

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ МЕТАНТЕНКА

С.Є. Тарасенко, кандидат технічних наук

Розглянуті принципи методика розрахунку енергетичного балансу метантенка. Проаналізовані фактори, які беруть участь у формуванні методики розрахунку енергетичного балансу метантенка.

Методи, енергетика, баланс, метантенк.

Постановка проблеми. Розрахунок енергетичного балансу метантенку полягає в визначенні енергії, що надходить від сталювання одержаного біогазу і порівнянні її з енергією, що затрачається на виробництво самого біогазу (обігрівання метантенку, втрат тепла в довкілля і роботу перемішуючого пристрою) [1]. Ефективність біогазової установки визначається за коефіцієнтом товарності біогазової установки, її річною енергетичною ефективністю та економією умовного палива за рахунок отриманого протягом року біогазу [2].

Аналіз останніх досліджень. Методика розрахунку теплового балансу метантенка представлена в [3].

Згідно [4], втрати енергії в метантенку визначаються за формулою:

$$E_{T.M} = E_{\Pi} + E_{\text{д}} + E_{\text{Miu}},$$

де $E_{T.M}$ – втрати тепла в метантенку, МДж/добу; E_{Π} – втрати тепла на підігрівання субстрату до температури бродіння, МДж/добу; $E_{\text{д}}$ – втрати енергії в довкілля, МДж/добу; E_{Miu} – витрата енергії на перемішування субстрату в процесі бродіння, МДж/добу.

Кількість теплоти, яка витрачається на підігрівання завантаженої протягом доби біомаси до температури процесу бродіння визначається як:

$$E_{\Pi} = M_{\text{доб}} \cdot c_c \cdot (T_{\text{бр}} - T_{\text{бм}}),$$

де $M_{\text{доб}}$ – маса субстрату, що завантажується в метантенк за добу, кг/добу; c_c – теплоємність субстрату, МДж/(кг·К); $T_{\text{бр}}$ – температура бродіння, °К; $T_{\text{бм}}$ – температура біомаси, що завантажується в метантенк, °К.

Враховуючи, що:

$$T = 237,15 + t,$$

де t – температура, °C, формула записується в вигляді:

$$E_{II} = M_{доб} \cdot c_c \cdot (t_{бp} - t_{бm}),$$

де $t_{бp}$ – температура бродіння, °C; $t_{бm}$ – температура бродіння, °C; $t_{бm}$ – температура біомаси, що завантажується в метантенк, °C.

Масу субстрату, що завантажується в метантенк за добу $M_{доб}$, визначається за попередньою формулою.

Середнє значення теплоємності субстрату c_c становить $4,18 \cdot 10^{-3}$ МДж/(кг·K).

Температура завантаженої біомаси t_m залежить від способу її завантаження в метантенк. Якщо масу для зброджування беруть зі сховища для гною, то її температура дорівнює температурі повітря довкілля. Якщо маса поступає безпосередньо з тваринницького корпусу, то її температура така ж, як в приміщенні комплексу. Оптимальні параметри мікроклімату в тваринницьких приміщеннях наведені.

Температура бродіння залежить від прийнятого в проекті типу бродильного процесу; для термофільного бродіння $t_6=52-54^\circ\text{C}$; для мезофільного – $t_6=32-34^\circ\text{C}$.

Тому, **метою досліджень** є методика розрахунку енергетичного балансу метантенка.

Результати досліджень. Тепловтрати від метантенка в довкілля E_d визначаються за формулою:

$$E_d = k \cdot S_M \cdot (t_{бp} - t_d),$$

де E_d – втрати енергії в довкілля, Вт; k – коефіцієнт теплопередачі від субстрату до довкілля Вт/(м²·K); S_M – площа зовнішньої поверхні метантенка, м²; t_d – температура довкілля, °C.

З врахуванням того, що 1 Вт·год становить 3600 Дж, тепловтрати від метантенка в довкілля E_d , що виражаються в МДж/добу, визначаються за формулою:

$$E_d = 0,0036 \cdot k \cdot S_M \cdot (t_{бp} - t_d) \cdot \tau,$$

де E_d – втрати енергії в довкілля, МДж/добу; τ – число годин в добі.

Значення середньомісячної температури повітря по регіонах України представлено в табл. Е.3 додатка Е.

Площа зовнішньої поверхні метантенка S_M для циліндричного метантенка становить:

$$S_M = \Pi_M \cdot H + \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \pi \cdot D \cdot H + \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \pi \cdot D \cdot \left(H + \frac{D}{4} \right).$$

де Π_M – периметр метантенка, м; H – висота метантенка, м; D – діаметр метантенка, м.

Коефіцієнт теплопередачі k визначається за формулою:

$$k = \frac{1}{R_3 + R_{I3}},$$

де R_3 – термічний опір теплопередачі на зовнішній поверхні, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; R_{I3} – термічний опір теплопровідності теплоізоляційного шару, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Термічний опір тепловіддачі на зовнішній поверхні R_3 визначається з виразу:

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3},$$

де α_3 – коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні метантенка, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні метантенка α_3 залежить від швидкості вітру:

$$\alpha_3 = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{v_6},$$

де v_6 – швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$.

Значення середньомісячної швидкості вітру по регіонах України представлено.

Термічний опір теплопровідності теплоізоляційного шару R_{I3} визначається за формулою:

$$R_{I3} = \frac{\delta_{CM}}{\lambda_{CM}} + \frac{\delta_{IM}}{\lambda_{IM}},$$

де δ_{CM} – товщина стінки метантенка, м ; δ_{IM} – товщина шару теплоізоляції метантенка, м ; λ_{CM} – коефіцієнт теплопровідності стінки метантенка, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; λ_{IM} – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції метантенка, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів, з яких виготовляються метантенки і можливих утеплювачів метантенків представлені.

Матеріалом для виготовлення метантенків, як правило, слугують бетон і сталь. Для утеплення метантенків можна застосовувати мінеральну вату, вулканітове волокно та інші матеріали з невеликим коефіцієнтом теплопровідності. Також у випадку заглиблених метантенків теплоізоляційним матеріалом слугує ґрунт.

Витрата енергії на механічне перемішування субстрату в метантенку визначається за формулою:

$$E_{Miu} = q \cdot V_M \cdot z,$$

де E_{Miu} – витрата енергії на перемішування субстрату в процесі бродіння, Вт ; q – питома навантаження на мішалку, $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{год}$; V_M – об'єм метантенка, м^3 ; z – тривалість роботи мішалки протягом доби,

год.

Якщо виразити витрату енергії на механічне перемішування субстрату в метантенку через МДж/добу, формула набуде вигляду:

$$E_{\text{Miu}} = 0,0036 \cdot q \cdot V_M \cdot z.$$

Питоме навантаження на мішалку q становить приблизно 50 Вт/м³·год. За добу мішалка включається через кожні 4 год на 15-20 хв, тобто працює на протязі приблизно 2 год.

Розраховувати втрати тепла на підігрівання субстрату до температури бродіння $E_{\text{п}}$ і втрати енергії в довкілля $E_{\text{д}}$ можна декількома способами.

Найбільш точним є спосіб, коли втрати енергії в довкілля визначаються помісячно залежно від середньомісячних температур і швидкості вітру, після чого за їх значеннями розраховується повні щомісячні втрати тепла в метантенку, а повна добова втрата тепла в метантенку визначається як середня з щомісячних втрати тепла. Менш точним є спосіб, коли теплові втрати в навколишнє середовище визначаються для самого холодного і самого теплого періодів, а за розрахункову величину приймаються їх середньоарифметичні значення. Але оскільки втрати енергії в довкілля, як правило, набагато нижчі втрат тепла на підігрівання субстрату до температури бродіння, допустимо визначати втрати енергії в довкілля за третім способом, коли за температуру довкілля приймається середньорічна температура, а за швидкість вітру – середньорічна швидкість вітру.

Знаючи повні втрати тепла в метантенку доцільно порівняти їх з можливою виробленою енергією отриманого біогазу.

Енергія біогазу, яка виробляється протягом доби, визначається за формулою:

$$E_{\text{б}} = V_{\text{б}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{б}},$$

де: $E_{\text{б}}$ – енергія біогазу, яка виробляється протягом доби, МДж/добу; $V_{\text{б}}$ – об'єм виробленого за добу біогазу, м³/добу; $Q_{\text{н}}^{\text{б}}$ – нижча теплота згоряння біогазу, МДж/м³.

Об'єм виробленого за добу біогазу визначається за формулою:

$$V_{\text{б}} = \frac{m_{\text{ACP}} \cdot b \cdot j}{100}.$$

де: m_{ACP} – кількість абсолютно сухої речовини гною, що завантажується в метантенк за добу, кг/добу; b – вихід біогазу з одиниці органічної речовини, м³/кг; j – ступінь розкладання органічної речовини, %.

Маса абсолютно сухої органічної речовини гною m_{ACP} визначається із виразу:

$$m_{ACP} = \frac{M_{доб} \cdot (100 - W_r^H)}{100}$$

де $M_{доб}$ – добова маса сировини, що надходить на переробку, кг/добу; W_r^H – необхідна відносна вологість гною, %.

Максимальний вихід біогазу b на стадії найбільш інтенсивного метаногенезу залежить від хімічного складу біомаси, який визначається видом тварин і відповідно раціоном, який вони одержують. Із 1 кг сухої речовини гнойової біомаси, внесеної в реактор біогазової установки, теоретично можна одержати в середньому 0,4-0,6 м³ біогазу. Враховуючи те, що лише 40-50% сухої речовини гною у процесі метаногенезу трансформується в біогаз, реальний вихід біогазу із 1 кг сухої речовини гною великої рогатої худоби становить у середньому 0,2-0,5 м³, а з еквівалентної маси свинячого гною – 0,3-0,7 м³ (при умові, що реактор працює на мезофільному режимі). Із біомаси курячого посліду біогазу виходить більше, ніж із гною великої рогатої худоби або свиней. При ферментації екскрементів від однієї тварини можна отримати біогазу в середньому за добу: великої рогатої худоби (жива маса 500-600 кг) – 1,5 м³, свиней (жива маса 80-100 кг) – 0,2 м³, курей або кролів – 0,015 м³. Середній вихід біогазу із різних субстратів при роботі метантенка на мезофільному режимі представлений.

Ступінь розкладання органічної речовини під час метанового бродіння z представлений в табл. 3.2 додатка 3.

Нижча теплота згоряння біогазу Q_H^6 визначається за формулою Д.І. Менделєєва:

$$Q_H = 128CO + 108H_2 + 234H_2S + 339CH_4 + 589C_nH_m,$$

де Q_H – нижча теплота згоряння, кДж/кг; CO , H_2 , CH_4 , C_nH_m – склад газоподібного палива, відсотки за об'ємом при нормальних умовах (0 °С, тиск 760 мм рт.ст.).

Теплоту згоряння біогазу, що містить вологу, підраховують за формулою:

$$Q_H^W = 0,805 \cdot Q_H / (0,805 + W);$$

де Q_H^W – нижча теплота згоряння палива, що містить вологу, кДж/кг; 0,805 – маса 1 м³ водяної пари, кг; W – вміст води в 1 м³ газу, кг.

Корисне загальнодобове виробництво енергії біогазовою установкою визначається виразом:

$$E_{к.б} = E_б - E_{Т.М}.$$

де $E_{к.б}$ – корисне загальнодобове виробництво енергії біогазовою установкою, МДж/добу

Коефіцієнт товарності біогазової установки становить:

$$K_{\delta} = \frac{E_{к.б}}{E_{\delta}},$$

де K_{δ} – коефіцієнт товарності біогазової установки.

Річна енергетична ефективність біогазової установки визначається за формулою:

$$PEE_{\delta} = E_{к.б} \cdot t_{роб.річн.},$$

де PEE_{δ} – річна енергетична ефективність біогазової установки, МДж/рік; $t_{роб.річн.}$ – річний час роботи біогазової установки, діб.

Економія умовного палива за рахунок отриманого протягом року біогазу становить:

$$B_{y.n.} = \frac{PEE_{\delta}}{Q_y},$$

де $B_{y.n.}$ – річна економія умовного палива, кг; Q_y – теплота згорання умовного палива, МДж/кг.

Висновок. Вважають, що біогазова установка виробляє біогаз впродовж 350 діб (на профілактичний ремонт біогазової установки дається 15 діб). За умовне паливо приймається кам'яне вугілля з нульовою вологістю, теплота згорання якого становить 7000 кКал/кг (29,3 МДж/кг).

Список літератури

1. *Етиловий спирт* / В.М. Стабников, П.М. Мальцев, І.М. Ройтер, Б.Д. Метюшов ; за ред. В.М. Стабникова. – К.: Державне видавництво технічної літератури УРСР, 1959. – 336 с.
2. *Про стан використання біодизеля та біоетанолу у світі та в Україні. Аналітична записка* / [Електронний ресурс] / Экологические системы. Электронный журнал энергетической компании ЭСКО. – 2009. – № 6. – 19/03/2010 // Режим доступу до журн.: http://esco-ecosys.narod.ru/2009_6/art026.htm.
3. *Мировой рынок биоэтанола в 2007 году* / [Електронний ресурс] / Abercade Consulting. 18/03/2010 // Режим доступу до журн.: <http://www.abercade.ru/research/analysis/425.html>.
4. *Василов Р.Г.* Перспективы развития биотоплива в России. Сообщение 2. Биоэтанол / Р.Г. Василов / Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2007. – Т.3. – №2. – С. 50–60.
5. *Енергобіотехнологія* : [курс лекцій для студ. Сільськогосп. Вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 248 с.

Рассмотрены принципы методики расчета энергетического баланса метантенка. Проанализированы факторы, которые участвуют в формировании методики расчета энергетического баланса метантенка.

Методы, энергетика, баланс, метантенк.

*Principles of method of calculation of energy balance digesters.
Factors that are involved in shaping methodology of calculation of energy
balance digesters.*

Methods, energy balance, digesters.

УДК 631.5

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

***В.М. Зубко, кандидат технічних наук
Сумський національний аграрний університет***

Стаття присвячена питанню підвищення врожайності озимої пшениці, шляхом ефективного використання сільськогосподарських машин, що роблять істотний вплив на рівень ефективності вирощування сільськогосподарських культур.

Озима пшениця, біологічні особливості, сільськогосподарські машини, збереження біологічної врожайності.

Постановка проблеми. Проблема полягає в тому, що необґрунтоване використання енергетичних засобів та с.-г. машин, при вирощуванні та збиранні озимої пшениці, супроводжується високими втратами врожаю, що веде до зростання собівартості кінцевої продукції, збільшення засміченості поля падалицею і, як результат, до зростання витрат на його післязбиральний обробіток.

Аналіз останніх досліджень. Аналізуючи історію з початку минулого століття – революції, голодомори, дві світові війни, постійні перебудови забрали найбільшу кількість населення на території України. В той же час населення, земного шару збільшується і через декілька десятиліть буде становити близько дев'яти мільярдів чоловік, а це критична чисельність, яку може прогодувати земля. Якщо у 1950 році у світі на 1 га землі припадало менше 2 чоловік, у 2000 році – більше 4, то вже у 2030 році їх буде більше 7 чоловік. Стає очевидним, що найбільш прибутковим бізнесом є виробництво продукції рослинництва [1].

При вирощуванні зернових культур завжди виділяють дві складові врожаю: основна продукція – зерно та побічна – солома. Зібраний врожай зернових є головним джерелом для виробництва продуктів харчування для людства, високоенергетичних та продуктивних кормів для різних сільськогосподарських тварин,

© В.М. Зубко, 2013