УДК 536.24:631.371

С. Й. Ткаченко
Н. В. Резидент
К. О. Іщенко

ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄКТА-ГІПОТЕЗИ ЗА УМОВ СИНТЕЗУ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Для більшості об'єктів великої енергетики розроблені та успішно функціонують методи їх синтезу і аналізу. Ці методи адаптовані також для промислової теплоенергетики, але деякі питання залишаються нерозкриті. У роботі до відомих оптимізаційних критеріїв додаються критерії економії води та вирівнювання піків електричного навантаження, що є досить актуальним. Для проведення синтезу біогазової установки (БГУ) сформовано об'єкт-гіпотезу та запропоновані рівняння для її дослідження. Таке представлення процесу створення біогазової установки дає можливість її дослідження, враховуючи запропоновані критерії якості.

Ключові слова: об'єкт-гіпотеза, електричний водогрійний котел, газовий водогрійний котел, біогазова установка, субстрат.

Abstract

For most large energy objects developed and successfully used methods of synthesis and analysis. These methods are well adapted for industrial power system, but some issues remain unsolved. The work to the already known criteria of optimization are added to water saving and smoothing peaks in electricity load, which is important. For the synthesis of a biogas plant formed object-hypothesis and proposed equation is carried out for its study. This presentation creation process biogas plant enables its study considering the proposed quality criteria.

Keywords: object-hypothesis, electric hot water boiler, gas hot water boiler biogas plant, substrate.

Вступ

Питання методів синтезу будь-якого теплоенергетичного обладнання, а зокрема і біогазових установок, завжди залишаються актуальними. Створення енергоефективної екологічно безпечної системи потребує проведення великої кількості числових і натурних досліджень та включає ряд послідовних етапів, які описані в спеціалізованій літературі [1] здебільшого для великої енергетики.

Методи синтезу теплотехнологічної системи в основному адаптовані для промислової теплоенергетики [2, 3]. Зокрема в практиці проектування часто використовується ітеративний метод синтезу рішень. На першому етапі синтезу генерується об'єкт-гіпотеза, якість якої попередньо недостатньо відома, а на другому етапі дана гіпотеза перевіряється і оцінюється [3, 4]. БГУ – складна теплотехнологічна система, в елементах якої відбуваються наступні робочі процеси: механічні, гідродинамічні, масообміні, теплообмінні, біохімічні, біотехнологічні тощо. Тому процеси аналізу та синтезу пропонується виконувати використовуючи відомі балансові залежності для оцінки зовнішніх та внутрішніх матеріальних і теплових потоків, а в якості функції мети використати відносну частку біогазу на власні потреби.

Результати дослідження

В даній роботі ці методи отримують подальший розвиток з врахуванням особливостей біотехнологічних систем. До критеріїв якості, які проаналізовано у роботі [2], додаються критерії економії води та вирівнювання піків електричного навантаження.

Запропонована авторами математична модель [4] використовується тоді, коли сформована об'єкт-гіпотеза. В даному випадку як об'єкт-гіпотеза подана система БГУ з утилізацією теплоти відпрацьованої суміші, поверненням частки рідкої фази відпрацьованого субстрату в технологічний процес та використанням в нічний час електричних котлів з двозонним обліком електричної енергії (рис. 1), що призводить в деякій мірі до вирівнювання графіка навантаження електричної мережі.

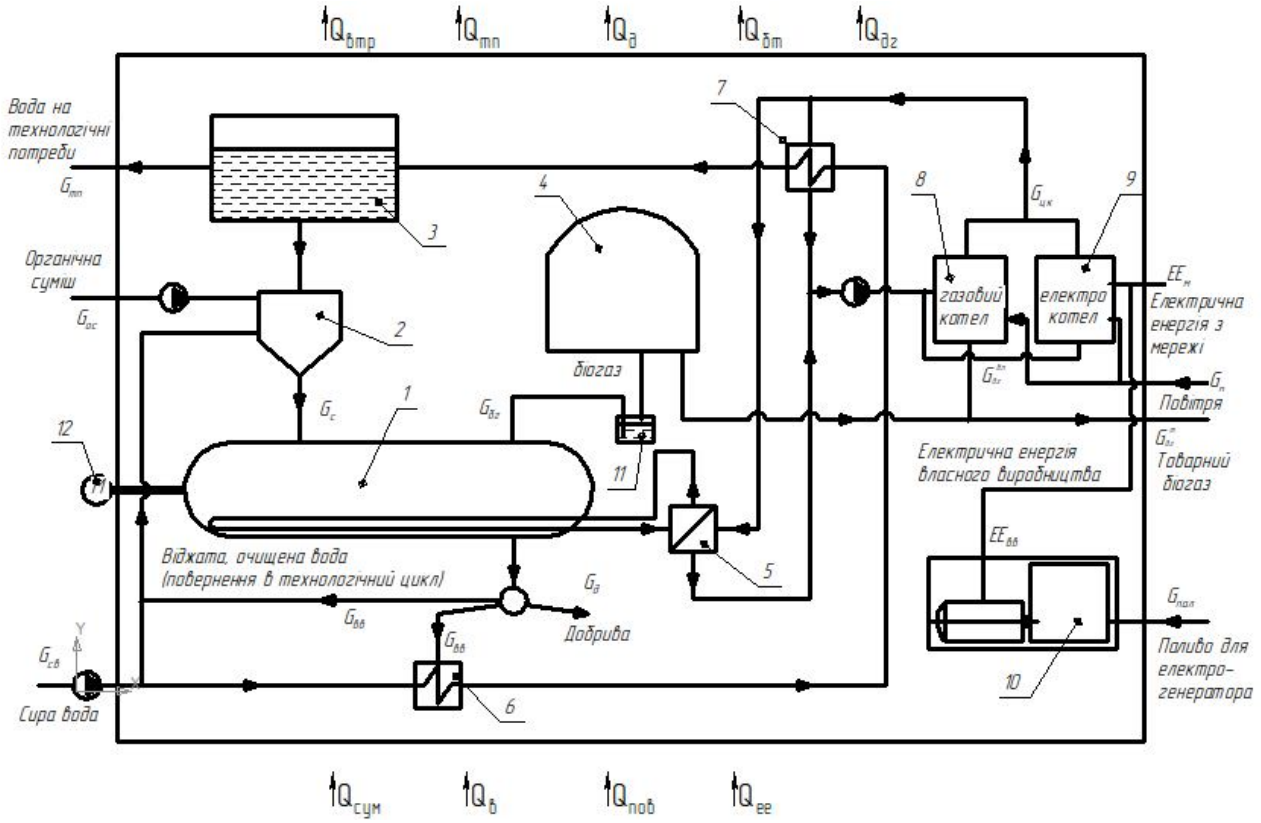

Рисунок 1 – Схема БГУ з електричним котлом

1 – біогазовий реактор; 2 – змішувач органічної суміші; 3 – бак-акумулятор; 4 – газгольдер; 5 – теплообмінник термостабілізації реактора; 6 – теплообмінник-утилізатор; 7 – теплообмінник контуру водогрійного котла; 8 – водогрійний газовий котел; 9 – водогрійний електричний котел; 10 – електрогенератор; 11 – запобіжний водяний затвір; 12 – електропривод мішалки.

Теплонадходження в систему: $Q_{сум}$ – енергія органічних відходів; $Q_{пов}$ – енергія принесена з повітрям; $Q_в$ – енергія внесена з водою; $Q_{ее}$ – енергія електричного струму. Тепловтрати в системі: $Q_{втр}$ – тепловтрати з поверхні обладнання; $Q_{дг}$ – втрати з димовими газами; $Q_д$ – втрати з добривами після утилізації; $Q_{бт}$ – втрати з товарним біогазом; $Q_{тп}$ – втрати з водою на технологічні потреби.

За даною схемою перероблений субстрат надходить на сепаратор, де механічно розділяються залишки зброджування на тверді і рідкі фракції. Тверда фракція складає 3…3,5% субстрату.

В даній роботі виведені балансові рівняння, в яких враховані вологість органічних відходів [5] $W_{орг}$, вологість підготовленого субстрату $W_{суб}$, який завантажується в біореактор та вологість рідкої фази $W_{р.ф.}$ після сепарації відпрацюваного в біореакторі субстрату. Система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases} G_{суб}\cdot\dfrac{W_{суб}}{100}=G_{гн}\cdot\dfrac{W_{орг}}{100}+G_{р.ф.}\cdot\dfrac{W_{р.ф.}}{100}+G_в; \\ G_{суб}=G_{орг}+G_{р.ф.}+G_в; \\ G_{р.ф.}=\psi\cdot G_в, \end{cases} \tag{1}$$

де $G_{суб}=G_{орг}+(1+\psi)\cdot G_в$.

Із системи рівнянь (1) визначаємо $G_{орг}$, $G_в$, $G_{р.ф.}$

$$G_{орг}=\frac{G_{суб}\cdot\bar{W}_{суб}-\dfrac{\psi}{\psi+1}\cdot G_{суб}-\bar{W}_{р.ф.}-\dfrac{1}{1+\psi}\cdot G_{суб}}{\bar{W}_{орг}-\dfrac{\psi}{\psi-1}\cdot\bar{W}_{р.ф.}-\dfrac{1}{\psi-1}}\cdot G_{суб}; \tag{2}$$

$$G_{в} = \frac{\left(\psi \cdot \bar{W}_{р.ф.} + 1\right) - \left(\psi + 1\right) \cdot \bar{W}_{орг}}{\bar{W}_{суб} - \bar{W}_{орг}} \cdot G_{суб}; \quad (3)$$

$$G_{р.ф.} = \psi \cdot \frac{\left(\psi \cdot \bar{W}_{р.ф.} + 1\right) - \left(\psi + 1\right) \cdot \bar{W}_{орг}}{\bar{W}_{суб} - \bar{W}_{орг}} \cdot G_{суб}; \quad (4)$$

$$\bar{W}_{суб} = W_{суб}/100;\ \bar{W}_{орг} = W_{орг}/100;\ \bar{W}_{р.ф.} = W_{р.ф.}/100,$$

де $G_{суб}$ – добове завантаження субстрату в реактор, кг; $G_{орг}$ – добова витрата органічних відходів, кг, які надходять в реактор БГУ в складі субстрату; $G_{р.ф.}$ – добовий вихід рідкої фракції з сепаратора після розділення фаз відпрацюваного в біореакторі субстрату, кг.

З використанням залежностей (2) – (4) і загальновідомих балансових рівнянь теплоти встановлено, що за умови використання рідкої фази для отримання субстрату вологістю 92 % в біогазовій установці об'ємом 1000 м^3 можна зекономити сиру воду та до 6…10% теплової енергії біогазу, який вироблений за добу, при підігріві води від 5 °С до 33 °С.

Висновки

1. Отримали подальшого розвитку методи математичного моделювання теплотехнологічних схем БГУ.
2. За умов реалізації технології по використанню рідкої фази для отримання субстрату вологістю 92% в біогазовій установці об'ємом 1000 м^3 можна зекономити сиру воду та до 6…10% теплової енергії біогазу, який вироблений за добу, при підігріві води від 5 °С до 33 °С.
3. Запровадження системи з біогазовим та електричним котлом призведе до вирівнювання графіка електричної мережі та економії біогазу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попырин Л. С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок / Л. С. Попырин. – М.: Энергия, 1978. – 416 с.
2. Ткаченко С. Й. Математичне моделювання робочих процесів в біогазовій установці / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 3. — С. 41—47.
3. Ткаченко С. И. Обобщенные методы расчета теплогидродинамических процессов и применение их для оптимизации выпарных установок: дис. доктора техн. наук / С. И. Ткаченко. — Винница. — 1987. — 440 с.
4. Ткаченко С. Й. Удосконалення експериментально-розрахункового методу / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна, Н. В. Резидент // Збірник технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. — 2010. — № 2. — С. 171—183.
5. Устройство биогазовой установки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://biogas-energy.ru/apparat-biogas/

Ткаченко Станіслав Йосипович – д. т. н., професор, завідувач кафедри теплоенергетики.

Резидент Наталія Володимирівна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: rezidentnv@mail.ru.

Іщенко Ксенія Олександрівна – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: doc13energee@gmail.com.

Науковий керівник ***Ткаченко Станіслав Йосипович*** – д. т. н., професор, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: stahit@mail.ru.

Stanislav Tkachenko – Dc. Sc., Professor, Head of the power system, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsya, E-mail: stahit@mail.ru.

Rezydent Nataliia – assistant professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, E-mail: rezidentnv@mil.ru.

Ishchenko Ksenia – graduate student of heating, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsya, E-mail: doc13energee@gmail.com.