

*Тлебаев М.Б., Тажиева Р. Н., Айтбаева З.К., Нуржигитова Ж.Н.*

## УЧ БАСКЫЧТУУ ЖОГОРКУ ЫЛДАМДЫКТАГЫ БИОГАЗДЫК КУРУЛМАНЫ ИШТЕП ЧЫГУУ ЖАНА ПРОЕКТИРЛӨӨ

*Тлебаев М.Б., Тажиева Р.Н., Айтбаева З.К., Нуржигитова Ж.Н.*

## РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРЕХСТУПЕНЧАТОЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

*М.В. Tlebaev, R.N. Tazhieva, Z.K. Aitbaeva, Zh.N. Nurzhigitova*

## DEVELOPMENT AND DESIGN OF HIGH TWO-STAGE BIOGAS PLANT

УДК: 004:628.336.6

Макаланын максаты – үч баскычтуу биогаздык курулманы проектирлөө жана максималдык өлчөмдө чыгаруучу биогазды алуу. Автор тарабынан негизги параметрлери 50 баш бодо малга эсептелинген биогаздык курулманы конструкциялоо каралган. Бактерияларга оптималдуу жашоо шартын камсыз кылуу үчүн, метантенка сыйымдуулук идишинин биогаздык курулмасынын толук колдонулушуна мүмкүнчүлүк түзүүчү, метандык ачытылышынын технологиясы сунушталган. Биринчи баскычында көмүр кычкыл газы бөлүнүп чыгат, бул болсо биотапкы чийки заттын потенциалын жогорулатат.

**Негизги сөздөр:** биогаз, ачытылыш процесси, субстрат, ферментация, метантенк, кавитациондук иштетилиш, бир баскычтуу, үч баскычтуу.

Цель статьи - проектирование трехступенчатой биогазовой установки и получение максимального выхода биогаза. Автором рассмотрена конструкция биогазовой установки и расчет ее основных параметров, рассчитанный на 50 голов крупно-рогатого скота. Предложена технология метанового сбраживания, позволяющая наиболее полно использовать емкости метантенка биогазовой установки, для создания бактериям оптимальных условий жизнедеятельности. На первой стадии выделяется углекислый газ, что увеличивает потенциал исходного сырья.

**Ключевые слова:** биогаз, процесс брожения, субстрат, ферментация, метантенк, кавитационная обработка, одноступенчатый, трехступенчатый.

The purpose of the article - a two-stage design of the biogas plant and obtaining maximum yield of biogas. The author discussed the construction of a biogas plant and the calculation of its basic parameters for up to 50 head of cattle. A methane fermentation technology that enables the best use of capacity digester biogas plant, to create optimal living

conditions for bacteria. The first stage produces carbon dioxide that increases the capacity of the feedstock.

**Key words:** biogas fermentation process, the substrate fermentation digester, cavitation processing, single-stage, three-stage.

Во всех существующих биогазовых установках процессы расщепления протекают параллельно, то есть они не разделены ни территориально, ни во времени. Такие технологии называют одноступенчатыми и время необходимое для переработки массы в таких установках очень большое и количество получения биогаза низкое. Это естественно приводит к увеличению объема реактора. Если исходить из экономических соображений, то необходимо сократить время пребывания субстрата в реакторе и интенсифицировать процесс брожения с целью увеличения выхода биогаза [1].

Для стадий, в которых субстраты быстро расщепляются и из-за этого имеют склонность к окислению, лучше всего в период гидролиза и окисления предусмотреть отдельную емкость. И потом уже из него разложившиеся продукты дозировано подавать на другие стадии ферментации. Преимущества такой обработки заключаются в повышении эффективности работы бактерий благодаря созданию им оптимальных условий жизнедеятельности и выделению уже на первой стадии сопутствующего метану углекислого газа. Тогда на других стадиях можно получить выделение максимального количества биогаза, кроме этого получается биогаз с более высоким содержанием метана (рисунок 1) [2].

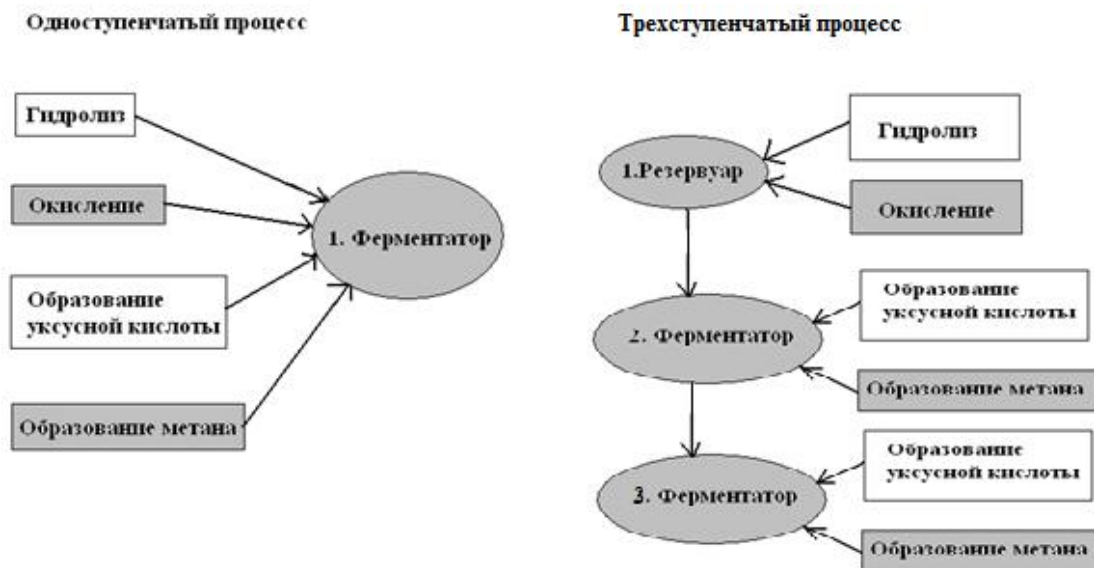


Рисунок 1. Трехступенчатая стадия образования биогаза.

#### Расчет объема первой емкости предлагаемой биогазовой установки.

Проектирование биогазовой установки рассчитано на 50 голов крупного рогатого скота.

В первую очередь определяем общую массу навоза, получаемую от 50 коров в течение суток. Суточное поступление биомассы вычисляется по следующей формуле [3]:

$$m_{\text{бн}} = \sum N_{\text{ж}j} \cdot m_{\text{уд}j} = 50 \text{ гол} \cdot 30 \text{ кг/сут} = 1500 \text{ кг} \quad (1)$$

где,  $N_{\text{ж}j}$  - количество животных  $j$ -го вида, гол;  
 $m_{\text{уд}j}$  - суточный выход экскрементов от  $j$ -го животного, кг/сут.

Выход навоза от крупного рогатого скота прием равным 30 кг/сут [1].

Учитывая что общий объем навоза должен быть меньше 2/3 объема емкости новый объем можно вычислить по формуле 3:

$$V_{\text{кон}} = 2 \cdot V_{\text{шт}} = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}^3 \quad (3)$$

Первая емкость представляет собой параллелепипед, его объем вычисляется по формуле 4:

$$V = a \cdot b \cdot h \quad (4)$$

Чтобы получить нужный нам объем возьмем ширину  $b = 1,25 \text{ м}$ , длину  $a = 1,25 \text{ м}$  и высоту  $h = 2 \text{ м}$ . Таким образом получаем объем:

$$V = 1,25 \cdot 1,25 \cdot 2 = 3,1 \text{ м}^3$$

Конечный вид емкости изображен на рисунке 2.

Доля органических веществ в экскрементах сухого вещества составляет около 75—85%. Навоз крупного рогатого скота содержит углерод и азот в отношении 15-16. Моча животного содержит примерно 50% азота, который выделяется вместе с экскрементами.

Определим объем метантенка – первой стадии, где сбраживается субстрат и выделяется  $\text{CO}_2$  [3]:

$$V_{\text{шт}} = \frac{(0,7 \dots 0,9) \cdot m_{\text{бн}} \cdot t_{\text{бн}}}{\rho_{\text{бн}}} = \frac{(0,8 \cdot 1500 \cdot 1)}{900} = 1,5 \text{ м}^3 \quad (2)$$

где,  $t_{\text{бн}}$  – продолжительность брожения, сут;

$\rho_{\text{бн}}$  – плотность сбраживаемой биомассы,  $\text{кг/м}^3$ .

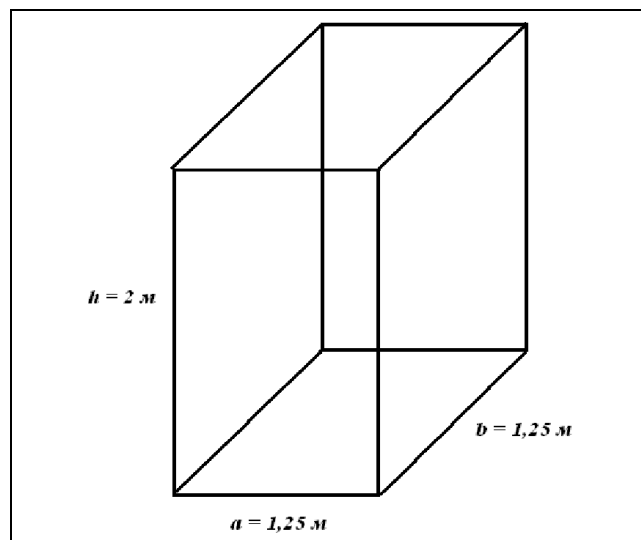


Рисунок 2. Емкость для первичной обработки субстрата.

**Рассчитаем объем внутренней (основной) емкости.**

Вычислим объем занимаемый субстратом по формуле 2:

$$V_{\text{шт}} = (0,8 \cdot 1500 \cdot 5) / 800 = 10,5 \text{ м}^3$$

Если принять высоту внутренней емкости равной 3 м., тогда радиус емкости можно рассчитать по следующей формуле [4]:

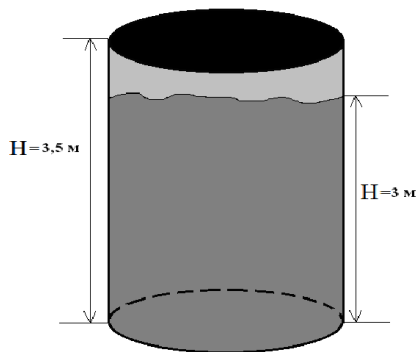
$$V = S_{\text{окр}} \cdot H = \pi R^2 H \quad (5)$$

для нахождения радиуса преобразуем формулу:

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{10,5}{3,14 \cdot 3}} \sim 1,05 \text{ м} \quad (6)$$

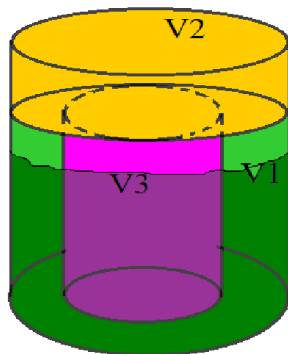
$$D = 2 \cdot R = 2 \text{ м}$$

Как видим на рисунке 3, над слоями есть пустое пространство. Это сделано для того, чтобы субстрат не переливался при перемешивании. Поэтому мы увеличим высоту на 0,5 м. Итого высота будет равна 3,5 м. А объем при данной высоте вычислим по формуле 5:  $V = 3,14 \cdot 1^2 \cdot 3,5 \sim 11 \text{ м}^3$



**Рисунок 3.** Третья (основная) ступень сбраживания.

На рисунке 4 изображен внутренний метантенк расположенный в трехступенчатом метантенке. Из рисунка следует что, чтобы найти объем только внешней части трехступенчатого метантенка нужно суммировать две области окрашенные желтым и зеленым цветом, для нахождения же объема всего метантенка нужно суммировать объемы всех областей, т.е.



**Рисунок 4.** Двухступенчатый метантенк.

$$V_{\text{внешн. части}} = V_1 + V_2 \quad (7)$$

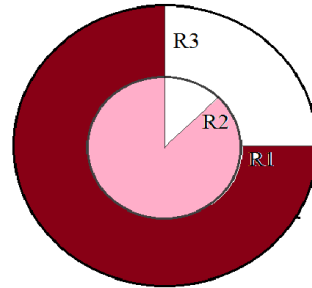
$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (8)$$

Объем  $V_1$  заполняется субстратом массой 1,5 тонны из первой емкости реактора, а следовательно объем  $V_1$  будет равен объему первой емкости, т.е.  $V_1 = 1,5 \text{ м}^3$ .

Для того чтобы субстрат не переливался в основную емкость сбраживания мы примем высоту равной 3 м.

Чтобы вычислить радиус внешней части метантенка воспользуемся формулой 6:

$$R_1 = \sqrt{\frac{1,5}{3,14 \cdot 3}} \sim 0,5 \text{ м}$$



**Рисунок 5.** Нахождение внешнего радиуса.

Общая высота области  $V_1$  с учетом прибавки в 0,5 м составляет 3,5 м, исходя из этого объем  $V_1$  вычисляем по формуле:

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 3,5 \sim 2,7 \text{ м}^3$$

По рисунку 6 видно, что для области  $V_2$  высота  $H_2 = 0,5 \text{ м}$ . А на рисунке 5 видно что радиус для этой области равен сумме внутреннего и внешнего радиуса:

$$R_3 = R_2 + R_1 = 1,0 + 0,5 = 1,5 \text{ м} \quad (9)$$

Для определения объема  $V_2$  нам нужно воспользоваться формулой 5:

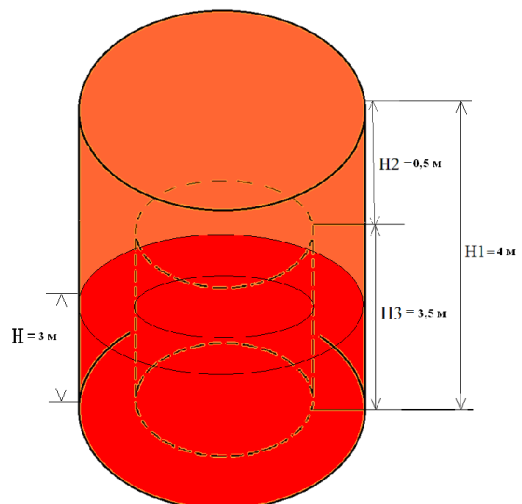
$$V_2 = 3,14 \cdot (1,5)^2 \cdot 0,5 \sim 3,5 \text{ м}^3$$

Тогда по формуле 7 объем внешней части метантенка будет равен:

$$V_{\text{внешн. части}} = 2,7 + 3,5 = 6,2 \text{ м}^3$$

Общий объем всего метантенка вычислим по формуле 8:

$$V_{\text{общ}} = 11 + 2,7 + 3,5 = 17,2 \text{ м}^3$$

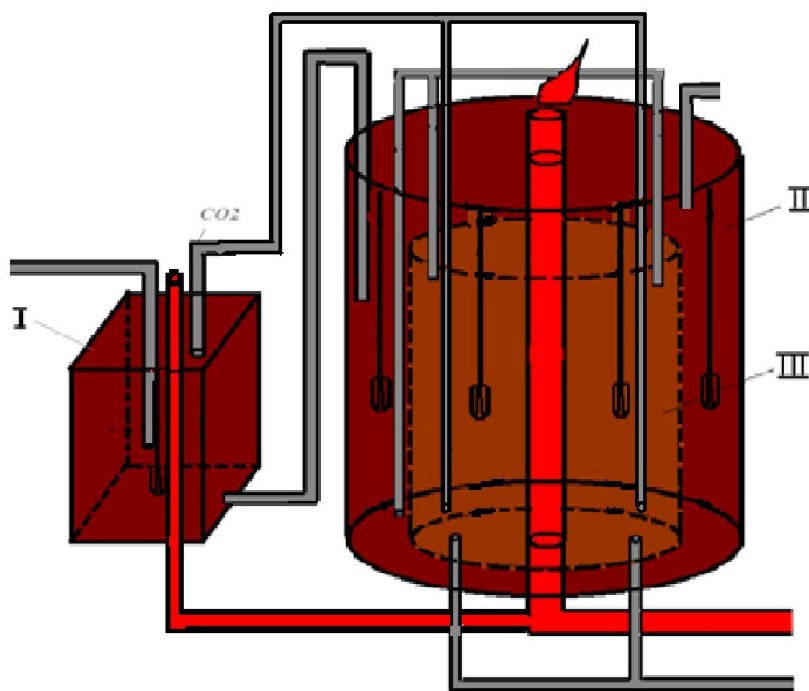


**Рисунок 6.** Нахождение высоты двухступенчатого метантенка.

Для определения общей высоты двухступенчатого метантенка состоящей из внутреннего реактора  $H_3 = 3,5$  м и соответственно для области  $V_2$  до-

бавляется высота  $H_2 = 0,5$  м., а значит общая высота равна сумме  $H_1 = 4$  м (Рисунок 6).

Общая схема биогазовой установки выглядит следующим образом (рисунок 7):



**Рисунок 7.** Модернизированная биогазовая установка с отделением на первой стадии  $\text{CO}_2$ .

Таким образом, предложена технология метанового сбраживания субстрата позволяющая наиболее полно использовать емкости метантенка биогазовой установки, созданию бактериям оптимальных условий жизнедеятельности, отделения углекислого газа на первой стадии и увеличения потенциала исходного сырья, за счет кавитационной обработки [5].

В данной статье разработана конструкция биогазовой установки, позволяющая организовать трехступенчатый нагрев субстрата за счет получаемого биогаза и непосредственного высокоскоростного преобразования субстрата в биогаз.

#### Литература:

1. Веденеев А.Г., Веденева Т.А. Введение в биогазовые технологии. - Б.: «Алтын Принт», 2012. - С. 40.

2. Волова Т.Г. Биотехнология. - Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 1999. - С. 252.
3. Кудряшова А.Г. Обоснование и разработка средств повышения энергоэффективности работы трехстадийного метантенка [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. к.т.н (2011) / Кудряшова А.Г.; ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - С.121.
4. Орлова Ю.А. Использование биогазовых установок для получения различных видов энергии // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Производство. Технология. Экология. ПРОТЭК», М.: СТАНКИН, 2006. - С. 29-32.
5. Уральский Федеральный Университет имени Первого Президента России Б.Н.Ельцина, "Авангард", "Анаэробная биогазовая установка для работы в зимних условиях".

Рецензент: д.т.н., профессор Уметов У.