

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;

$\alpha_k$  - 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.

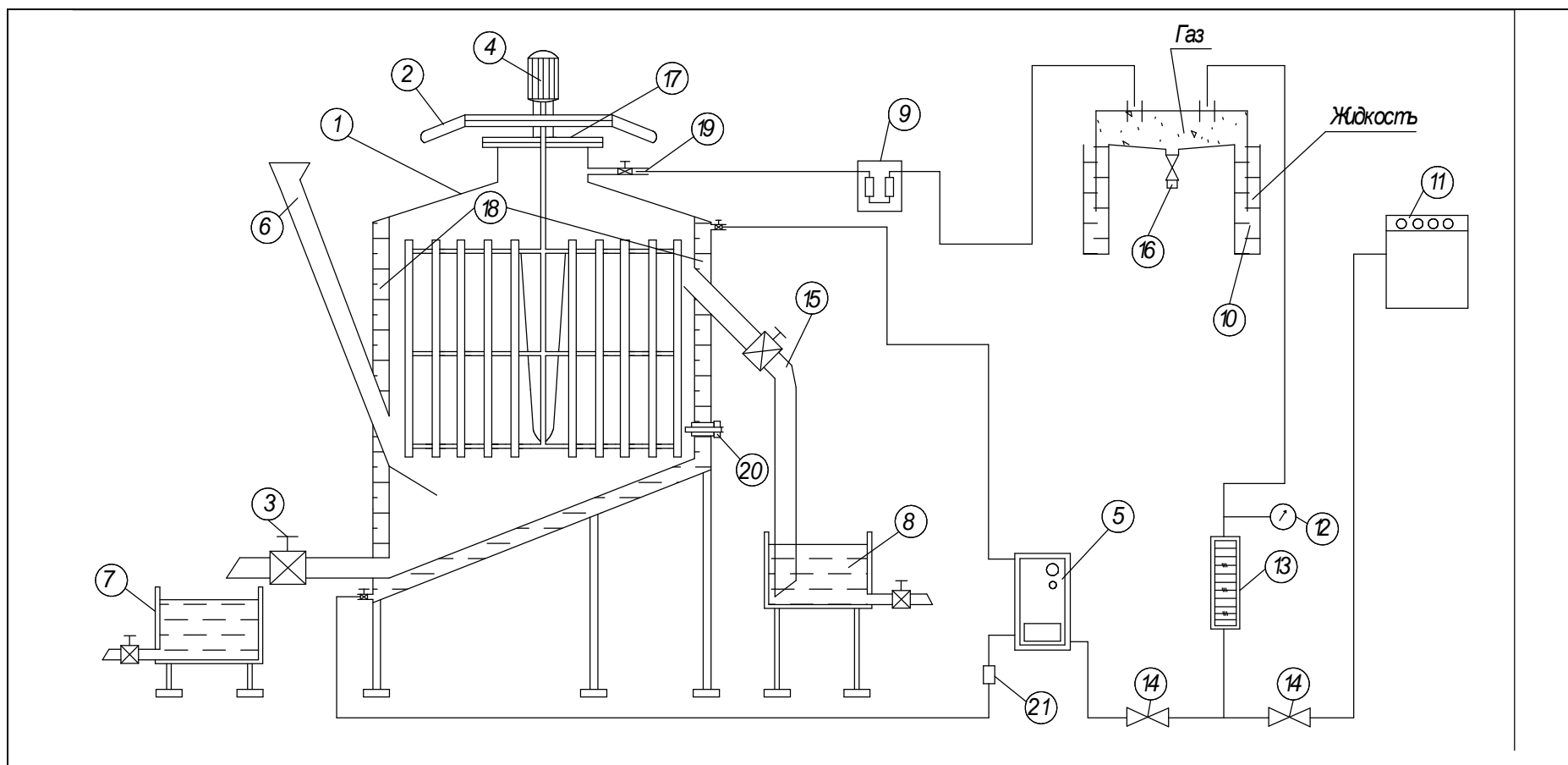


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема биогазосумусной установки

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  $I_i, Bm/(м \cdot ^\circ C)$ ;

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

- 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  $54^{\circ}\text{C}$ :

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

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.