

УДК 631.3.001.4

UDC 631.3.001.4

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

THEORETICAL BASE OF STRUCTURAL AND REGIME PARAMETERS OF FLUIDIZER PROCESSING OF BIRD DUNG

Хамоков Марат Мухамедович
старший преподаватель

Hamokov Marat Muhamedovich
senior lecturer

Шекихачев Юрий Ахметханович
д.т.н., профессор

Shekihachev Yury Ahmethanovich
Dr.Sci.Tech., professor

Алоев Владимир Закиевич
д.х.н., профессор
Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия им. В.М.Кокова, Нальчик, Россия

Aloev Vladimir Zakievich
Dr.Sci.Chem., professor
Kabardino-Balkarian state agricultural academy of V.M.Kokov, Nalchik, Russia

Курасов Владимир Станиславович
д.т.н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Kurasov Vladimir Stanislavovich
Dr.Sci.Tech., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Фиапшев Амур Григорьевич
к.т.н., доцент

Fiapshev Amur Grigorevich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Кишев Мухамед Азреталиевич
к.т.н., доцент
Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия им. В.М.Кокова, Нальчик, Россия

Kishev Muhamed Azretalievich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Kabardino-Balkarian state agricultural academy of V.M.Kokov, Nalchik, Russia

В статье приведены результаты теоретического исследования процесса анаэробного сбраживания птичьего помета. Теоретически обоснована конструктивно-технологическая схема установки для утилизации птичьего помета, обоснованы конструктивные и режимные параметры предлагаемой установки

The results of theoretical research of process of anaerobic fermentation of bird dung are brought in the article. In theory, the structurally-technological chart of fluidizer is reasonable utilization of bird dung, the structural and regime parameters of the offered setting are reasonable

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, БИОГАЗ, ПЕРЕРАБОТКА, УСТАНОВКА

Keywords: TECHNOLOGY, BIOGAS, PROCESSING, INSTALLATION

Вопрос размещения птичников является одним из наиболее серьезных с точки зрения воздействия на окружающую природную среду. Отметим также и экономический аспект, определяемый тем ущербом, который сопровождает размещение отходов производства, и оплачиваемый по специальным, достаточно высоким тарифам. Решение данной проблемы и

обусловило значительный интерес к использованию технологий анаэробного сбраживания отходов птицеводства.

Анаэробное метановое сбраживание навоза и других отходов сельскохозяйственного производства, позволяет получать биогаз, ценное органическое удобрение с повышенной биологической активностью, либо белково-витаминные концентраты для обогащения ими кормов. Такая переработка навоза - наиболее эффективное природоохранное мероприятие, обеспечивающее его дезодорацию, снижение загрязнения почвенного покрова, водных ресурсов и атмосферы загрязняющими веществами и патогенной флорой.

Применение биогазогумусных установок как альтернативных источников энергии во многом определяется ее конструктивными характеристиками и отработанными технологическими режимами.

Для выбора оптимальной конструкции метантенка необходимо исследовать процессы теплообмена и теплопередачи, протекающие в биогазогумусной установке.

Тепловая мощность, необходимая для работы установки в термофильном режиме после ее ввода в рабочее состояние определяется тепловыми потерями самой установки. При загрузке сырья протекают процессы теплообмена непосредственно в объеме установки с повышением температуры помета до температуры протекания термофильного режима. Данные процессы могут быть описаны уравнениями неравновесной термодинамики с учетом перекрестных эффектов. При этом необходимо совместное решение уравнений теплопереноса и массопереноса. Результатом данного моделирования может быть распределение температуры и концен-

трации органических частиц в объеме метантенка. Учтем, что источником тепла будет являться котел. При этом задача будет решаться с граничными условиями, аналогичными для стационарных процессов.

Рассмотрим процесс распределения концентрации частичек птичьего помета реакций и градиента температуры. Воспользуемся методами неравновесной термодинамики [1-4].

Тепловой поток Q , передаваемый при конвективном теплообмене, определяется по формуле Ньютона:

$$Q = \alpha_k \cdot F \cdot (t_{ж} - t_c), \quad (1)$$

где F - поверхность соприкосновения теплоносителя со стенкой;

α_k - коэффициент теплопередачи данной ограждающей конструкции;

$t_{ж}$ и t_c - температуры теплоносителя и поверхности стенки.

Рассмотрим однослойную стенку толщиной d коэффициент теплопроводности, которой равен $-\lambda$. Температура на границах стенки t_1 и t_2 , причем $t_1 > t_2$. На основании закона Фурье:

$$q = -\lambda \cdot \text{grad}.t. \quad (2)$$

Можно для градиента температуры получить:

$$\text{grad}.t = -\left(\frac{q}{\lambda}\right) dx. \quad (3)$$

Проинтегрировав данное выражение, получим линейный закон изменения температуры по толщине стенки:

$$t = -\left(\frac{q}{\lambda}\right) \cdot x + \text{const}. \quad (4)$$

Учитывая граничные условия для поверхностной плотности теплового потока можно записать:

$$q = \frac{\lambda \cdot (t_1 - t_2)}{\delta}. \quad (5)$$

Аналогичные записи можно получить и для двух-, трехслойной стенки, наиболее часто встречаемом случае с использованием теплоизоляции. Для двухслойного варианта:

$$q = \frac{(t_1 - t_2)}{\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right)} = \frac{\Delta t}{\sum R}, \quad (6)$$

где $\sum R$ – общее термическое сопротивление, равное сумме термических сопротивлений слоев.

Для теплового потока всей поверхности метантенка в этом случае можно записать:

$$Q = \frac{F \cdot \Delta t}{\sum R}. \quad (7)$$

где F - общая величина расчетной площади ограждающей конструкции, m^2 .

С учетом проведенных выше теоретических выкладок разработана конструктивно-технологическая схема биогазогумусной установки [5] (рис. 1), работающая на принципе вертикального смешения и вытеснения. Метантенк установлен на металлических опорах, обеспечивающих свободный доступ к выгрузному устройству.

Поддержание температуры обеспечивается газовым котлом. Газ на подогрев подводится из газгольдера. Через загрузочное устройство исходная масса поступает в бродильную камеру метантенка, где протекает про-

цесс анаэробного сбраживания. После первой загрузки происходит ежесуточная загрузка исходной массы в камеру метантенка.

После перебраживания масса всплывает и поступает самотеком в разгрузочное устройство.

Выделяющийся при сбраживании биогаз поступает в мокрый газгольдер. Мокрый газгольдер выполнен из двух цилиндрических металлических емкостей типа стакан в стакане.

Для удаления осадка из крупных частиц на дне метантенка имеется выходной патрубок, позволяющий производить очистку метантенка.

Для контроля за работой метантенка и профилактического осмотра в нем расположены смотровые отводы, и люк в верхней части крышки метантенка.

Данная установка отличается от известных тем, что конусная нижняя часть метантенка заменена скошенным цилиндром, в нижней части которого расположен отвод для выгрузки твердого осадка. Газгольдер снабжен гидрозатвором.

Для обогрева метантенка используется газовый котел. Для обеспечения более эффективной ее работы метантенк имеет водяную рубашку. Для контроля и регулировки температуры используется терморегулятор.

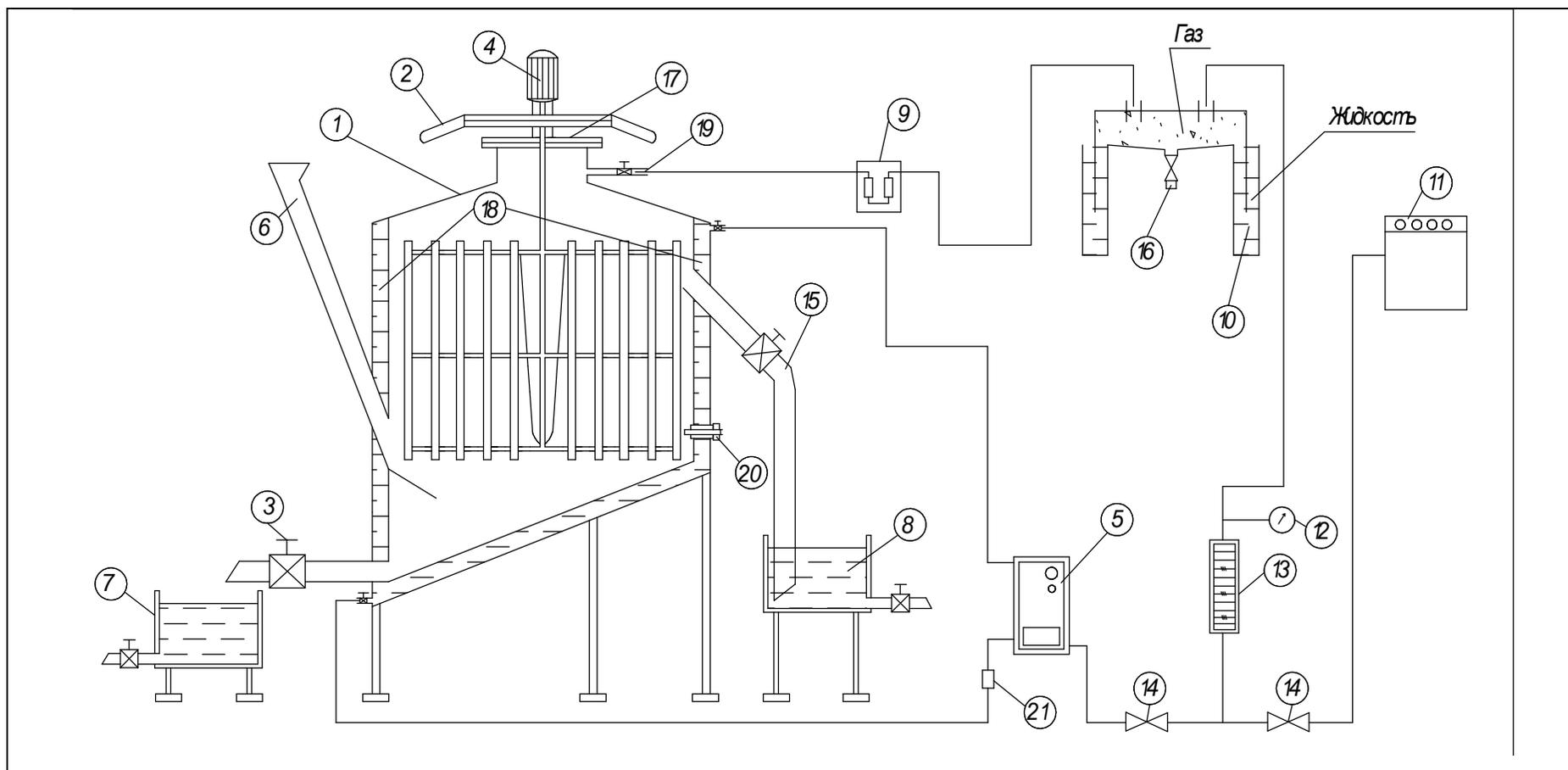


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема биогазогумусной установки

1 – метантенк; 2 – мешалка; 3 – выгрузной вентиль; 4 – электродвигатель; 5 – газовый котел; 6 – загрузочная горловина; 7 – отработанная масса; 8 – приемный резервуар; 9 – гидрозатвор; 10 – газгольдер; 11 – потребитель газа; 12 – контрольный прибор; 13 – искрогаситель; 14 – обратный клапан; 15 – разгрузочное устройство; 16 – выходной патрубок; 17 – смотровые отводы и люк; 18 – водяная рубашка; 19 – выход биогаза; 20 – терморпарный регулятор; 21 - насос

Для обеспечения взрывобезопасности установки нами разработаны отсекаТЕЛЬ пламени и специальный гидрозатвор. Отсекатель состоит из металлического цилиндра, внутренний объем которого наполнен металлической стружкой. Гидрозатвор состоит из V-образной стеклянной трубки, наполненной на 0,3 объема водой. Газгольдер к установке разработан и изготовлен поплавкового типа. В отличие от известных, предлагаемый газгольдер имеет гораздо меньший начальный объем. Это достигается специальным размещением вкладываемых друг в друга емкостей. Газгольдер снабжен гидрозатвором, одновременно выполняющим роль конденсатора влаги.

Рассмотрим значения термического сопротивления для каждой из составляющих ограждения метантенка. Стенка метантенка выполнена из листовой стали толщиной 5 мм. На поверхности стенки закреплен теплоизоляционный материал. Для данной ограждающей конструкции получим:

- для стальной цилиндрической оболочки теплопроводность $I = 74Bm/(м \cdot ^\circ C)$, величина термического сопротивления

$$R = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ C / \text{Вт},$$

где $\sum_{i=1}^{i=m} \frac{d_i}{I_i}$ - сумма термических сопротивлений теплопроводности

отдельных слоев m – слойного ограждения толщиной $d_{i,m}$, выполненных из материалов теплопроводностью $I_i, Bm/(м \cdot ^\circ C)$;

$$R_{ст} = \frac{0,005}{74} = 0,000067 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ C) / \text{Вт};$$

- в случае использования теплоизоляционного слоя из пенопластных плит, значения теплопроводности для которых $I = 0,048Bm/(м \cdot ^\circ C)$, определим величину термического сопротивления

$$R_{\text{из}} = \frac{0,05}{0,048} = 1,041 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт};$$

- величина R определяется как сумма термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R = R_{\text{ст}} + R_{\text{из}}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт},$$

$$R = 0,000067 + 1,041 = 1,041067 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

Величина теплового потока для конкретного случая перепада температуры между внутренней и наружной температурой в г. Нальчике за отопительный (зимний) период $Dt = 53,4 \text{ °C}$ в этом случае равна:

$$Q_{\text{огр}} = \frac{F}{R} \cdot (t_1 - t_2), \text{ Вт},$$

где $t_1 = 54 \text{ °C}$ – оптимальная рабочая температура массы

$t_2 = 0,6 \text{ °C}$ – средняя температура в Нальчике за отопительный (зимний) период

$$Q_{\text{огр}} = \frac{7,9}{1,041067} \cdot 53,4 = 405,22 \text{ Вт}.$$

Следовательно для поддержания термофильного режима в установке необходимо иметь источник тепловой энергии мощностью $Q_{\text{огр}} = 406 \text{ Вт}$.

Для получения такой мощности можно использовать часть получаемого в установке биогаза. Теплотворная способность такого биогаза $C_6 = 24 \text{ МДж/м}^3$.

Следовательно, расход биогаза с учетом КПД нагревательного устройства $\eta = 0,8$ можно определить, зная необходимую требуемую тепловую мощность:

$$V = \frac{Q_{\text{огр}}}{C_6 \cdot \eta}, \text{ м}^3 / \text{с},$$

$$V = \frac{406}{24000000 \cdot 0,8} = 21,146 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Тепловые потери за счет нагрева исходной поступающей массы ($Q_{\text{пом}}$) можно определить по следующей методике.

Ежедневное поступление исходного материала для метантенка (помета) можно определить исходя из расчетных характеристик метантенка полезным объемом $2,85 \text{ м}^3$. Учитывая максимальный период сбраживания, равный 11 суткам, ежесуточная загрузка метантенка составит

$$G_{\text{м}} = 0,25 \text{ м}^3 / \text{сут} = 0,00289 \text{ кг} / \text{с}.$$

Затраты теплоты на нагревание холодных материалов $Q_{\text{пом}}$ определяются по формуле:

$$Q_{\text{пом}} = \frac{G_{\text{м}} \cdot (t_1 - t_2) \cdot C_{\text{п}}}{\eta}, \text{ Вт}.$$

где $h = 0,8$ – КПД нагревательного устройства;

$C_{\text{п}} = 4,06 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ – теплоемкость помета.

Следовательно, для данного варианта метантенка затраты теплоты на нагрев исходного сырья (птичьего помета) с 10 до 54°C :

$$Q_{\text{пом}} = \frac{0,00289 \cdot (54 - 10) \cdot 4,06}{0,8} = 0,5163 \text{ кВт} = 516,3 \text{ Вт}.$$

Расход биогаза на нагрев, как подготавливаемой массы, так и поддержание рабочего режима метантенка с учетом КПД котла и горелки $\eta=0,8$ определим по величине суммарной требуемой тепловой мощности:

$$Q = Q_{\text{пом}} + Q_{\text{огр}}, \text{ Вт},$$

$$Q = 516,3 + 406 = 922,3 \text{ Вт},$$

$$V = \frac{Q}{C_{\text{б}} \cdot \eta}, \text{ м}^3 / \text{с},$$

$$B = \frac{922,3}{24000000 \cdot 0,8} = 48,036 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с} = 17,41 \text{ л/ час}$$

Такой расход тепловой энергии вполне согласуется с техническими характеристиками используемых на практике горелок.

Список использованной литературы

1. Де Гроот, С. Неравновесная термодинамика [Текст] / С.Де Гроот, П. Мазур. - М.: Мир, 1964.-456 с.
2. Сассон, А. Биотехнология: свершения и надежды [Текст] / А. Сассон.- М.: Мир, 1987.- 353 с.
3. Амерханов, Р.А. Теплоэнергетические установки и системы сельского хозяйства [Текст] / Р.А. Амерханов, А.С. Бессараб, Б.Х. Драганов, С.П. Рудобашта, Г.Г. Шишко.- М.: Колос пресс, 2002.-424 с.
4. Амерханов, Р.А. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства [Текст] / Р.А. Амерханов, Б.Х. Драганов.- Краснодар, 2001.-200 с.
5. Хамоков, М.М. Методика определения теплового баланса метантенка биогазозоумусной установки / М.М Хамоков, А.Г. Фиапшев // Материалы международной научно-практической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве».- М., 2006.- С. 88-95.