

УДК 574.36

Ю. В. КУРІС, канд. техн. наук, доцент

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, Київ

ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ І РОБОТА БІОУСТАНОВКИ В БЕЗПЕРЕРВНОМУ РЕЖИМІ

В статтє описана программа расчета параметров и условия работы в непрерывном режиме биоустановки по переработке биомассы.

У статті описано програму розрахунку параметрів і умови роботи в безперервному режимі біоустановки по переробці біомаси.

Біоустановка працює при умовах Запорізької області, середньомісячна температура якої наведена в табл. 1.

Таблиця 1
Середньомісячна температура навколишнього повітря [1]

Місяць	Січень	Лютий	Березен	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересен	Жовтен	Листопа	Грудень	Середня
Температура, °С	–	–	–	6,18	13,3	15,9	19,3	17,8	12,9	6,37	0,15	–	6,25

Для визначення виходу біогазу були враховані особливості біомаси, зокрема коефіцієнти рівняння (див. далі (2)). Для біомаси, наявного в господарстві коефіцієнти a , b , і z рівними $-0,00307$, $-0,08$ і 13 відповідно. За цих коефіцієнтах і режимі зброджування, добовий вихід біогазу становить близько $67 \text{ м}^3 / \text{добу}$. Кількість тепла, що витрачає на попередній нагрів біомаси, являє собою частину тепла, яка використовується для нагріву біомаси до його завантаження в біореактор. Оскільки біореактор працює в безперервному режимі, тепло на попередній підігрів представляє собою теплоту, необхідну для підігріву першу завантаження біомаси. Розрахунок параметрів наводився на ЕОМ з допомогою програми MS EXCEL, результати якого представлені в табл. 2.

Таблиця 2
Характеристики роботи біогазової установки [2, 3]

Параметр	Значення
Кількість свиней, голів	750
Загальний об'єм екскрементів, т / добу	10
Об'єм біореактора, м^3	50
Середня річна температура навколишнього середовища, °С	6,25
Режим бродіння	Термофільний
Температура бродіння, °С	52
Добове завантаження, доб	3,8
Тривалість зброджування, доб	19
Період виходу в режим, доб	12
Добовий вихід біогазу, м^3	67
Кількість тепла, необхідного для попереднього нагріву біомаси, ГДж	9,08

Продовження таблиці 2	
Кількість тепла, що витрачається на нагрів біомаси, МДж/доб	727
Кількість тепла, що витрачається в навколишнє середовище, МДж/доб	5,39
Кількість тепла, що витрачається на перемішування біомаси, кДж/доб	1,02
Кількість тепла, необхідного для власних потреб біореактора, МДж/доб	732
Кількість енергії одержуваного біогазу, ГДж/доб	1,57
Вихід товарного біогазу (за місяць), м ³ /мес	2019
Частка біогазу, необхідного для нагрівання біомаси, %	0
Вихід товарного біомаси (за місяць), т	102

Для забезпечення безперервної роботи, обсяг першого завантаження становить приблизно 8 % робочого об'єму реактора й підігрівається до температури зброджування за 1 добу. Протягом періоду виходу в режим, яке триває 5–6 діб, добову завантаження підтримують постійне. Цей період характеризується незначним виділенням біогазу. З настанням виходу в режим об'єм біогазу, що виділяється з реактора досягає максимуму (67,29 м³/доб) (рис. 1).

Далі кожен добу завантажують добу завантаження (3 м³) і установка може працювати стабільно протягом тривалого терміну. Наступні добові завантаження проводяться з одночасною вивантаженням забродженої маси, рівною за величиною добової завантаженні свіжої біомаси. Безперервність роботи установки забезпечує постійний вихід біогазу за подальший час її роботи.



Рис. 1. Виділення біогазу при безперервній роботі установки

У наступну добу гній нагрівається безпосередньо в реакторі, при цьому система підігріву біомаси повинна забезпечити тепло, необхідне для підігріву відповідну завантаження, і компенсувати всі види втрат (рис. 2).

Виділення товарного біогазу починається, коли підводиться теплота дорівнює сумі теплоти на нагрів біомаси і теплоти на власні потреби. Витрата енергії на попередній нагрів біомаси і інші втрати в термофільному режимі перевищують тих показників, відповідних мезофільного режиму роботи реактора. Разом з тим, отримана енергія (пропорційно до обсягу одержуваного біогазу) при термофільному режимі менше ніж при мезофільному. Це пояснюється необхідністю подолання високого температурного напору, який характеризує термофільний режим анаеробного зброджування (рис. 3).

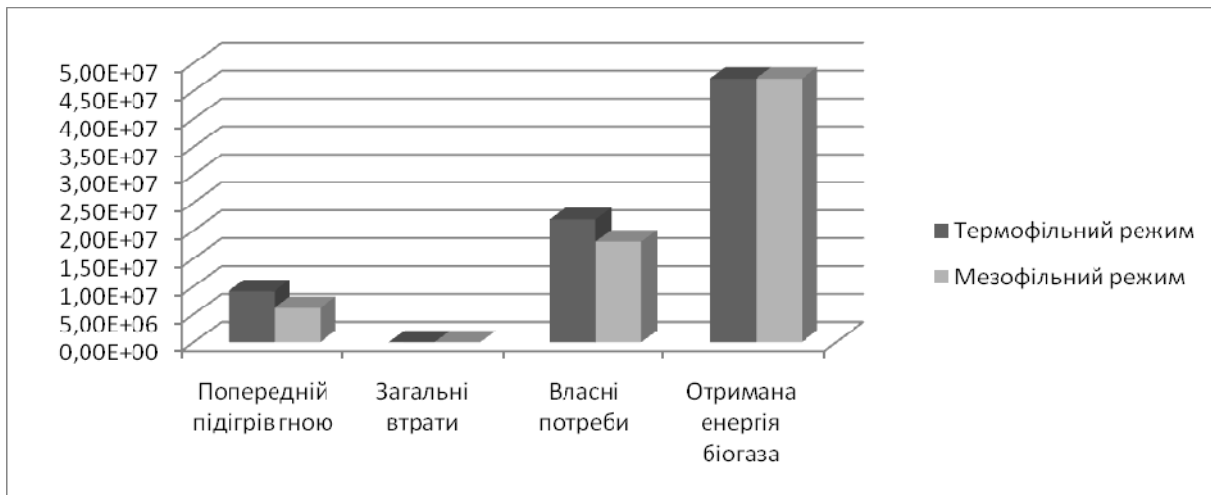


Рис. 2 . Тепловий баланс біореактори [1, 4]

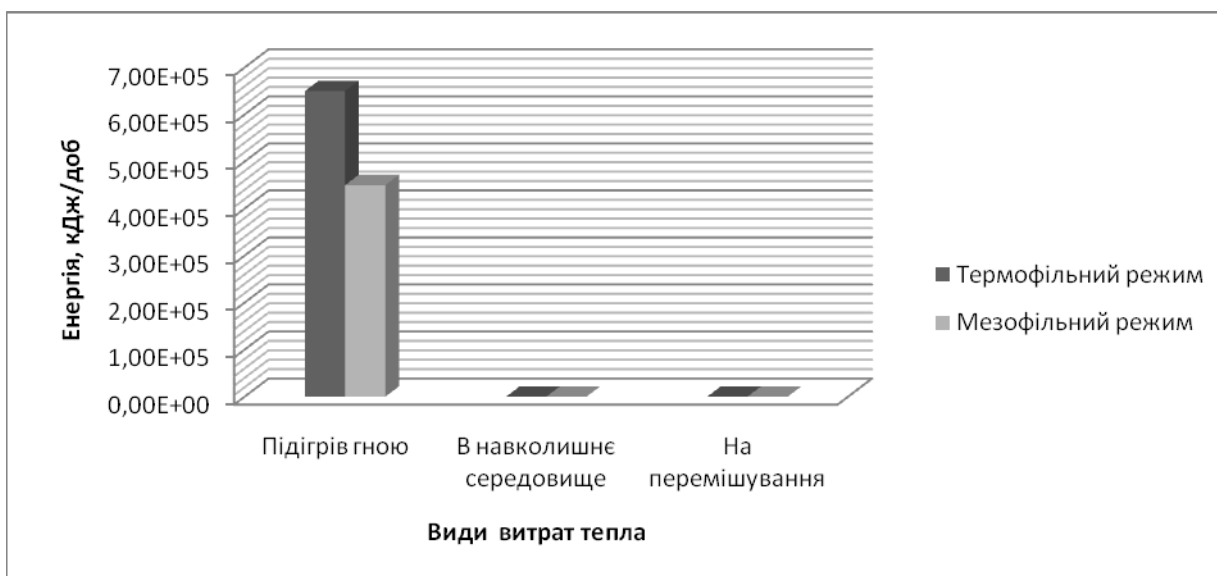


Рис. 3. Види втрат при термофільною і мезофільною режимі [5]

Проектування системи проводилося з урахуванням можливості спільної утилізації теплоти охолоджуючої рідини. Щоб максимізувати економічні показники установки, розглядалася раціональність відключення радіатора і вентилятора системи охолодження, що сприяє зниженню навантаження на двигун. За такої схеми використання вторинної теплоти двигуна, деякі реактори підігрівають за рахунок теплоти охолоджуючої рідини, а решта - за рахунок теплоти відпрацьованих газів, що дозволить використовувати зайве тепло на інші потреби сільськогосподарського виробництва.

У період з травня по вересень - для термофільного режиму, і з квітня по жовтень - для мезофільного режиму, відзначається істотне збільшення кількості реакторів (рис. 4), які можна підігрівати за рахунок вторинної теплоти двигуна.

Теплота охолоджуючої рідини, яку можна утилізувати незначно, що дозволяє дійти висновку що, підігрів біомаси в біоустановке можна здійснювати шляхом утилізації тільки теплоти відпрацьованих газів. Розрахункова схема і потенціал використання теплоти відпрацьованих газів оцінювалося аналітично, і результати представлені на рисунках 5 і 6 відповідно.

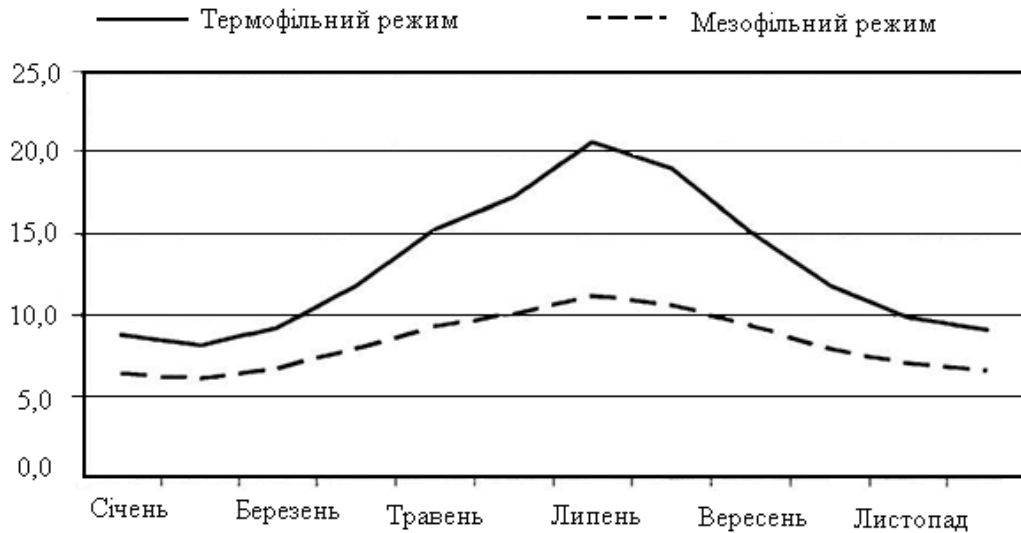


Рис. 4. Можлива кількість реакторів, що підігріваються за рахунок теплоти відпрацьованих газів і охолоджуючої рідини в часі

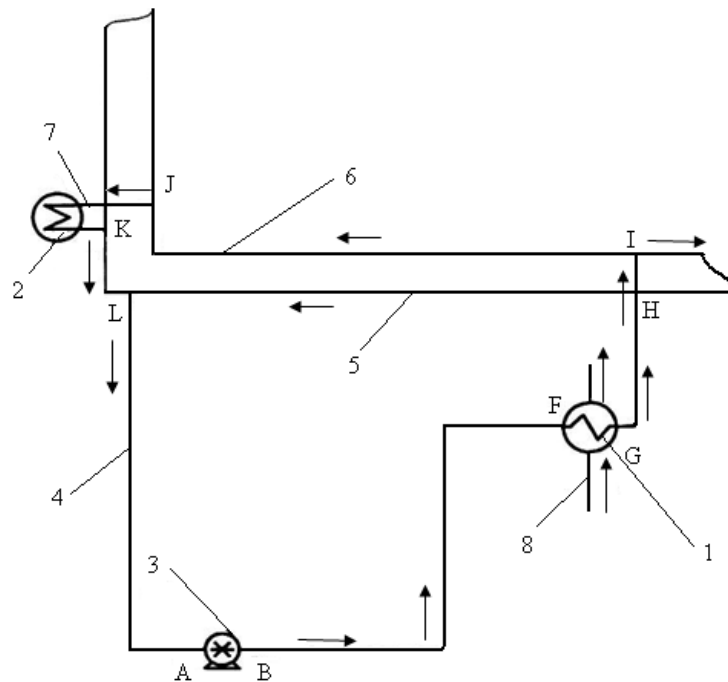


Рис. 5. Розрахункова схема утилізації відпрацьованих газів ДВЗ:
 1, 2 – теплообмінники (№ 1 і 2 відповідно); 3 – водяний насос; 4 – основна магістраль; 5 – зворотній труба; 6 – розподільна труба; 7 – кінцева труба; 8 – відпрацьовані гази ДВС.

З малюнка 4 очевидно, що за рахунок використання теплоти відпрацьованих газів практично можна забезпечити потребу біоустановки в теплоті незалежно від режиму роботи. Зокрема, при роботі установки в термофільному режимі теплота відпрацьованих газів двигуна може забезпечити, як мінімум, 8 біореакторів теплотою протягом 9 місяців (березень - листопад) у рік.

Потрібно відмітити що, мезофільний режим роботи реактора є більш перспективним з енергозберігаючої точки зору, так як біореактори можуть бути повністю забезпечені теплотою, практично, в будь-який час року.

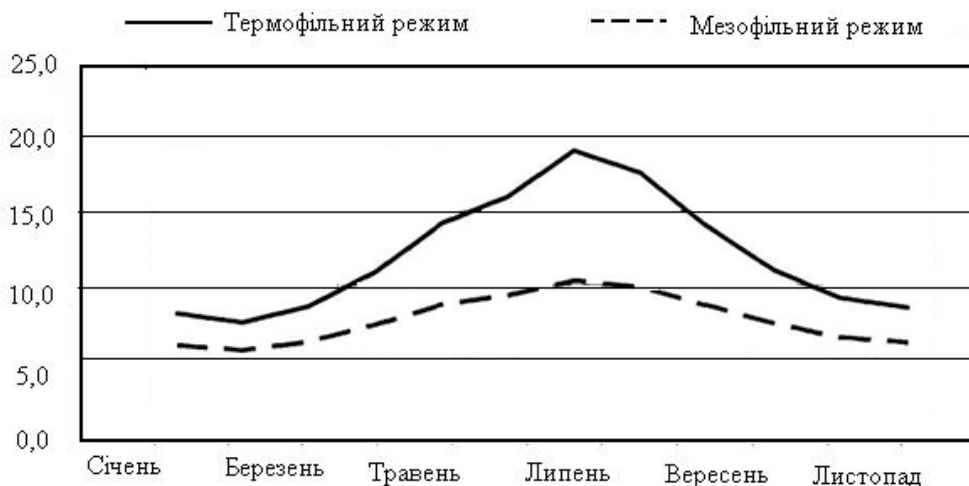


Рис. 6. Можливе число реакторів, що нагріваються теплотою відпрацьованих газів двигуна

За рахунок використання теплоти відпрацьованих газів можна задовольнити потребу біоустановок в тепловій енергії (732 МДж / добу).

Відпрацьовані гази можуть забезпечити безперерйну роботу реакторів навіть при температурі -8°C , що дає можливість не тільки отримати потрібне тепло, але і додаткове для інших потреб господарства (рис. 7), наприклад сушіння сільськогосподарської продукції, опалення тваринницького приміщення і т.д.

Для роботи 4 біореакторів достатньо мати водяний насос потужністю не більше 0,079 кВт, а при комбінованій схемі утилізації тепла - 0,285 кВт. Обробка експериментальних і розрахункових даних дозволяють розробити методику оцінки потенціалу тваринницької ферми по виходу біомаси і підбору відповідного двигуна, утилізація ВЕР якого може забезпечити потребу біоустановці в теплоті.

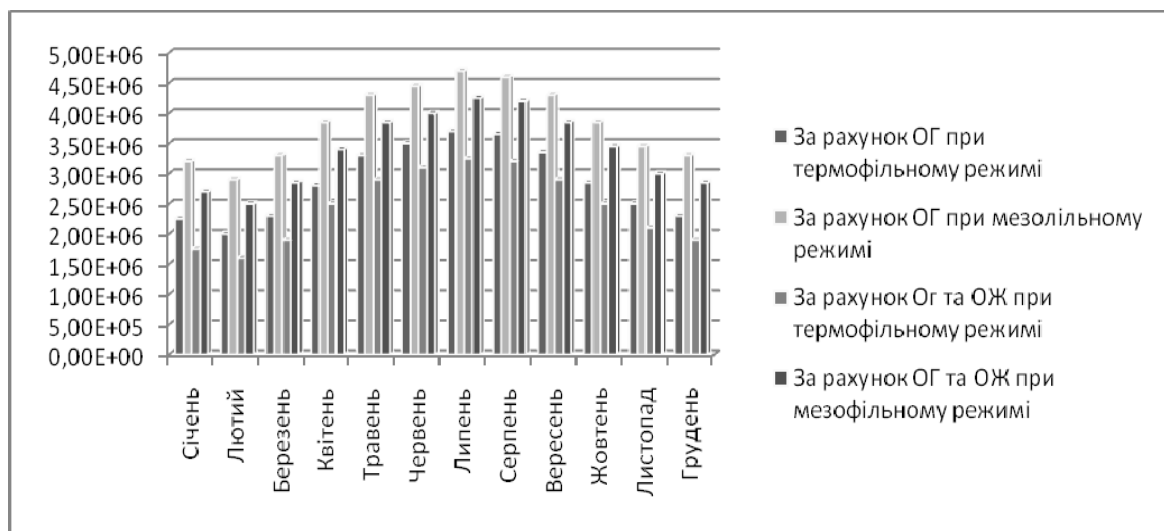


Рис. 7. Додаткова енергія на інші господарські потреби

Вихід екскрементів V^3 господарства, чисельність свиней якого $n_{\text{свиней}} = 750$ голів, становить 10 т, при вологості 70%. Однак, для зброджування в біореакторі вологість біомаси слід доводити до 95%, через що гній розбавляють водою масою до 30% від маси біомаси. Загальний вихід біогазу при роботі 4 реакторів $V_{\Gamma} = 268 \text{ м}^3/\text{доб}$, Що відповідає продуктивності ВРХ у біогазу $\omega = 268 / (250,24) = 0,45 \text{ м}^3 / (\text{голів} \cdot \text{ч})$.

Так як відпрацьовані гази, які використовуються для підігріву біомаси, відходять від двигуна, що працює на біогазі, то безперерйна робота могла бути забезпечена тільки у тому

випадку, коли продуктивність ВРХ у біогазу більше або дорівнює витраті палива даного двигуна. Тоді, часовий витрата палива двигуна можна висловлювати за формулою

$$V_T = n_{KPC} \omega \quad (1)$$

де, n_{KPC} – число великої рогатої худоби в господарстві, голів;

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^m V_{Gi}}{24,250}, \text{ м}^3 / \text{голів} \cdot \text{г};$$

V_{Gi} – добовий вихід біогазу i -го реактора, $\text{м}^3/\text{доб}$;

m – число реакторів i -го розміру.

Годинна витрата палива для газових двигунів також можна визначати за формулою, $\text{м}^3/\text{год}$

$$V_T = v_e N_e, \quad (2)$$

де, v_e – питома ефективний витрата палива, $\text{м}^3/\text{кВт}\cdot\text{г}$;

N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

З рівнянь (1) число ВРХ, необхідне для ефективної роботи двигуна можна визначити так, голів:

$$n_{KPC} = \frac{v_e N_e}{0,045} = 22,2 v_e N_e \quad (3)$$

У даному випадку для безперебійної роботи двигуна Г-240 необхідно мати 1500 голів свиней в господарстві. Аналогічно, при наявності 750 голів свиней в господарстві досить мати двигун годинниковим витратою $11,3 \text{ м}^3/\text{год}$ [6, 7].

Кількість біогазу, одержуваного на одиницю маси біомаси може бути визначено як відношення загального виходу біогазу на одиницю маси біомаси до його розведення, $\text{м}^3/\text{т}$:

$$\omega_H = \frac{\sum_{i=1}^m V_{Ai}}{V_H} \quad (4)$$

де, V_H - обсяг бродіння біомаси, т.

Як правило, кількість біогазу на одиницю маси біомаси можна визначати за добу або певний час роботи біоустановки, що в нашому випадку, становить $26,8 \text{ м}^3 / \text{т}$.

Висновки

1. При роботі двигуна на біогазі спостерігається значна втрата тепла в системі охолодження ($8,55 \text{ ГДж} / \text{добу}$). Можливою причиною високої втрати тепла в системі охолодження могло бути низький ефективний ККД двигуна, обумовлений несприятливими умовами горіння або сумішоутворення.

2. Утилізація теплоти відпрацьованих газів двигуна дозволяє підвищувати енергетичні показники біоустановок (на 30-35% більше) і двигуна внутрішнього згорання (до 25-30%), що призводить до підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Список літератури

1. Курис Ю. В. Анализ энергетического баланса производственно - животноводческого комплекса ЗАО “Запорожсталь” с использованием биоэнергетической установки: Сборник конференции «Биотехнология: Образование, наука» / Ю. В. Курис, Е. Н. Крючков; НТУ КПИ. – 2003. – г. Киев, – С. 141–143.

2. Курис Ю. В. Систематизация схем биогазовых установок и оптимизация энергетической

ефективності роботи анаеробного реактора / Ю. В. Куріс, А. Ю. Майстренко, С. І. Ткаченко // Професійний журнал “Енергетика і електрифікація”. г. Київ, – № 8. – 2008. – С. 31–39.

3. Куріс Ю. В. Вивчення отримання біогазу при анаеробному зброджуванні вуглеводів, жирів та білків: Матеріали міжвузівської наукової конференції ЗГІА “Сучасні екологічні проблеми – IV” / Ю. В. Куріс, І. Н. Левицька – м. Запоріжжя, – 2008. – С. 37–39.

4. Куріс Ю. В. Преимущества биотехнологий в решение энергетических вопросов / Труды юбилейной XXX международной научно технической конференции “Запорожсталь XXX”. – Запорожье: Запорожсталь. – 2003. – С. 53 – 57.

5. Майстренко О. Ю. Дослідження показників біореактору при анаеробному зброджуванні біомаси: Міжнародна конференція «Problems of light science 2009» / О. Ю. Майстренко, Ю. В. Куріс, О. В. Ряснова, В. М. Власенко // Volgariya, – 2009. – С. 19–29.

6. Майстренко О. Ю. Обґрунтування використання низькокалорійних палив у ДВС та особливості спалювання біогазу в ДВС / О. Ю. Майстренко, Ю. В. Куріс, В. М. Власенко // Фаховий журнал «Енергозбереження • Енергетика • Енергоаудит». – м. Харків, – № 1. – 2010. – С. 46–50.

7. Куріс Ю. В. Розрахунок по визначенню ефективності анаеробної переробки зброджуваної біомаси / Ю. В. Куріс, // Фаховий журнал “Новини Енергетики”. м. Київ, – № 3. – 2010. – С. 36–40.

THE PROGRAM OF CALCULATION AND CONDITION OF WORK OF BIOSETTING IS IN THE CONTINUOUS MODE

Ju. V. KURIS, Cand. Tech, Sci., associate professor

In the article the program of calculation of parameters and condition is described robots in the continuous mode of biosetting on processing of biomassy.

Поступила в редакцію 21. 09 2010 г.