

*a mathematical model pasteurizer accepted that heat loss from the surface of the object to the environment and make minor 5% compared to the heat flow coming from the coolant to the product. Static characteristics sections pasteurizer received back system of balance equations for heat flow chambers separate sections. As a result of experimental and theoretical studies obtained dynamic characteristics of pasteurization used by the channel "discharge of hot water - temperature pasteurized milk." This model will develop control algorithms temperature conditions to increase productivity pasteurizer.*

**Keywords: mathematical model, plate pasteurizer, transfer function, temperature control**

УДК 621.313

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ НА БАЗІ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

**М. М. ЗАБЛОДСЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор  
*Національний університет біоресурсів  
і природокористування України*

**П. Б. КЛЕНДІЙ**, кандидат технічних наук, доцент  
*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»*

**Г. Я. КЛЕНДІЙ**, старший викладач  
*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»*

**О. П. ДУДАР**, інженер  
*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж»*

*E-mail: pklen\_@i.ua<sup>8</sup>*

**Анотація.** *В статті розглянуто питання впливу температурних режимів біогазових установок на вихід біогазу та часу зброджування. Для створення оптимального температурного режиму пропонується використання поліфункціонального електромеханічного перетворювача, який буде виконувати роль джерела теплової енергії та насоса, що дозволить не спалювати вироблений біогаз і замінити електродвигун і насос одним пристроєм.*

**Ключові слова:** *біогазова установка, температурні режими, поліфункціональний електромеханічний перетворювач*

**Актуальність.** *Біогазові установки забезпечують переробку органічних відходів (стоків тваринницьких виробництв і рослинництва) і осадів стічних вод в біогаз (горючий газ). Поряд з біогазом біогазові установки виробляють*

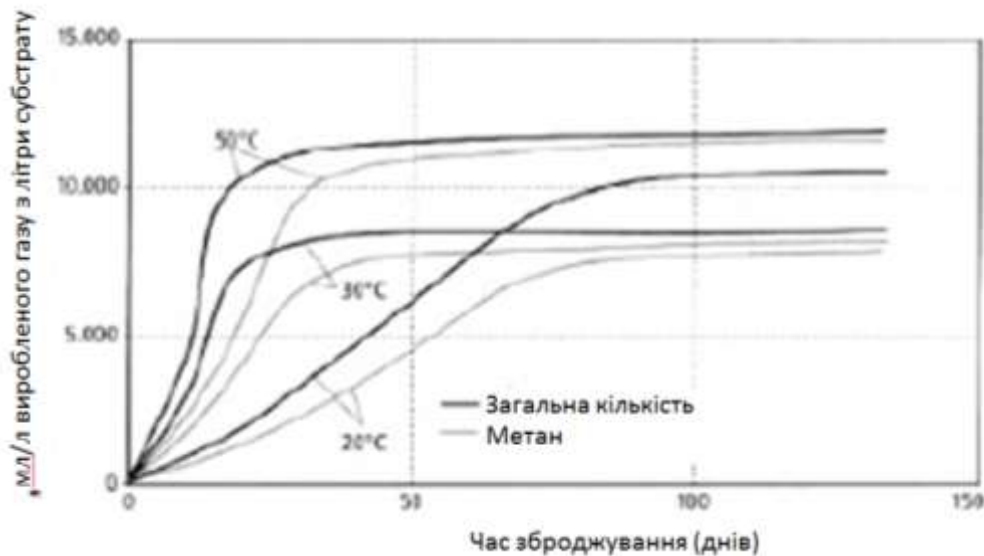
---

<sup>8</sup> © М. М. Заблодський, П. Б. Клендій,  
Г. Я. Клендій, О. П. Дудар, 2017

високоєфективне дороге рідке органічне добриво [1]. Метанові бактерії проявляють свою життєдіяльність за температури 0-70 °С.

Швидкість процесу бродіння у значній мірі залежить від температури. Принципово важливою є закономірність: чим вище температура, тим швидше відбувається розкладання і тим більший обсяг виробництва газу.

Для забезпечення найбільшого виходу біогазу та отримання якісних, позбавлених патогенної мікрофлори, гельмінтів, їх яєць і насіння бур'янів, органічних добрив в біогазовій установці повинен підтримуватися оптимальний температурний режим – найважливіший фактор процесу зброджування (рис.1).



**Рис. 1. Залежність виходу біогазу та часу зброджування від температури**

З урахуванням оптимізації процесу переробки органічних відходів для отримання біогазу виділяють три температурні режими:

- 1) психрофільний – до 20-25 °С;
- 2) мезофільний – 25-40 °С;
- 3) термофільний – понад 40 °С.

Мезофільний і термофільний процеси вимагають наявності зовнішнього джерела тепла і суворого контролю за температурою.

Вимоги до допустимих меж коливання температури для оптимального газоутворення тим жорсткіші, чим вище температура процесу зброджування: за психрофільного температурного режимі –  $\pm 2$  °С на годину; мезофільного –  $\pm 1$  °С на годину; термофільного –  $\pm 0,5$  °С на годину.

Оптимальна температура метаногенеза залежить від виду перероблюваної установкою сировини – органічних відходів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Енергія, потрібна для процесу бродіння, витрачається на підігрів субстрату від температури рідкого гною, що подається до реактора, до температури бродіння, а також на компенсацію втрат, викликаних радіацією і теплопровідністю.

Теплота, яка потрібна для підігріву маси, що завантажується в реактор, до температури процесу залежить від маси субстрату, його середньої питомої теплоємності, різниці між температурою процесу і температурою, що завантажується.

У всіх випадках застосування ефективної теплоізоляції може знизити на кілька відсотків потребу в енергії втрат тепла теплопередачею, решта теплоти компенсується за рахунок використання стороннього джерела енергії:

- частину утвореного біогазу можна безпосередньо спалюватися в газовому котлі для підігріву води, що пропускається через теплообмінник;
- використання електричного котла для обігріву реактора [2,3].

**Мета дослідження** – розробка енергоефективної системи теплозабезпечення біогазових установок.

**Матеріали і методи дослідження.** Теплозабезпечення біогазових установок можна здійснити на базі поліфункціонального електро-механічного перетворювача, коли один пристрій виконує роль джерела механічної і теплової енергії, тобто підігріває та прокачує воду через теплообмінник біогазової установки.

Ефект енергозбереження для таких систем формується шляхом використання дисипативної складової енергії, редукції частоти обертання і кратного посилення моменту за рахунок модульного формування механічної характеристики [4].

Ефективність структури ПЕМП, як теплообмінної системи з внутрішніми джерелами теплової енергії, у разі виконання всіх призначених для перетворювача функцій досягається за максимального перекриття на температурно-ентальпійній площині складових кривих «холодних» і «гарячих» потоків і їх економічно доцільному зближенні (пінч-принцип) [5].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Дольовий розподіл електромагнітної потужності за двома потоками корисної потужності здійснюється відповідно до величини поточного ковзання, яка виходячи зі співвідношення електромагнітних моментів двигунного (ДМ) і гальмівного (ТМ) модулів встановлюється на рівні, який забезпечує необхідну для даного технологічного режиму корисну механічну і теплову потужність:

$$W_2^B = W_{2\text{ТП}} + W_{2\text{мех.}} = \frac{m_1 \cdot R'_2(1)C_1^2}{\sqrt{(t_g - t_c)}} \cdot \left[ \int_{t_c}^{t_g} (I_{2Д}'' )^2 dt \right]^{0,75} \times$$

$$\times \left[ \sqrt{\frac{1}{H} \int_{t_c}^{t_g} (M_{\text{ЭМП}} - M_C) dt} + \frac{1 - \frac{1}{H} \int_{t_c}^{t_g} (M_{\text{ЭМП}} - M_C) dt}{\sqrt{\frac{1}{H} \int_{t_c}^{t_g} (M_{\text{ЭМП}} - M_C) dt}} \right], \quad (1)$$

де  $H$  – інерційна постійна ротора ПЕМП;

$(t_g - t_c)$  – період часу від моменту початку руху ротора до усталеного значення швидкості;

$I''_2$  – струм головного кола Г-подібної схеми заміщення ( в.о.);  
 $R'_2(1)$  – зведений активний опір масивного ротора у в.о. для ДМ за  $S = 1$  і  $I''_2 = I_{НОМ} = 1$ ;  
 $M_{ЭМР} = (M_{ЭМ(ДМ)} \pm M_{ЭМ(ТМ)})$  - результуючий електромагнітний момент.

Закон зміни ковзання в період  $(t_в - t_c)$ :

$$s_D = \frac{1}{H} \int_{t_c}^{t_в} (M_{ЭМР} - M_C) dt, \quad (2)$$

де  $H$  – інерційна постійна ротора ПЭМП;

$M_{ЭМР} = M_{ЭМ.Д} \pm M_{ЭМ.Т}$  – результуючий електромагнітний момент ДМ и ТМ. Знак «+» відповідає узгодженому обертанню ДМ и ТМ.

Значення ковзання для ТМ визначається за виразом:

$$s_T = \frac{p_T}{p_D} (1 - s_D) \pm 1, \quad (3)$$

де  $p_D, p_T$  – число пар полюсів відповідно ДМ и ТМ.

Знак «+» відповідає зустрічному, а «-» – узгодженому обертанню магнітних полів ДМ и ТМ.

Крім того, вихідна енергія ТМ може формуватися за трьома варіантами:

а) у разі зустрічного обертання магнітних полів ТМ отримує електричну енергію з мережі і механічну від ДМ. В результаті вся отримана енергія повністю дисипує в тепло;

б) у разі приголосного обертання магнітних полів і  $p_T = p_D, M_D > M_T$  електромагнітна енергія в проміжку ТМ перетвориться в теплову і механічну енергію ротора;

в) у разі узгодженого обертання магнітних полів і  $p_T > p_D, M_D \gg M_T + M_C$  ТМ працює в генераторному режимі з рекуперацією електричної енергії в мережу і частковим виділенням тепла в роторі.

За нерухомого ротора відведення тепла і передача його в периферійні об'єми матеріалу здійснюється за допомогою теплопровідності відповідно до закону Фур'є

$$q_\lambda = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}, \quad (4)$$

е  $q_\lambda$  - питомий тепловий потік;

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності.

Обертання ротора (стан Б) створює переважні умови для вимушеного теплообміну відповідно до закону Ньютона:

$$q_\alpha = \alpha \cdot \Delta T, \quad (5)$$

де  $\alpha = \frac{1}{t_B - t_C} \int_{t_c}^{t_в} \alpha(t) dt$  – середній коефіцієнт тепловіддачі за

теплообміну впродовж періоду розгону ротора.

Тривалість роботи ПЭМП в режимі короткого замикання достатня для отримання і передачі через теплообмінну систему ПЭМП такої

кількості теплової енергії, яка здатна здійснити нагрів води до 80<sup>0</sup>С і не перевищує часу настання граничного перевищення температури електричної ізоляції ПЕМП.

**Висновки і перспективи.** Використання поліфункціональних електромеханічних перетворювачів в біогазових установках дозволить :

- забезпечити необхідний температурний режим;
- підвищити енергоефективність.

### Список використаних джерел

1. Биогазовые установки. Практическое пособие. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas\\_plants\\_Practics.pdf](http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf).
2. Павліський, В. М. Удосконалення системи експлуатації електротермічного обладнання біогазових установок / В. М. Павліський, В. Г. Подобайло, М. В. Потапенко // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2008. – Т.13. – №3. – С. 144 – 148.
3. Подобайло, В. Г. Підвищення енергоефективності біогазових установок / В. Г. Подобайло, М. В. Потапенко, Н. П. Семенова // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – Вип. 153. – С. 93-95.
4. Заблодский, Н. Н. Полифункциональные электромеханические преобразователи технологического назначения: Монография / Н. Н.Заблодский. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 295 с.
5. Заблодский, Н. Н. Модифицированный метод эквивалентных тепловых схем для анализа процессов в электротепломеханических преобразователях / Н. Н. Заблодский // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського: наукові праці КПДУ. – Кременчук, 2007. – Вип. 3/2007 (44)Ч. 1. – С. 121-124.

### References

1. Biogazovyye ustanovki. Prakticheskoye posobiye [Biogas installation. Practical textbook]. Available at: [http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas\\_plants\\_Practics.pdf](http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf).
2. Pavliskyi, V. M. Podobailo, V. H., Potapenko, M. V. (2008). Udoskonalennia systemy ekspluatatsii elektrotermichnoho obladdannia biohazovykh ustanovok [Improving the operation of biogas plants electrothermal equipment]. Visnyk Ternopil'skoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu, 13 (3),. 144 – 148.
3. Podobailo, V. H., Potapenko, M. V., Semenova, N. P. (2014). Pidvyshchennia enerhoefektyvnosti biohazovykh ustanovok [Improving the energy efficiency of biogas plants]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 153, 93-95.
4. Zablodskiy, N. N. (2008). Polifunktsional'nyye elektromekhanicheskiy preobrazovateli tekhnologicheskogo naznacheniya: Monografiya [Polyfunctional electromechanical converter technological purpose: monograph]. Alchevsk, DonGTU, 295.
5. Zablodskiy, N. N. (2007). Modifitsirovannyy metod ekvivalentnykh teplovykh skhem dlya analiza protsessov v elektroteplomekhanicheskikh preobrazovatelyakh [Modify method equivalent thermal circuits for analysis of processes in electromechanical converter]. Visnyk Kremenchuts'kogo derzhavnogo politekhnichnoho universitetu imeni Mikhayla Ostrograds'kogo: Naukovi pratsi KPDU. Kremenchuk, 3/2007 (44), Ch. 1, 121-124.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Н. Н. Заблодский, П. Б. Клендий, Г. Я. Клендий, О. П. Дудар

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы влияния температурных режимов биогазовых установок на выход биогаза и времени сбраживания. Для создания оптимального температурного режима предлагается использование полифункционального электромеханического преобразователя, который будет выполнять роль источника тепловой энергии и насоса, что позволит не сжигать произведенный биогаз и заменить электродвигатель и насос одним устройством.

**Ключевые слова:** биогазовая установка, температурные режимы, поли функциональный электромеханический преобразователь

## OPTIMIZATION OF HEAT MODE OF BIOGAS ON THE BASIS OF POLYFUNCTIONAL ELECTROMECHANICAL CONVERTER

N. N. Zablodsky, P. B. Klendiy, H. Y. Klendiy, O. P. Dudar

**Abstract.** In the article the question of influence over temperature modes of biogas plants for biogas yield and fermentation time is considered. To create the optimal temperature mode is offered the use of polyfunctional electromechanical converter, which will serve as a source of heat energy and a pump, that allow don't burn the produced biogas and replace the electric motor and pump on one device.

**Keywords:** biogas plants, temperature models, polyfunctional electromechanical converter