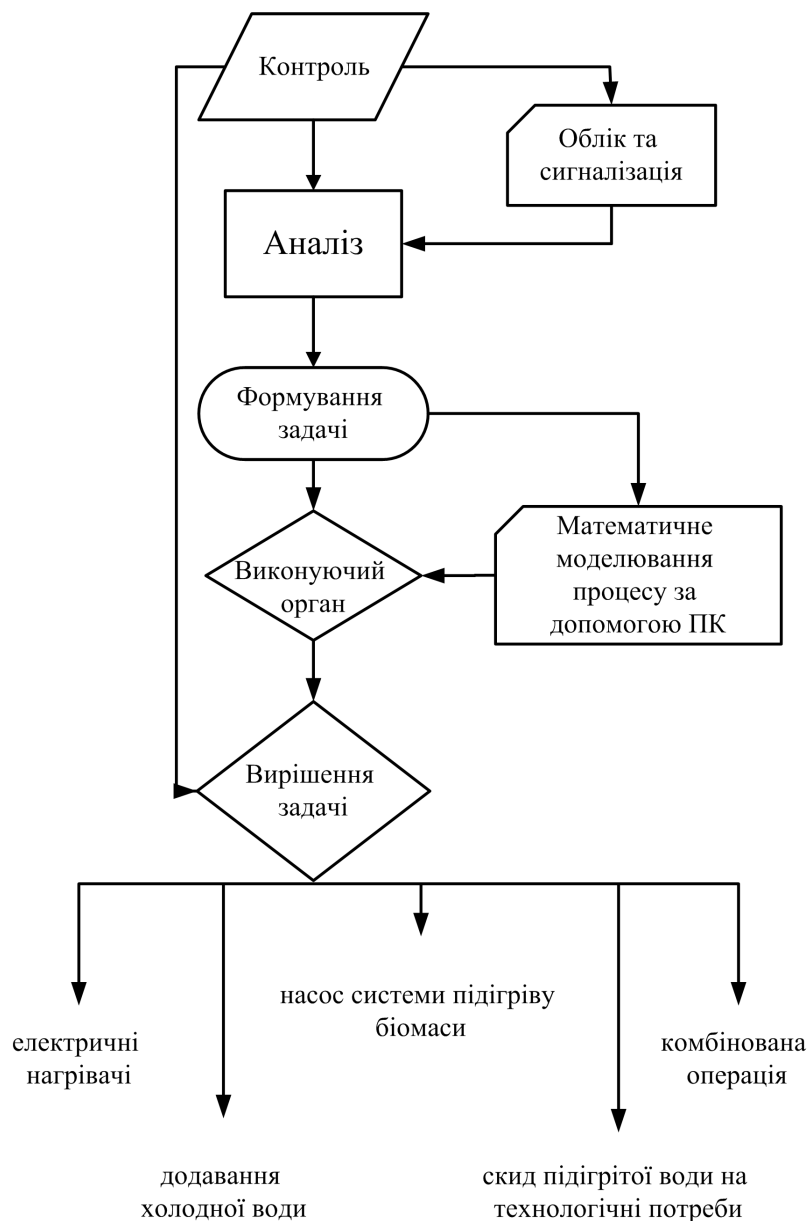


Рис. 2. Структурна схема системи при виробництві біогазу.

У роботі проаналізовано основні параметри контролю процесу виробництва біогазу. Робота системи може бути у декількох режимах: «нагрів», «контроль», «якість». З метою підвищення ефективності роботи установки розроблена схема функціональна автоматизації (рис. 3).

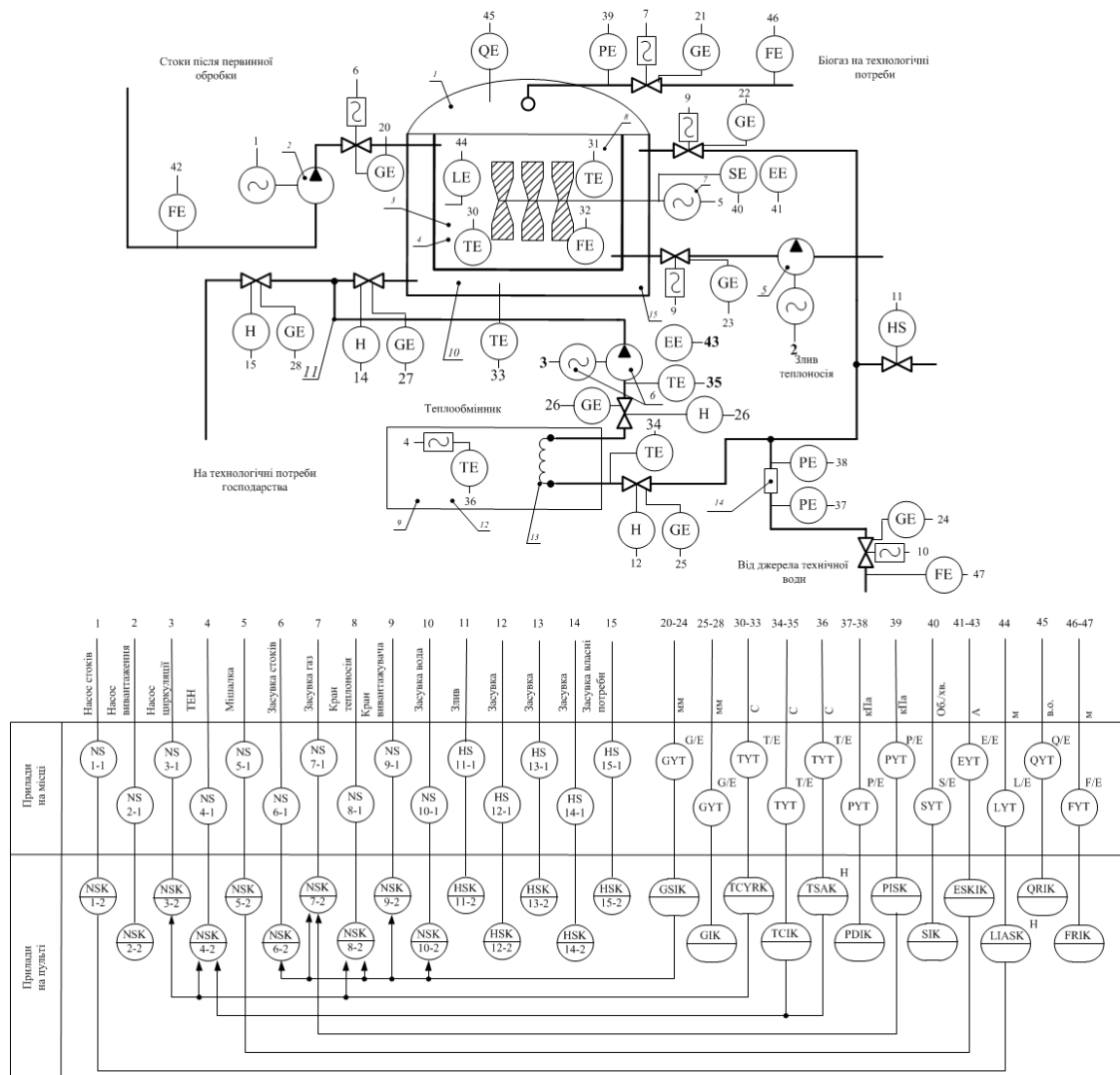


Рис. 3. Схема функціональна автоматизації біогазової установки.

На схемі наведено всі приводні електродвигуни лінії: NS1 – приводний двигун завантажувального шнеку; NS2 – приводний двигун насоса вивантажувального шнека; NS3 – привідний двигун насоса циркуляції теплоносія; NS4 – нагрівач типу ТЕН; NS5 – двигун приводу мішалки; NS6 – електродвигун засувки крану, NS7 – двигун приводу засувки біогазу, NS8 – двигун приводу засувки циркуляції теплоносія, NS9 – двигун приводу засувки вивантажувального шнеку, NS10 – двигун приводу засувки подачі води, NS11 – двигун приводу зливу води, NS12 – двигун приводу засувки, NS13 – двигун приводу засувки, NS14 – двигун приводу засувки, NS15 – двигун приводу засувки власних потреб.

В технологічній схемі анаеробного зброджування використані наступні прилади: LE44 – вимірювальний перетворювач верхнього рівня біомаси у біореакторі, TE30...36 – вимірювальний перетворювач температури біомаси та



теплоносія, PE37...39 – вимірювальний перетворювач тиску теплоносія, SE40 – вимірювальний перетворювач частоти обертання ротора.

Висновки. Метанове зброджування гною є складовою багатоступеневого процесу отримання біогазу. Ефективність отримання максимального обсягу біогазу залежать від температури, стабільності протікання процесу та інших факторів.

Визначено, що біогазові установки з об'ємом реакторів до 25 м³ мають негативний енергетичний баланс. Установки з об'ємом біореактора більш ніж 100 м³ з витримкою технології зброджування дають енергетичний ефект. Відповідно до розрахунків, для ферм ВРХ на 500...600 голів прийнята установка з біореактором об'ємом 300 м³.

Використання автоматизованого контролю параметрів процесу отримання біогазу (температура, тиск, час та ін.) забезпечують максимальний виробіток біогазу.

Література.

1. *Куценко Ю. М.* Аналіз основних чинників анаеробного метанового збродження для отримання біогазу / *Ю. М. Куценко, В. М. Коломицев* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, т.3. – С. 49–56.
2. *Кюрчев В. М.* Альтернативне паливо для енергетики АПК : посібн. / *В. М. Кюрчев, В. А. Дідур, Л. І. Грачова* ; за ред. В. А. Дідура. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 416 с.
3. *Новітні технології біоенергоконверсії* : Монографія / *Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуха, [та інш.]* . – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
4. *Щербина О. М.* Енергія для всіх: технічний довідник / *О. М. Щербина* – Ужгород : Видавництво Валерія Подяка. 2007. – 340 с.
5. *Патент на корисну модель 58740 Україна, МПК СО2F 3/28 (2011.01).* Біогазова установка для переробки органічних відходів/ *В. М. Коломицев, Ю. М. Куценко, О. А. Потішний*. – Заявл. 20.09.2010; Опубл. 26.04.2011. – Бюл. №8, 2011 р.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И ИХ АВТОМАТИЗАЦИЯ

Куценко Ю.Н.

Аннотация

Проведен энергетический расчет биогазовой установки, определены параметры контроля и разработана система автоматического управления.



JUSTIFICATION SETTINGS BIOGAS PLANTS IN ANIMAL AND AUTOMATION

Yu. Kushenko

Summary

Calculation of the energy biogas plant, the parameters of control and developed a system of automatic control.