

$$V = \frac{Q_0}{\rho C_p \Delta T} = \frac{10^6}{10^3 \cdot 4,2 \cdot 10^3 (30 - 5)} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Питання для самоконтролю

1. Принцип дії систем ПТЕО.
2. Що таке геотермальна енергія.
3. Основні способи отримання енергії ГеоТЕС.
4. Принцип отримання енергії на океанічних ТЕС.
5. Що таке цикл Ренкіна та цикл Карно?
6. Яке робоче тіло використовується в ОТЕС?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7 РОЗРАХУНОК БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Мета роботи: ознайомитися з основними біоенергетичними установками для отримання біопалива; опанувати методикку розрахунку біогазогенератора.

7.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Однією з найбільш перспективних тем в галузі розвитку альтернативних джерел енергії є вивчення потенціалу біоенергетики, тобто отримання енергії з органічних матеріалів.

Головна перевага цього виду альтернативних джерел енергії – це велика різноманітність сировини і об'єктів його практичного застосування. Адже рослинний світ планети надзвичайно різноманітний і як паливо можна використовувати багато видів рослин. Крім того, існує можливість створення екологічно чистих видів пального. Розробка і виробництво біопалива також допоможе розв'язати проблему сміття, яке може приносити енергію, будучи сировиною.

Біопаливо – це паливо з біологічної сировини, що отримується, як правило, в результаті переробки стебел цукрової тростини або насіння рапсу, кукурудзи, сої. Існують також проекти різної міри опрацьованості, спрямовані на отримання біопалива з целюлози і різного типу органічних відходів.

Існують різні класифікації біологічних палив. Найбільш загальною з них є класифікація за консистенцією, згідно якої біопаливо підрозділяється на:

- рідке (для двигунів внутрішнього згорання, наприклад, етанол, метанол, біодизель),
- тверде (дрова, солома),
- газоподібне (біогаз, водень).

7.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Продуктивність біогазової установки визначається за формулою:

$$V_{\text{б}} = B_{\text{ек}} \cdot a \cdot \mathcal{G} \cdot K, \quad (7.1)$$

де a – кількість органічних речовин, %;

\mathcal{G} – вихід біогазу на 1 кг органічної речовини (ОР). Орієнтовні значення

\mathcal{G} для великої рогатої худоби (ВРХ) – 0,24-0,3 м³/кг; для свиней 0,4-0,45 м³/кг; для птиці – 0,6 м³/кг;

K – коефіцієнт бродіння (0,4–0,3); $B_{ек}$ – кількість екскрементів за добу.

Кількість екскрементів за добу визначається за умови:

$$B_{ек} = n_1 b_1 + n_2 b_2, \quad (7.2)$$

де n_1, n_2 – кількість тварин різного виду;

b_1, b_2 – питомий вихід екскрементів на одну тварину різного виду.

Для розрахунку добового виходу біогазу використовують універсальне співвідношення Чена та Хошіміто, котре враховує тип біомаси і операційні характеристики біогазового реактора:

$$V_{\delta} = \frac{(\mathcal{G}_{gp} \cdot K_{op.p})}{\tau} \cdot \left(1 - \frac{K}{(\tau \cdot \omega_{max} - 1 + K)} \right), \quad (7.3)$$

де V_{δ} – добовий вихід метану СН₄ (м³ за добу з 1 м³ реактора);

\mathcal{G}_{gp} – граничний вихід метану за добу (м³ за добу з 1 кг ОР), що становить для гною ВРХ 0,2±0,05, а для свинячого гною 0,5±0,05;

$K_{op.p}$ – концентрація ОР на виході, кг/м³;

τ – час повного обміну рідини в реакторі, діб;

K – кінематичний коефіцієнт:

- для гною ВРХ $K = 0,8 + 0,001e^{0,06S}$,

- для свинячого гною $K = 0,5 + 0,0043e^{0,091S}$;

ω_{max} – максимальна швидкість росту мікроорганізмів, доба⁻¹, яка залежить від температури бродіння T_{ϕ} : $\omega_{max} = 0,013 \cdot T_{\phi} - 0,129$.

Об'єм біогазової установки:

$$V_m = \tau \cdot V_p \cdot K_3, \quad (7.4)$$

де V_p – об'єм рідкої маси екскрементів, подають в установку за добу;

K_3 – коефіцієнт, який враховує поправку на об'єм біогазу.

7.2.1. Розрахунок теоретичної продуктивності біогазової установки.

Розрахувати продуктивність біогазової установки V_{δ} , якщо в господарстві є n_1 тварин ВРХ і n_2 свиней. Тривалість бродіння τ діб, температура ферментації t °С.

Для варіантів значення вихідних величин наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Вихідні данні для розрахунку продуктивності біогазової установки

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_1	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
τ , діб	20	10	20	10	5	10	5	10	10	5
t °С	34	32	36	40	50	36	40	44	48	50
n_2	10	20	30	10	20	15	25	30	20	15

Розв'язання. Приймаємо наступні умови: в господарстві є $n_1=3$ тварин ВРХ і $n_2=20$ свиней. Тривалість бродіння $\tau = 10$ діб, температура ферментації $t=40^\circ\text{C}$.

1. Кількість екскрементів за добу:

$$B_{ек} = n_1 b_1 + n_2 b_2 = 3 \cdot 55 + 20 \cdot 15 = 465 \text{ кг/добу},$$

де b_1, b_2 – вихід екскрементів за добу (додатки 4, 5).

2. Можлива кількість біогазу:

$$V_{\sigma} = B_{ек} \cdot a \cdot \varrho \cdot K = 465 \cdot 0,0363 \cdot 0,265 \cdot 0,4 \approx 1,8 \text{ м}^3/\text{кг на добу}$$

де a – кількість органічної маси з 1 кг екскрементів (0,0363-0,04кг);

ϱ – питома величина виходу біогазу з органічної маси, залежить від температури ферментації і тривалості процесу (додаток 6).

7.2.2. Розрахунок об'єму газу з біогазогенератора.

Визначити об'єм газу з біогазогенератора внаслідок утилізації гною з n корів. Тривалість циклу бродіння τ_a , температура t_{ϕ} . Надходження сухого бродильного матеріалу від однієї корови складає $m_0=2$ кг/добу. Вихід біогазу $\varrho=0,24$ м³/кг, вміст CH_4 в біогазі 0,78. Розрахувати потужність біогазогенератора.

Для варіантів значення вихідних даних наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Вихідні данні для розрахунку об'єму газу з біогазогенератора

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	4	6	8	10	12	14	16	7	9	11
$t_{\phi}, ^\circ\text{C}$	40	42	44	38	39	45	37	41	43	37
τ_a , діб	8	7	7	9	9	6	10	9	6	10

Розв'язання. Приймаємо наступні умови: в господарстві є $n = 4$ корови. Тривалість бродіння $\tau = 10$ діб, температура ферментації $t = 40^\circ\text{C}$. Надходження сухого бродильного матеріалу від однієї корови складає $m_0=2$ кг/добу. Вихід біогазу $\varrho=0,24$ м³/кг, вміст CH_4 в біогазі 0,78; $\eta=0,92$ – ККД пальника; $Q_{\text{н}}^p$ – калорійність біогазу (метан за нормальних умов має близько $28 \text{ МДж/м}^3=56 \text{ кДж/кг}$);

1. Загальна маса сухого матеріалу:

$$m_3 = n \cdot m_0 = 4 \cdot 2 = 8 \text{ кг/добу},$$

2. Кількість газу, яка утворюється за добу:

$$V_{\sigma} = \varrho \cdot m_3 = 0,24 \cdot 8 = 1,92 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

3. Теплова потужність біогазогенераторної установки, Вт:

$$N = \eta \cdot Q_{\text{н}}^p \cdot V_{\sigma} \cdot K = 0,92 \cdot 28 \cdot 10^6 \cdot 1,92 \cdot 0,78 / (24 \cdot 3600) \approx 447$$

7.2.3. Розрахунок розміру біогазової установки.

Визначити розмір біогазової установки (об'єм, діаметр і висоту) для анаеробного процесу перероблення екскрементів $B_{ек}$ (кг/добу). Тривалість ферментації $\tau_{\text{бр}}$ (діб).

Для варіантів значення вихідних величин наведено у табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Вихідні данні для розрахунку розміру біогазової установки

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B_{ек}$, кг/добу	280	220	340	250	150	300	200	260	180	190
$\tau_{бр}$, діб	20	10	20	10	5	10	5	10	10	8

Розв'язання. Приймаємо наступні умови: Кількість екскрементів за добу $B_{ек}=200$ кг/добу; тривалість ферментації $\tau_{бр}=10$ діб. Частка сухого матеріалу в екскрементах $K=0,04$.

1. Кількість сухого матеріалу (органічних речовин):

$$m_0 = B_{ек} \cdot K = 200 \cdot 0,04 = 8 \text{ кг/добу.}$$

2. В біогазову установку подається рідка маса екскрементів, її визначають так:

$$V_p = \frac{m_0}{\rho_{ек}} = \frac{8}{1024} \approx 0,01 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де $\rho_{ек}$ – густина рідкої маси екскрементів, які подають в установку (1024 кг/м³).

3. Об'єм генератора:

$$V_m = \tau V_p = 10 \cdot 0,01 = 0,1 \text{ м}^3$$

4. На основі правила «золотого перерізу» площа біогазової установки:

$$F = 0,454 \cdot V_m = 0,454 \cdot 0,1 \approx 0,05 \text{ м}^2.$$

Приймаючи конструкцію біогазової установки циліндричною, визначимо діаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} F} = \sqrt{\frac{4}{3,14} 0,05} = 0,25 \text{ м}$$

Висота біогазової установки

$$h = \frac{V_m}{F} = \frac{0,1}{0,05} = 2 \text{ м}$$

7.2.4. Розрахунок добової продуктивності біогазової установки.

Біогазова установка об'ємом V переробляє сільськогосподарські відходи (гній ВРХ). Технологічні параметри анаеробного процесу: температура ферментації $t_{ф}$, тривалість повного обміну біомаси $\tau_{бр}$. Визначити продуктивність установи з біогазу за добу.

Для варіантів значення вихідних даних наведено в табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Вихідні данні для розрахунку добової продуктивності біогазової установки

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	4	5
V_m , м ³	8	10	12	14	16	18	20	22	11	13
$t_{ф}$, °С	40	41	42	39	43	38	44	45	39	43
$\tau_{бр}$, діб	10	12	14	16	12	14	10	12	14	13

Розв'язання. Приймаємо наступні умови: $V=8 \text{ м}^3$; температура ферментації $t_\phi=40 \text{ }^\circ\text{C}$, тривалість повного обміну біомаси $\tau_{\phi p}=10$ діб.

Продуктивність біогазової установки визначимо із співвідношення:

$$V_\phi = \frac{(v_{\text{гр}} \cdot K_{\text{ор.р}})}{\tau} \cdot \left(1 - \frac{K}{(\tau \cdot W_{\text{max}} - 1 + K)} \right),$$

де $v_{\text{гр}}$ – граничний вихід метану за добу з 1 кг гною ВРХ – $0,2 \pm 0,05$;

$K_{\text{ор.р}}$ – концентрація ОР на виході (210 кг/м^3);

τ – час повного обміну матеріалу в реакторі (10 діб);

K – кінематичний коефіцієнт для гною (ВРХ): $K=0,8+0,001e^{0,06S}$;

S – ацетат, його величина коливається в межах 80-120.

$$K = 0,8 + 2,7^{0,06 \cdot 85} = 158,47.$$

ω_{max} – максимальна швидкість росту мікроорганізмів (доба⁻¹) за температури $t_\phi=40 \pm 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$, ($T_\phi=273+40=313 \text{ K}$):

$$\omega_{\text{max}} = 0,013 \cdot T_\phi - 0,129 = 0,013 \cdot 313 - 0,129 = 3,94$$

Продуктивність з 1 м^3 установки за добу:

$$V_\phi = \frac{(0,25 \cdot 210)}{10} \cdot \left(1 - \frac{158,47}{(10 \cdot 3,94 - 1 + 158,47)} \right) = 1,02$$

Питання для самоконтролю

1. Яка перевага біоенергетики серед інших альтернативних джерел?
2. Що таке біопаливо?
3. Основні способи отримання біопалива.
4. Методика визначення продуктивності біогазової установки.
5. Як визначити кількість екскрементів на добу від фермерського господарства?
6. Методика визначення об'єму біогазогенератора.
7. Як визначити розміри біоустановки?
8. Добова продуктивність типової біогазової установки.