

*Сахметова Гульмира Едиловна*

магистр техн. наук, докторант PhD,

старший преподаватель

*Шинибекова Райхан Алтынбековна*

докторант PhD, старший преподаватель

Южно-Казахстанский государственный

университет им. М.О. Ауэзова

г. Шымкент, Республика Казахстан

## **МАСШТАБИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРМЕТРОВ РЕАКТОРА- МОДУЛЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК БЛОЧНО- МОДУЛЬНОГО ТИПА**

*Аннотация:* в статье рассмотрены вопросы масштабирования биогазовых установок. Рассмотрены недостатки традиционных систем анаэробной обработки навоза. Произведено сравнение затрат энергии на собственные нужды биогазовой установки при мезофильном и термофильном режимах обработки. Показаны достоинства блочно-модульного принципа построения биогазовых установок.

*Ключевые слова:* биогаз, биогазовая установка, масштабирование, реактор-модуль, анаэробное брожение, мезофильный режим, термофильный режим.

Развитие технологии получения электроэнергии из биогаза непосредственно связано с обеспечением экологического благополучия населения. Поэтому биогазовые проекты должны пользоваться особыми мерами господдержки. В частности, увеличению объемов электроэнергии, получаемой из биогаза, способствует реализация комплекса мероприятий, связанных с ужесточением контроля над выбросами и утилизацией отходов, собираемостью экологических платежей. При существенном росте тарифов на электроэнергию и увеличивающихся экологических платежах биогазовые проекты демонстрируют высокую рентабельность и быструю окупаемость.

Проанализировав все конструкции биогазовых установок, которые применяются в мире, можно разработать основные принципы, по которым можно создавать биогазовые установки для небольших хозяйств [1]. Благодаря возможности простого масштабирования, можно собирать средние установки, причем наращивать объемы и мощности постепенно, по мере расширения животноводческого хозяйства.

Учитывая среднюю длительность цикла брожения в 20 суток и объем газового буфера в 20%, можно сказать, что один куб.м объема реактора имеет пропускную способность 40 литров субстрата с влажностью 86–92% в сутки. Поэтому применение нескольких емкостей, пропорционально увеличит общую пропускную способность установки.

Также возможна ситуация, когда необходимо увеличить пропускную способность уже имеющейся и работающей малой биогазовой установки. В этом случае простейшим решением также будет установка дополнительного реактора.

Несколько реакторов можно соединять последовательно или параллельно.

Биологические процессы, происходящие при анаэробном брожении делятся на 4 фазы, причем 1 и 2 фазы протекают очень быстро. Это накладывает ограничения на количество последовательно соединенных реакторов. Нет никакого смысла ставить последовательно больше 3 реакторов. Обычно в такой цепочке первый реактор работает в психрофильном тепловом режиме и обеспечивает первые две фазы брожения, то есть, является реактором гидролиза. Второй реактор включают в мезофильном режиме. Третий включают в мезофильном или термофильном режиме.

Реактор гидролиза нужен только для некоторых типов сырья, поэтому оптимальной является схема с двумя последовательными реакторами. Оба они могут работать в мезофильном режиме, но последний реактор можно включить и в термофильном режиме, что увеличит общую пропускную способность установки в 1,5 раза.

Если двух последовательных реакторов все равно будет мало, то можно подсоединять еще такие цепочки реакторов параллельно.

При таком добавлении реакторов пропускная способность увеличивается пропорционально увеличению суммарного объема реакторов, а стоимость увеличивается меньше, поскольку некоторые узлы остаются при этом неизменными. На рисунке 1 представлена традиционная технологическая схема установки [2].

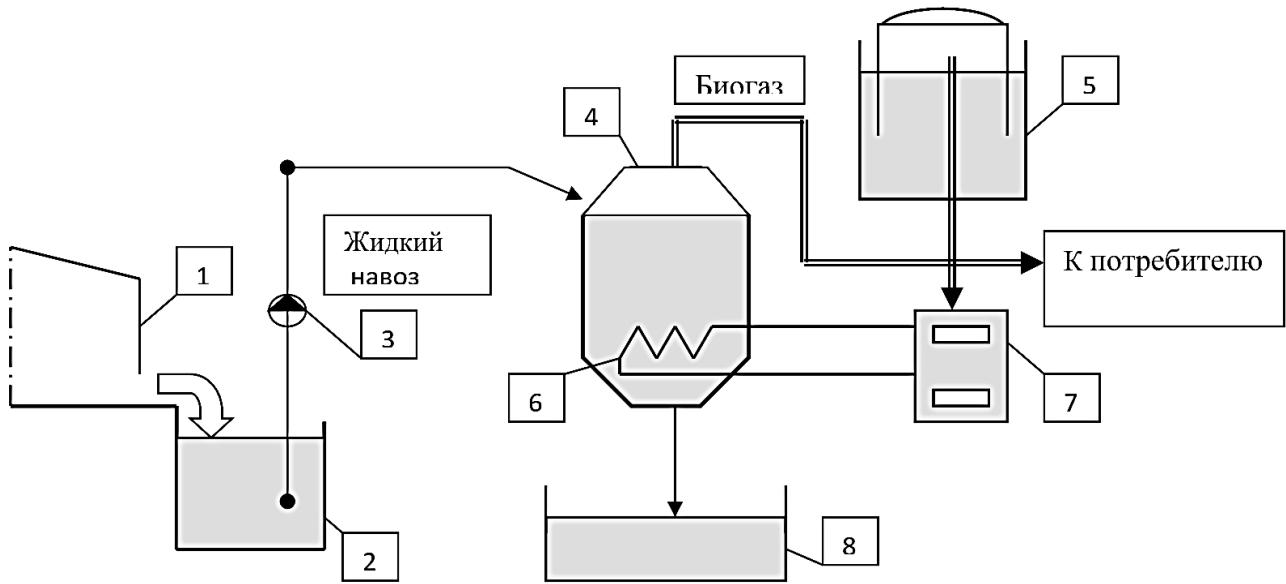


Рис. 1. Технологическая схема биогазовой установки для переработки жидкого навоза: 1 – животноводческое помещение; 2 – навозопреемник; 3 – насос; 4 – метантенк; 5 – газгольдер; 6 – теплообменник; 7 – котел; 8 – навозохранилище

У традиционных биогазовых установок есть ряд существенных недостатков.

Недостатки традиционных систем анаэробной обработки навоза:

- значительный объем реактора, вследствие чего необходимо проведение большого объема НИР и ОКР, а также значительных затрат на изготовление и монтаж оборудования;
- длительный период запуска, связанный с необходимостью накопления требуемого количества биомассы;
- высокая чувствительность системы к внешним воздействиям, поскольку обработка происходит в одном объеме;

- низкая производительность, связанная с неэффективным тепло и массообменом;
- низкая ремонтопригодность, т.е. при ремонте требуется остановка всей системы.

Таблица 1

Сравнение затрат энергии на собственные нужды биогазовой установки при мезофильном и термофильном температурных режимах обработки [3]

Параметр		Ед. изм.	Среднее за отопительный период	среднее за неотопительный период	Среднегодовое
Температура наружного воздуха	$t_b$	$^{\circ}\text{C}$	-3,1	11,3	4,1
Температура исходного субстрата	$t_1$	$^{\circ}\text{C}$	4	16	10
Теплота на нагрев всех суточных доз	$Q_{h1}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	7971,81	5072,97	6522,39
	$Q_{h2}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	5866,7	4486,3	5176,5
Теплота на компенсацию теплопотерь за время удержания	$Q_{k1}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	1311,117363	840,2921755	1075,704769
	$Q_{k2}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	827,2459272	622,2142344	577,9743864
Теплота с уходящим биогазом	$Q_{r1}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	73,024105	46,800985	59,912545
	$Q_{r2}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	79,28390556	59,63350556	69,45870556
Теплота на собственные нужды	$Q_{ch1}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	9355,951468	5960,063161	7658,007314
	$Q_{ch2}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	6773,229833	5168,14774	5823,933092
Электроэнергия на собственные нужды	$E_{ch1}$	$\text{kBt}^*\text{ч}$	462	462	462

Предложена технологическая схема биореактора-модуля новой конструкции для аэробной обработки стоков.

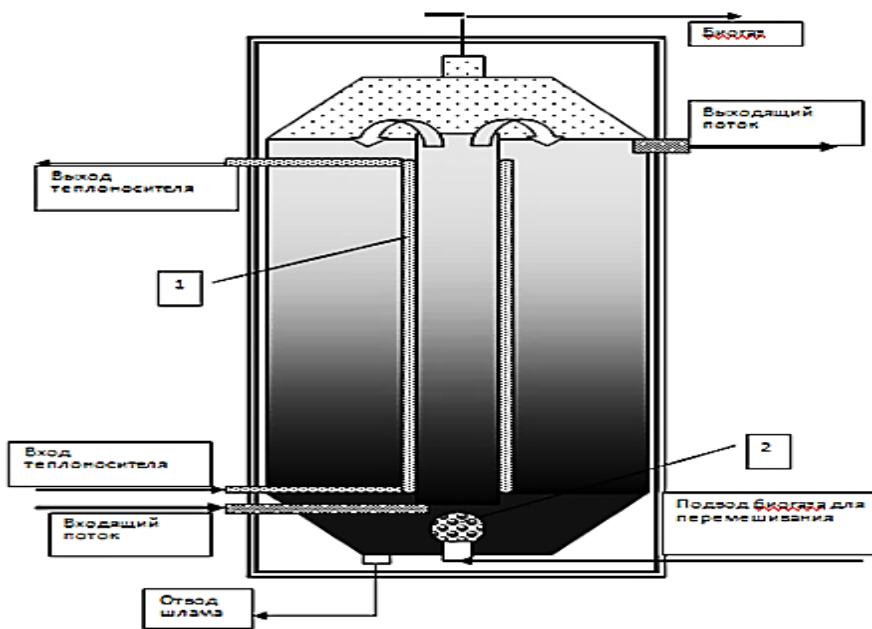


Рис. 2. Технологическая схема биореактора-модуля новой конструкции для аэробной обработки стоков: 1 – зона аэрации; 2 – зона отстаивания и осветления; 3 – перегородка; 4 – пневматический аэратор.

ИАИ – избыточный активный ил

Достоинства блочно-модульного принципа  
построения биогазовых установок:

1. Изготовление таких реакторов может быть наложено на многих машиностроительных заводах без проведения дополнительных НИР и ОКР, ввиду того, что их геометрия совпадает со стандартным емкостным оборудованием. Это также обеспечивает удобство их транспортировки и относительную простоту монтажа в хозяйственных условиях.

2. Система из нескольких реакторов – модулей обладает значительной устойчивостью к внешним воздействиям и высокой ремонтопригодностью, поскольку при аварии или ремонте одного реактора остальные продолжают нормально функционировать.

3. Система позволяет осуществлять быстрый и плавный запуск реакторов и вывод всей установки на заданную производительность, т.к. обработанный навоз в первом реакторе является инокулянтом для запуска других реакторов – модулей [4].

## Выводы

1. Термофильный режим сбраживания отвечает требованиям по обеззараживанию навоза и энергетической эффективности процесса, среднегодовые затраты тепловой энергии на собственные нужды установки при термофильном режиме меньше в 1,3 раза чем при мезофильном.

2. Объем реактора 60 м<sup>3</sup> вписывается в разрешенные транспортные габариты и рекомендуется для изготовления реакторов модулей на базе контейнеров морского типа (40 футов), что обеспечит удобство транспортировки и монтажа оборудования.

3. Конструктивные особенности предложенного реактора модуля позволяют осуществлять в нем эффективное перемешивание посредством рециркуляции биогаза и повысить его производительность за счет повышения давления в реакторном пространстве до 0,15 МПА, не выходя за ограничения Гостехнадзора по сосудам, работающим под давлением.

4. Масштабирование малых биогазовых установок позволит увеличить пропускную способность биогазовых установок.

### ***Список литературы***

1. Калужный С.В. Итоги науки и техники / С.В. Калужный, Д.А. Данилович, А.Н. Ножевникова // Биотехнология. – М.: ВИНИТИ, 1991. – Т. 29.
2. Ковалев А.А. Применение компрессионного теплового насоса в системе очистки навозных стоков с использованием предварительной аэробной обработки / А.А. Ковалев, Д.А. Ковалев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – №3 (8). – С. 184–189.
3. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – 1984.
4. Ковалев Д.А. Усовершенствованный анаэробный реактор в системе блочно-модульной биогазовой установки / Д.А. Ковалев, А.А. Ковалев // Научно-технический прогресс в животноводстве – ресурсосбережение на основе создания и применения инновационных технологий и техники. – Т. 18. – Ч. 4: Сб. научных трудов ГНУ ВНИИМЖ. – Подольск, 2008.