

ЧАСТЬ 3. БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ТИПЫ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Распространенные в мире типы биогазовых установок классифицируются по методам загрузки сырья, методам сбора биогаза, по используемым для их сооружения материалам, горизонтальному или вертикальному расположению реактора, подземной или наземной конструкции, а также по использованию дополнительных устройств.

Методы загрузки

По методу загрузки сырья можно различить два разных типа биогазовых установок:

Установки порционной загрузки полностью загружаются сырьем, а затем полностью освобождаются после определенного времени переработки. Для такого типа загрузки подходят установки любой конструкции и любой тип сырья, но такие установки отличаются нестабильным производством биогаза.

Установки непрерывной загрузки ежедневно загружаются маленькими порциями сырья. При загрузке нового сырья, равная порция переработанного шлама выгружается. Сырье, перерабатываемое в таких установках, должно быть жидким и однородным. Производство газа стабильно и количественно превышает объем вырабатываемого на порционных установках биогаза. Практически все строящиеся сейчас в развитых странах установки работают как установки непрерывной загрузки.

Методы сбора биогаза

Внешний вид биогазовых установок зависит от выбранного метода сбора биогаза.

Баллонные установки представляют собой термостойкий пластиковый или резиновый мешок (баллон), в котором совмещены реактор и газгольдер. Трубы для загрузки и выгрузки сырья крепятся прямо к пластику реактора. Давление газа достигается за счет растяжимости мешка и за счет дополнительного груза, который ложится на мешок. Преимущества такой установки – низкая стоимость, легкость перемещения, простота конструкции, высокая для психрофильного режима температура брожения, простота очистки реактора, загрузки и выгрузки сырья. Недостатки такой установки – короткий период эксплуатации (2–5 лет), высокая восприимчивость к внешним воздействиям, малая возможность создания дополнительных рабочих мест [8].

Вариантом баллонных установок являются установки канального типа, которые обычно закрываются пластиком и предохраняются от прямого попадания солнечных лучей. Такие установки часто используются в развитых странах, особенно при переработке сточных вод. Установки с мягким верхом могут быть рекомендованы к использованию тогда, когда существует малая вероятность повреждения резиновой оболочки реактора и когда температура окружающей среды достаточно высокая.



Рис.10. Баллонная установка в Шри-Ланке.

Источник: SNV Reference Guide on Climate Change and Rural Energy, 2004г.,
http://www.snvworld.org/cds/rgccre/ClimateChange_RuralEnergy.htm.



Рис.11. Установка канального типа.

Источник: «Biomass Energy Systems»,
ACRE, the Australian CRS for Renewable Energy Ltd,
<http://www.phys.murdoch.edu.au/acre/>.

Установки с фиксированным куполом состоят из закрытого, куполообразного реактора и выгрузочной емкости, также известной как компенсирующая емкость. Газ собирается в верхней части реактора - куполе. Когда загружается очередная порция сырья, переработанное сырье выталкивается в компенсирующую емкость. С увеличением давления газа повышается уровень переработанного сырья в компенсирующей емкости.

Китайские установки с фиксированным куполом (см. рис. 12) являются архетипом всех подобных установок. Более 12 миллионов таких установок было построено и работает в Китае [24].

Использование газа в бытовых приборах осложняется переменами в давлении газа. Горелки и другие бытовые приборы практически невозможно настроить для оптимальной работы. Если необходимо постоянное давление газа, рекомендуется поставить регулятор давления в реакторе или выбрать другую конструкцию установки [8].

Реакторы установок с фиксированным куполом обычно представляют собой кирпичные или бетонные емкости. Такие установки покрываются землей до вершины, наполненной газом, для сдерживания внутреннего давления (до 0,15 кг/см²). По экономическим причинам минимальный рекомендуемый размер реактора — 5 м³. Известны такие установки с объемами реакторов до 200 м³.

Газгольдером является верхняя часть установки с фиксированным куполом (место, где собирается газ), которая должна быть герметична. Кирпичная кладка и бетон негерметичны, поэтому эта часть установки должна покрываться слоем вещества, не пропускающего газ (латекс, синтетические краски). Возможностью уменьшить риск трещин в газгольдере является строительство слабого кольца в кладке реактора. Такое кольцо является эластичным соединением между нижней (водонепроницаемой) и верхней (газонепроницаемой) частью полусферической структуры установки. Оно предотвращает продвижение трещин, появляющихся из-за гидростатического давления в нижних частях реактора, в верхнюю часть газгольдера.

Установки с плавающим куполом состоят обычно из подземного реактора и подвижного газгольдера. Газгольдер плавает или прямо в сырье, или в специальном водяном кармане. Газ накапливается в газгольдере, который поднимается или опускается в зависимости от давления газа. Газгольдер поддерживается специальной рамкой от опрокидывания. Если газгольдер плавает в специальном водном кармане, он предохранен от опрокидывания.

Преимуществами этой конструкции являются легкость ежедневных операций, легкость определения объема газа по высоте, на которую поднялся газгольдер. Давление газа является постоянным и определяется весом газгольдера. Строительство установки с плавающим куполом нетрудное, и ошибки в конструкции обычно не ведут к большим проблемам в получении газа. Недостатками такой конструкции являются высокая стоимость стального реактора и высокая чувствительность железа к коррозии. Поэтому, установки с плавающим куполом имеют меньший срок службы, чем установки с фиксированным верхом [8].

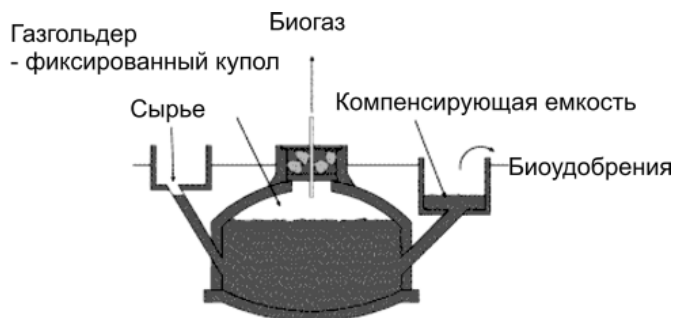


Рис.12. Установка с фиксированным куполом.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996г.



Рис.13. Установка с плавающим куполом в с.Садовом Литинского района, Винницкой области, Украина.

Источник: СФГ «ТЕРРА» <http://www.is.svitonline.com/teppa/>

В прошлом установки с плавающим куполом строились в основном в Индии. Такие установки состоят из цилиндрического или куполообразного кирпичного или бетонного реактора и плавающего газгольдера.

Газгольдер плавает в специальном водяном кармане или прямо в сырье и имеет внутреннюю или внешнюю раму, которая обеспечивает стабильность и сохраняет газгольдер в вертикальном положении. При выработке биогаза газгольдер всплывает выше, при использовании газа он опускается. Такие установки используются в основном для переработки навоза, органических отходов и фекалий в режиме постоянной, т.е. ежесуточной загрузки. Чаще всего они строятся на фермах среднего размера (реактор: 5-15 м³) или в больших агроиндустриальных комплексах (реактор: 20-100 м³).

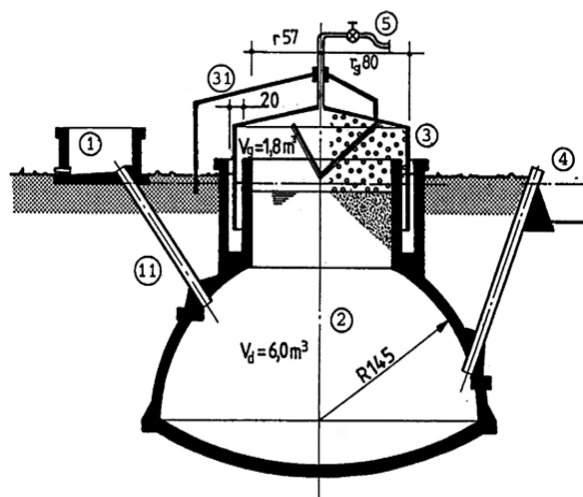


Рис.14. Индийский стандарт на сооружение установки с плавающим куполом.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996r.

Горизонтальные и вертикальные установки

Выбор расположения реактора установки зависит от метода загрузки и наличия свободной территории в хозяйстве. Горизонтальные установки выбирают для непрерывного метода загрузки сырья и при наличии достаточного места. Вертикальные установки больше подходят для порционной загрузки сырья и используются при необходимости для уменьшения места, занимаемого реактором.

Подземные и наземные установки

При выборе расположения установки нужно учитывать топографию и пользоваться ею для оптимизации работы установки. Например, очень удобно располагать установку на склоне, чтобы загрузочное отверстие находилось достаточно низко, сырье в реакторе перемещалось за счет легкого наклона к выгрузочному отверстию, которое находилось бы на небольшой высоте для удобства загрузки в транспортные средства.

Еще один фактор, который нужно учитывать при выборе установки, это улучшенная теплоизоляция подземных установок, включающая слабое влияние суточных изменений температуры на процесс сбраживания сырья, так как температура почвы на глубине более одного метра практически не изменяется [8].

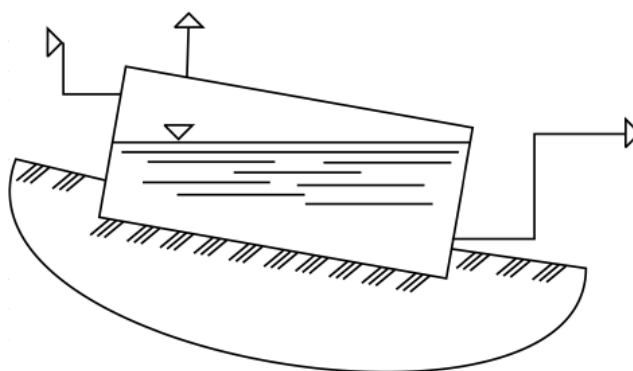


Рис.15. Биогазовая установка, расположенная на склоне.

Металлические, бетонные и кирпичные реакторы [8,19]

Установки можно различать по материалам, из которых изготавливается реактор. Бетонные реакторы обычно сооружаются под землей. Бетонный реактор имеет цилиндрическую форму, и небольшие установки (до 6 м³) могут изготавливаться на конвейерной основе. Необходимы специальные меры для герметизации реактора. Преимущества: низкие затраты на сооружение и материалы, возможность массового производства. Недостатки: большой объем потребления хорошего качественного бетона, необходимость квалифицированных строителей и большого количества проволоочной сетки, относительная новизна конструкции, необходимость специальных мер для обеспечения герметичности газгольдера.

Кирпичные реакторы сооружаются для подземных установок с фиксированным или плавающим газгольдером и имеют округлую форму. Преимущества: низкие начальные капиталовложения и долгий срок эксплуатации, нет движущихся или ржавеющих частей, конструкция компактна, экономит место и хорошо изолирована, строительство создает местную занятость. Подземное расположение позволяет снизить площадь, занимаемую установкой, и предохраняет реактор от резких изменений температуры. Недостатки: кирпичный газгольдер требует специальных покрытий для обеспечения герметичности и высокого мастерства, часто случаются утечки газа, работа установки плохо контролируется из-за подземного расположения, установка требует тщательного расчета уровней постройки, подогрев сырья в реакторе очень сложен и дорог в осуществлении. Таким образом, кирпичные установки могут быть рекомендованы к применению только в теплых странах при наличии квалифицированного персонала.



Рис.16. Сооружение кирпичного реактора на Кубе.

Источник: В. Некрасов «Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы», неопубл., 2002г.

Металлические реакторы подходят для любых типов установок, герметичны, выдерживают большое давление и просты в изготовлении. Часто можно использовать уже имеющиеся емкости. Но металл относительно дорогой и требует ухода для предотвращения ржавчины.

Дополнительные устройства

В качестве примера использования дополнительных устройств можно рассмотреть типичную для развитых стран конструкцию биогазовой установки.

Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм, в зависимости от сырья. Емкость содержит устройство для смешивания и измельчения сырья и насос для загрузки сырья в реактор. Иногда устанавливаются устройства для предварительного подогрева сырья для предотвращения замедления процесса сбраживания сырья в реакторе.

Реактор обычно теплоизолирован и сделан из бетона или стали. Для оптимизации прохождения сырья большие реакторы имеют удлиненную форму. Сырье перемешивается медленно движущимися роторами или биогазом. Есть установки, состоящие из двух и более реакторов.

Газгольдер делается или из гибкого материала и находится над емкостью реактора, или изготавливается из стали и располагается рядом с реактором.

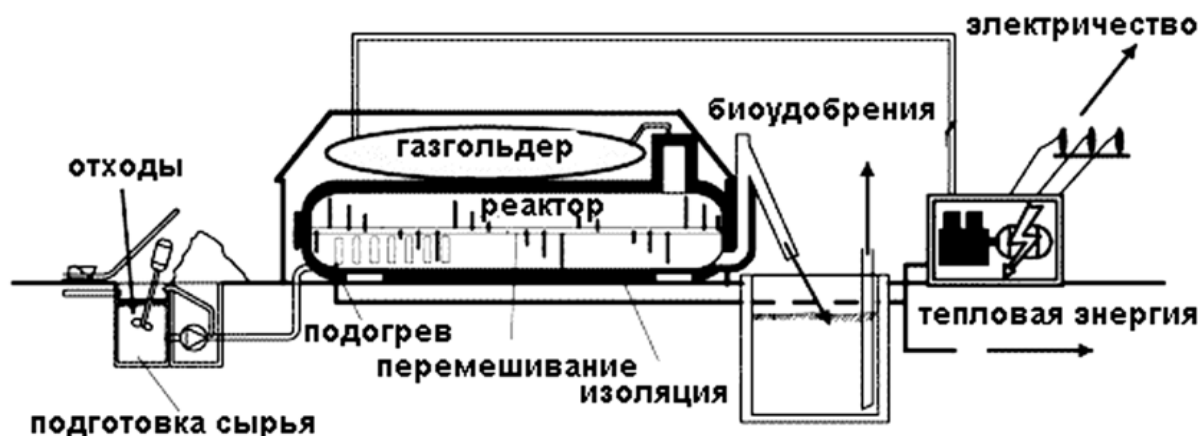


Рис.17. Типичная для развитых стран биогазовая установка с мягким газгольдером.

Источник: AT Information: Biogas, GTZ project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), Eshborn, Deutschland, 1996.

Хранилище используется для хранения биоудобрения в зимнее время и может быть открытым или закрытым и соединенным с газгольдером для сбора остаточного биогаза. Биоудобрения перемешиваются перед подачей на поля.

Биогаз используется не только для работы бытовых приборов, но и для выработки электричества при помощи электрогенератора, а также для производства тепловой энергии.

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ КЫРГЫЗСТАНА

В Кыргызстане на 2006 год имеется более 50 установок, из которых работает, к сожалению, только половина. Все установки, построенные в Кыргызстане, можно разделить по методу перемешивания и загрузки сырья, наличию системы обогрева и изоляции на 4 типа:

	Метод перемешивания и загрузки			
	ручной	пневматический		гидравлический
		ручная загрузка	пневматическая загрузка	
Реактор с обогревом и изоляцией	-	6 установок	18 установок	3 установки
Реактор без обогрева и изоляции	27 установок	-	-	-

Общей особенностью всех установок является стальной реактор, обычно представляющий собой использованную емкость для хранения нефтепродуктов или воды, железнодорожные цистерны.

Установки без подогрева и изоляции с ручным перемешиванием сырья распространены в Нарынской, Таласской и Иссык-Кульской областях. Емкостью для смешивания сырья обычно служит бочка, в которой сырье разводится водой. Реактор неутеплен и сделан из стальных емкостей. Из-за отсутствия изоляции и подогрева реактора установки работают в психофильном режиме в течение теплого времени года.

Сырье загружается в реактор порционным методом, с периодичностью от 2 и более раз в год вручную. Загрузка и выгрузка сырья сопряжена с трудностями из-за непродуманной конструкции установки. Сырье перемешивается вручную один раз в день с помощью установленной в реакторе мешалки. Газ обычно используется напрямую для приготовления пищи.

Пример 3: Примером такой установки может служить биогазовая установка Дуйшенова Фархата в с. Кызыл-Чарба Таласской области Кыргызстана (Рис 18).

Установка была построена на грантовые средства ГЭФ ПРООН в 2003 году с целью получения биогаза для отопления и приготовления пищи и получения жидких органических удобрений из навоза 2 КРС хозяйства, овечьего и птичьего навоза соседних хозяйств. Установка состоит из одного надземного реактора без подогрева объемом 5 м³ с ручной загрузкой, выгрузкой и перемешиванием сырья.

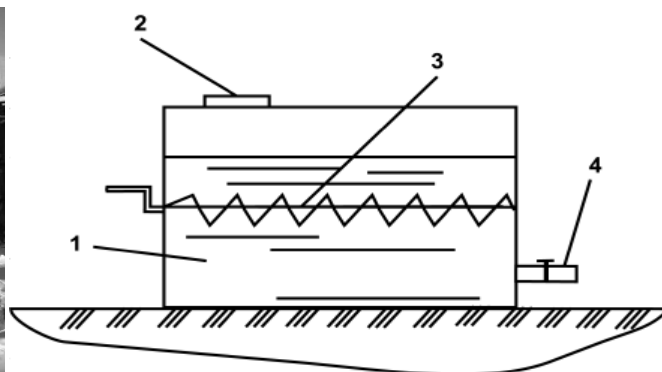


Рис. 18. Внешний вид и схема биогазовой установки в с. Кызыл-Чарба.

Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

1 – реактор; 2 – загрузочное отверстие; 3 – устройство перемешивания сырья; 4 – выгрузочная труба.

После монтажа весной 2003 года установка была загружена 3 тоннами сырья и работала в психофильном режиме в течение летних месяцев. Выделяющегося в летнее время биогаза хватало только на приготовление пищи. Выгрузка и загрузка сырья с 2003 года не производилась.

Отсутствие предохранительного устройства на реакторе может привести к разрыву реактора из-за избыточного давления. Отсутствует руководство по эксплуатации установки, обучение обслуживающего персонала не проводилось.

Пример 4: Примером такой установки может служить установка Мамунова Камыла в г. Каракол Иссык-Кульской области Кыргызстана. Установка состоит из одного подземного реактора с подогревом объемом 5 м³ с ручной загрузкой, выгрузкой и пневматическим перемешиванием сырья. Установка построена в 2004 году на собственные средства с целью получения биогаза для отопления и бытовых приборов и жидких органических удобрений и перерабатывает навоз 12 голов КРС соседнего хозяйства.

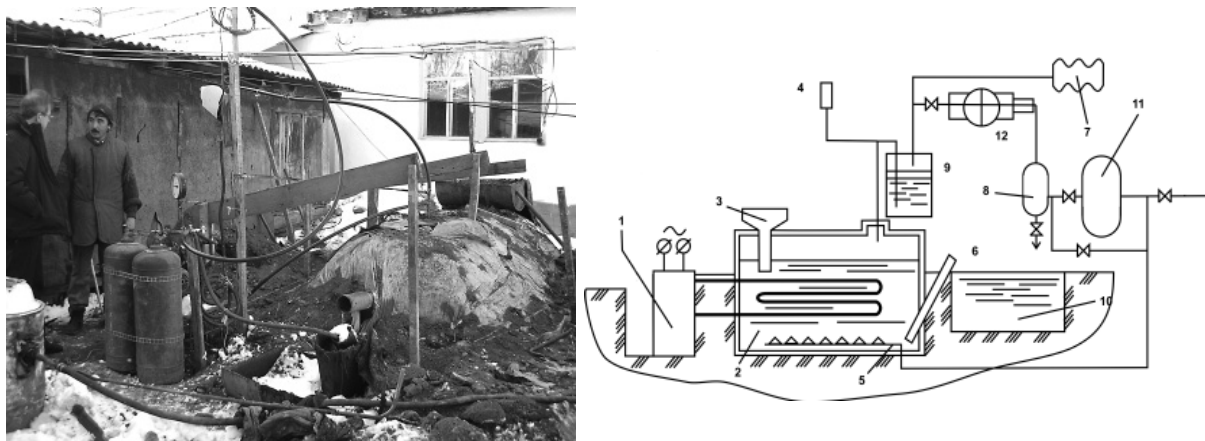


Фото: Веденеева Т., ОФ «Флюид»

- 1 – водогрейный котел; 2 – реактор; 3 – загрузочное отверстие; 4 – предохранительный клапан;
5 – газовая мешалка; 6 – труба выгрузки сырья; 7 – промежуточный газгольдер; 8 – ресивер;
9 – водяной затвор; 10 – бункер-накопитель; 11 – газгольдер; 12 – компрессор.

Установки с подогревом и изоляцией реактора, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья распространены в Чуйской области Кыргызстана. Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм, в зависимости от сырья. Сырье разводится теплой водой для предотвращения замедления процесса переработки сырья в реакторе. Реактор утеплен и сделан из стальных емкостей. Сырье перемешивается пневматическим способом и подогревается до мезофильной или термофильной температуры. Есть установки, состоящие из двух и более реакторов. Газ собирается в отдельно стоящем

газгольдере, который также представляет собой стальную емкость. Газ используется для обогрева помещений, приготовления пищи, выработки электричества и заправки автомашин. Хранилище используется для хранения биоудобрения.

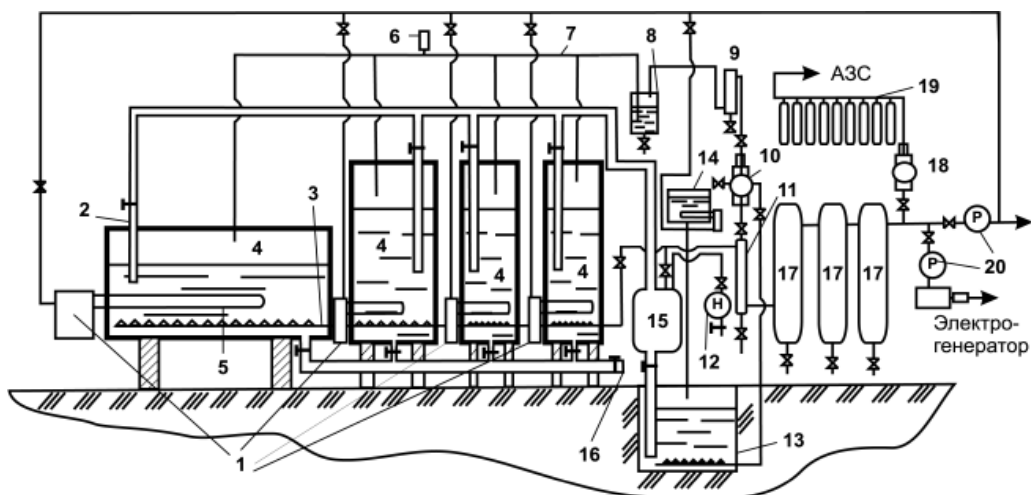
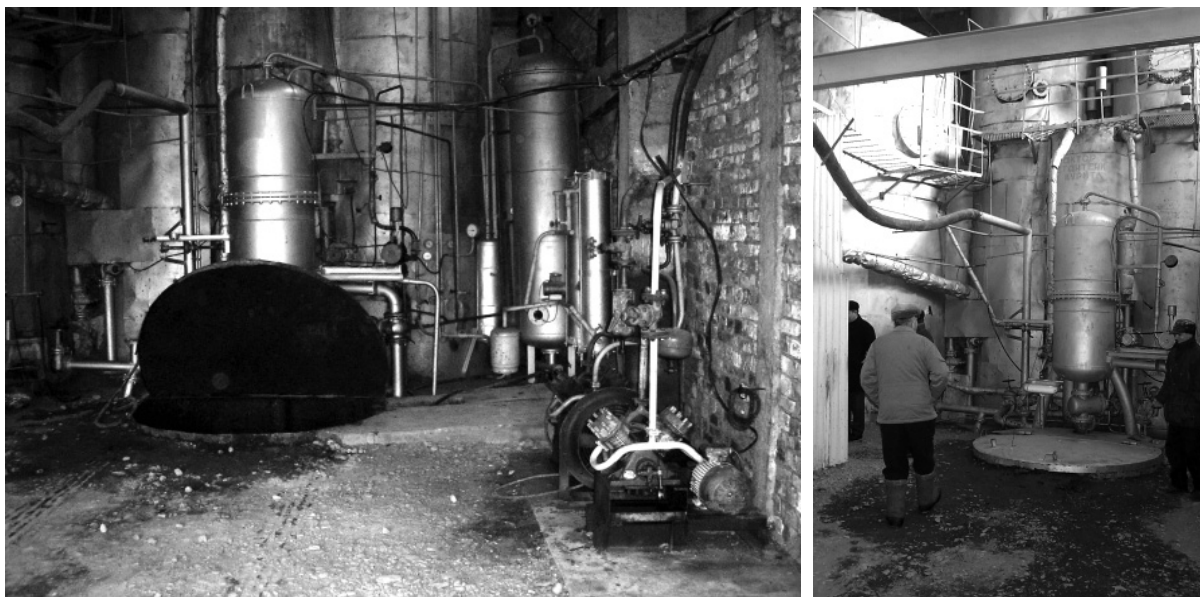


Рис.20. Внешний вид и схема биогазовой установки в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

- 1 – водогрейный котел; 2 – труба подачи сырья; 3 – пневмоперемешивание; 4 – реакторы;
5 – подогрев сырья; 6 – предохранительный клапан; 7 – газоотвод; 8 – водяной затвор;
9 – фильтр; 10 – компрессор; 11 – ресивер; 12 – насос вакуумный; 13 – приемник навоза;
14 – емкость для подогрева воды; 16 – бункер подачи; 17 – газгольдеры;
18 – компрессор высокого давления; 19 – газгольдеры автозаправки; 20 – редуктор газовый.

Пример 5. Примером такой установки может служить установка ассоциации «Фермер» в с. Петровка Чуйской области Кыргызстана. Установка состоит из одного горизонтального (60 м^3) и 3 вертикальных (25 м^3 , 25 м^3 , 40 м^3) реакторов с пневматической загрузкой и перемешиванием, автоматическим отбором вырабатываемого биогаза. Установка работает с 2002 года и перерабатывает навоз 35 голов КРС, 160 свиней, 350 кур, а также привозной навоз и фекалии – всего 10 тонн.

Кроме реакторов, биогазовый модуль состоит из абсорбера для отделения углекислоты, газгольдеров общим объемом 30 м^3 , газозлектрического генератора мощностью 30 кВт, а также установки для заправки автомашин и баллонов биогазом.

Горизонтальный реактор объемом 60 м³ работает в термофильном режиме, остальные реакторы – в мезофильном режиме. Для поддержки оптимальной температуры модуль смонтирован в помещении. Для подогрева загружаемого сырья используется горячая вода, подогреваемая вырабатываемым газом. В газовых котлах для системы подогрева применены горелки инфракрасного излучения. Модуль обеспечен механизмами для транспортировки навоза и полученного удобрения. На загрузке и выгрузке сырья работает трактор МТЗ-80 и разбрасыватель жидких удобрений (РЖТ-5).

Установки с подогревом, изоляцией реактора и гидравлическим перемешиванием сырья. Две такие установки находятся в Чуйской области Кыргызстана, одна – в Ошской области. Емкость для смешивания сырья может быть разных размеров и форм. Реактор утеплен и сделан из стальных емкостей. Сырье перемешивается гидравлическим способом и подогревается до мезофильной температуры. Хранилище используется для хранения биоудобрения.

Пример 6. Примером такой установки может служить установка на птицефабрике «2Т» в г. Канте Чуйской области КР. Установка состоит из трех надземных реакторов с подогревом, объем каждого – 25 м³ с гидравлической загрузкой, выгрузкой и перемешиванием сырья с помощью центробежных насосов.

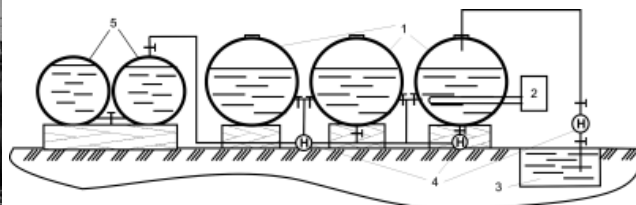


Рис.21. Внешний вид и схема биогазовой установки в г. Канте.

Фото: Веденева Т., ОФ «Флюид»

- 1 – реакторы; 2 – теплогенератор; 3 – емкость для подготовки сырья;
4 – насосы для закачки и перемешивания сырья;
5 – емкости для хранения удобрений.

Ёмкости биореактора покрыты теплоизоляционным слоем. Подогрев перерабатываемой биомассы в первой ёмкости реактора осуществляется автоматически водяным теплогенератором, а во второй и в третьей камерах — за счёт открытия створок для их обогрева энергией солнечных лучей. В холодное время створки закрываются и тепло внутри ёмкостей удерживается теплозащитным слоем.

Установка построена в 2002 году на собственные средства владельцев птицефабрики и может перерабатывать до 5 тонн сырья в сутки. После монтажа установка работала в течение трех месяцев в мезофильном режиме, после чего была приостановлена. Установка загружалась еженедельно, выгруженное удобрение сливалось в хранилище и реализовывалось населению. Биогаз не использовался.

Работа установки приостановлена в связи с неотработанной технологией внесения жидких удобрений. Конструкция установки не предусматривает использование вырабатываемого биогаза, несовершенство указателя уровня сырья в реакторах приводит к неточностям при загрузке сырья. В целом установка работоспособна, но требует конструктивной доработки.

СТРОИТЕЛЬСТВО БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

До начала строительства биогазовой установки нужно учитывать условия, необходимые для ее эффективной работы. Поломка или плохая работа биогазовой установки, как правило, является результатом ошибок при планировании. Последствия таких ошибок могут быть заметны сразу или после нескольких лет работы установки. Тщательное и всестороннее планирование очень важно для исключения ошибок до того, как они станут причиной непоправимых поломок.

Планирование сооружения сельскохозяйственных биогазовых установок должно начинаться с определения потенциала производства биогаза и биоудобрения на основании имеющегося количества сырья, а также необходимого хозяйству количества энергии.

Если биогазовая установка предназначена в первую очередь как источник энергии, строительство рекомендовано только в том случае, когда расчеты потенциального производства биогаза достаточны для удовлетворения потребности хозяйства в энергии.

ВЫБОР РАЗМЕРА РЕАКТОРА

Размер реактора измеряется в кубических метрах и зависит от количества, качества и типа сырья, а также от выбранной температуры и времени сбраживания. Есть несколько способов определения необходимого объема реактора.

Соотношение суточной дозы загрузки сырья и размера реактора

Суточная доза загрузки сырья определяется, исходя из времени сбраживания (время оборота реактора) и выбранного температурного режима. Для мезофильного режима сбраживания время оборота реактора составляет от 10 до 20 суток, а суточная доза загрузки – от 1/20 до 1/10 от общего объема сырья в реакторе.

Размер реактора для переработки определенного количества сырья

Сначала, исходя из количества животных, опытным путем определяется суточное количество навоза (ДН) для переработки в биогазовой установке. Затем сырье разбавляется водой для достижения 86% - 92% влажности.

В большинстве сельских установок соотношение навоза и воды, смешиваемых для получения сырья, колеблется от 1:3 до 2:1. Таким образом, количество загружаемого сырья (Д) – это сумма отходов хозяйства (ДН) и воды (ДВ), которой они разбавляются.

Для переработки сырья при мезофильном режиме рекомендуется использовать дозу суточной загрузки Д, равную 10% от объема общего загруженного в установку сырья (ОС). Общий объем сырья в установке не должен превышать 2/3 объема реактора.

Таким образом, объем реактора (ОР) рассчитывается по следующей формуле:

$$ОС = 2/3 ОР, \text{ а } ОР = 1,5 ОС$$

Где

$$ОС = 10 \times Д$$

$$Д = ДН + ДВ.$$

Пример 7. Приусадебное хозяйство содержит 10 голов КРС, 20 свиней и 35 кур. Объем суточных экскрементов от 1 КРС = 55 кг, от одной свиньи = 4,5 кг, от 1 курицы = 0,17 кг. Объем суточных отходов хозяйства ДН будет равен $10 \times 55 + 20 \times 4,5 + 35 \times 0,17 = 550 + 90 + 5,95 = 645,95$ килограмма, примерно 646 кг. Влажность экскрементов КРС и свиней составляет 86%, а куриного помета – 75%. Для достижения 85% влажности необходимо добавить к птичьему помету 3,9 литра воды (около 4 кг).

Значит, суточная доза загрузки сырья составит около 650 кг. Полная загрузка реактора $ОС = 10 \times 0,65 = 6,5$ тонны, и объем реактора $ОР = 1,5 \times 6,5 = 9,75$, или примерно 10 м³.

Расчет выхода биогаза

Расчет суточного выхода биогаза подсчитывается в зависимости от типа сырья и суточной порции загрузки.

Таблица 10. Расчет выхода биогаза для разных типов сырья [8,18]

Тип сырья	Выход газа (м ³ на 1 кг сухого вещества)	Выход газа (м ³ на 1 тонну при влажности 85 %)
Навоз КРС	0,250 - 0,340	38 – 51,5
Свиной навоз	0,340 - 0,580	51,5 – 88
Птичий помет	0,310 - 0,620	47 – 94
Конский навоз	0,200 - 0,300	30,3 – 45,5
Овечий навоз	0,300 - 0,620	45,5 – 94

Пример 8. Приусадебное хозяйство содержит 10 голов КРС, 20 свиней и 35 кур. Объем суточного количества экскрементов от КРС = 55 кг, от свиньи = 4,5 кг, от курицы = 0,17 кг. Объем суточных отходов хозяйства будет равен 550 килограмм экскрементов КРС (влажность 85%), 90 килограммам свиных экскрементов (влажность 85%) и 5,95 килограммам куриного помета (влажность 75%). После разбавления помета водой для достижения 85% влажности количество сырья от кур будет составлять около 10 кг.

Согласно таблице, выход биогаза с одного килограмма:

- навоза КРС при влажности 85% примерно равен 0,04 – 0,05 м³ биогаза;
- свиного навоза при влажности 85% примерно равен 0,05 – 0,09 м³ биогаза;
- куриного помета при влажности 85% примерно равен 0,05 – 0,09 м³ биогаза.

Следовательно,

- выход биогаза с 550 килограммов навоза КРС будет равен 22 – 27,5 м³ биогаза;
- выход биогаза с 90 килограммов свиного навоза будет равен 4,5 – 8,1 м³ биогаза;
- выход биогаза с 10 килограммов куриного навоза будет равен 0,5 – 0,9 м³ биогаза;
- и общий выход биогаза будет 27 – 36,5 м³ биогаза в сутки.

Баланс между потребностью в энергии и выходом биогаза

Необходимость в энергии для каждого индивидуального хозяйства определяется исходя из суммы всех настоящих и будущих потребительских ситуаций, таких как приготовление пищи, освещение, производство энергии. Необходимо также учитывать потребление биогаза на подогрев сырья в реакторе, которое в условиях Кыргызстана составляет от 10% до 25% в зависимости от времени года. Количество биогаза, необходимое хозяйству, можно определить по количеству энергии, потребляемой ранее. Например, сжигание 1 кг дров аналогично сжиганию 650 литров или 0,65 м³ биогаза, сжигание 1 килограмма кизяка – 0,7 м³ биогаза, а 1 кг угля – 1,1 м³ биогаза.

Необходимый объем биогаза для приготовления пищи может быть определен на основании времени, ежедневно затрачиваемого на приготовление пищи. Необходимое количество биогаза для приготовления одной порции пищи для одного человека составляет 0,15 – 0,3 м³ биогаза. Для кипячения 1 литра воды необходимо 0,03 – 0,05 м³ биогаза. Для отопления 1 м² жилой площади необходимо около 0,2 м³ биогаза в сутки. Бытовые горелки потребляют 0,20 – 0,45 м³ в час.

Пример 9. Семья из четырех человек живет в доме площадью 100 м², содержит 20 коров на площади 100 м² и перерабатывает навоз в биогазовой установке с объемом реактора 15 м³.

Трехразовое приготовление пищи для семьи из четырех человек потребует от 1,8 до 3,6 м³ биогаза, а отопление помещения площадью 100 м² потребует около 20 м³ биогаза в сутки. На обогрев реактора (например в сентябре) необходимо 15% вырабатываемого биогаза. Для подогрева реактора установки объемом 15 м³ нужно будет тратить около 6 м³ биогаза ежедневно.

На содержание одной коровы необходимо около 3 литров кипяченой воды в день, следовательно, для содержания 20 коров – необходимо вскипятить 60 литров воды, на что уйдет 1,8 – 3 м³ биогаза в день. На отопление необходимых для животных помещений общей площадью 100 м² необходимо 20 м³ в сутки. Таким образом, на содержание животных необходимо 21,8 – 23 м³ биогаза в сутки. На все хозяйство необходимо 49,6 – 52,6 м³ биогаза в сутки.

Выбор месторасположения установки

Золотое правило расположения биогазовой установки гласит, что установка принадлежит ферме, а не кухне. Лучше, если емкость для смешивания сырья напрямую соединяется с полом фермы. Даже если придется проложить несколько метров газовых труб, это дешевле, чем транспортировка сырья.

Уровень пола фермы должен располагаться выше уровня емкости для подготовки сырья, тогда навоз и урина животных будут попадать в эту емкость под действием сил гравитации самостоятельно. Если узел выгрузки биогазовой установки будет расположен выше уровня близлежащих полей, это будет способствовать более легкому распределению биоудобрений по этим полям.

Выбор конструкции биогазовой установки

В настоящее время разработано множество конструкций биогазовых установок, подходящих для работы в различных климатических условиях. Выбор конструкции биогазовой установки – важнейший этап процесса планирования. До выбора конструкции нужно иметь представление о базовых проблемах, возможных для биогазовой установки.

В местностях со сравнительно холодным климатом, таких как Кыргызстан, изоляция и подогрев реактора важны для круглогодичной работы установки. Количество и тип перерабатываемого сырья влияют на размер и тип установки и конструкции систем загрузки и выгрузки сырья. Выбор конструкции установки также зависит от наличия строительных материалов.

Критерии для выбора конструкции:

Место определяет в основном подземный или надземный реактор будет строиться и в случае надземной конструкции, вертикальный или горизонтальный.

Существующие сооружения могут быть использованы для хранения биоудобрений, например, пустующие ямы или металлические емкости. Для уменьшения затрат при планировании необходимо учитывать наличие уже готовых частей установки.

Наличие сырья определяет не только размер и форму емкости для смешивания сырья, но и объем реактора, подогревающие и перемешивающие устройства. Перемешивание с помощью биогаза возможно при содержании твердых частиц ниже 5%. Механическое перемешивание сталкивается с трудностями при содержании в сырье более 10% твердых частиц.

РЕАКТОР

Главный критерий при выборе конструкции реактора - это возможность реализовать ее на практике и удобство с точки зрения обслуживания и эксплуатации. Вне зависимости от выбора конструкции реактор должен отвечать следующим требованиям:

Водо- и газонепроницаемость – водонепроницаемость нужна для предотвращения утечек и ухудшения качества грунтовых вод, газонепроницаемость - для сохранения полного объема вырабатываемого биогаза и для предотвращения смешивания воздуха с газом в реакторе.

Теплоизоляция – необходимое условие для эффективной работы биогазовой установки в климатических условиях Кыргызской Республики.

Минимальная площадь поверхности снижает стоимость строительства и снижает потери тепла через стенки реактора.

Стабильность конструкции реактора необходима для выдерживания всех нагрузок (давление газа, вес и давление сырья, вес покрытий) и обеспечивает долговременную работу установки.

Формы реактора

С точки зрения динамики жидкостей, оптимальна яйцеобразная форма реактора, но ее сооружение требует больших затрат. Второй наилучшей формой является цилиндр с коническим или полукруглым дном и верхом. Квадратные реакторы из бетона или кирпича не рекомендуются к использованию, так как в углах образуются трещины из-за давления сырья, а также собираются твердые частицы, что нарушает процесс сбраживания.

Реактор может разделяться с помощью внутренних перегородок на несколько секций для предотвращения появления корки на поверхности сырья и для обеспечения более полного сбраживания сырья.

Материалы для сооружения реакторов

Реакторы могут сооружаться из следующих материалов:

Стальные емкости обладают преимуществом герметичности, могут выдерживать большое давление и сравнительно легки в изготовлении. Большой проблемой, однако, является чувствительность к ржавчине, которую необходимо предотвращать подходящими покрытиями. Экономически такие емкости выгодны только в случае использования уже готовых емкостей. При наличии металлической цистерны достаточного объема необходимо проверить внутреннюю и внешнюю поверхности стенок на предмет наличия раковин, качества сварки, наличия отверстий и других повреждений, которые должны быть устранены. Затем эти поверхности должны быть очищены и окрашены.

Пластиковые емкости, используемые в качестве реакторов, бывают мягкие и твердые. Мягкие емкости легко повредить и сложно утеплить для круглогодичной работы. Твердые пластиковые емкости отличаются стабильностью конструкции и не подвержены коррозии, поэтому рекомендуются к использованию для психофильной переработки органических отходов.

Бетонные емкости приобрели большую популярность в развивающихся странах в последние годы. Необходимая газонепроницаемость требует осторожного строительства и специальных покрытий, часты трещины в углах реактора, но большими плюсами являются недорогое строительство и практически неограниченный срок эксплуатации.

Кладка - наиболее часто используемый метод конструкции для маленьких реакторов в Индии и Китае. Можно использовать только хорошо обожженные кирпичи, бетонные блоки или каменные кирпичи хорошего качества.

Обеспечение герметичности реактора [8]

При строительстве биогазовой установки с бетонным, кирпичным или каменным реактором, необходимо обеспечить газо- и водонепроницаемость реактора. Необходимо покрыть реактор изнутри слоем вещества, способного выдержать температуры до 60°C и устойчивого к воздействию органических кислот и сероводорода.

Цементное покрытие с добавками. Хорошие результаты по водо- и газонепроницаемости показало добавление водонепроницаемых материалов к цементу. Для газонепроницаемости необходимо добавление в два раза большего количества водонепроницаемого вещества. Время между нанесением слоев покрытия не должно превышать суток, так как после суток к водонепроницаемой поверхности невозможно прикрепить еще один слой. Следующий рецепт использовался в Танзании и показал хорошие результаты:

- 1-й слой: цементно-водная замазка;
- 2-й слой: 1 см цемент — песок (1 : 2,5);
- 3-й слой: цементно-водная замазка;
- 4-й слой: цемент — известь — песок (1 : 0,25 : 2,5);
- 5-й слой: цементно-водная замазка с водонепроницаемым материалом;
- 6-й слой: цемент — известь — песок с водонепроницаемой смесью и мелкий песок (1 : 0,25 : 2,5);
- 7-й слой: цементно-водная замазка с водонепроницаемым материалом.

Все семь слоев должны быть нанесены в течение одних суток.

Асфальт с алюминиевой фольгой. Асфальтовые покрытия легко наносятся и сохраняют эластичность в течение долгого времени. На сухую поверхность реактора наносится слой асфальта. На все еще липкий слой асфальта наклеиваются куски фольги, перекрывающие друг друга. Затем наносится второй слой асфальта.

Недостаток асфальтового покрытия состоит в воспламеняемости составных частей такого покрытия и в том, что оно не может быть нанесено на влажные поверхности. Сушка бетонного, кирпичного или каменного реактора требует нескольких недель, если не использовать специальные приспособления, такие как переносная печь. Кроме того, асфальтовое покрытие может отслоиться при движении сырья в реакторе.

Парафин. Парафин, разбавленный 2-5% керосина или нового моторного масла, подогревается до температуры 100 - 150°C и наносится на нагретую горелкой поверхность реактора. Парафин проникает в покрытие и формирует глубоко проникающий защитный слой. Если нет парафина, можно использовать свечной воск.

Расположение реактора

Месторасположение установки зависит от нескольких факторов – наличия свободных площадей, отдаленности от жилых помещений, места складирования отходов, расположения мест содержания животных и т.д. В зависимости от глубины залегания грунтовых вод, удобства загрузки и выгрузки сырья реактор может иметь наземное, частично или полностью заглубленное положение.

Реактор может быть размещен над поверхностью земли на фундаменте, заглублен в землю или установлен внутри помещения, в котором находятся животные. Реактор должен иметь люк, необходимый для проведения периодических профилактических и ремонтных работ внутри реактора. Между корпусом и крышкой должна быть прокладка из резины или специального герметизирующего состава. По возможности рекомендуется подземное размещение, так как оно позволяет уменьшить капиталовложения и исключает использование дополнительного оборудования для загрузки сырья, значительно улучшает качество терморегулирования, а также дает возможность использовать дешевые теплоизоляционные материалы – глину и солому.

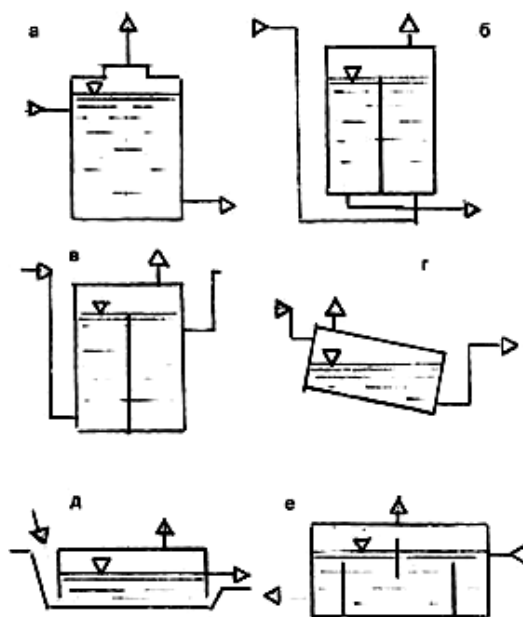


Рис.22. Различные конструкции реактора и систем загрузки и выгрузки

- а – цилиндрический реактор с верхней загрузкой;
- б – цилиндрический реактор с нижней загрузкой;
- в – цилиндрический двухсекционный реактор;
- г – наклонный реактор;
- д – траншейный реактор с плавающим покрытием;
- е – горизонтальный секционный реактор.

Термоизоляционные материалы

Большинство биогазовых установок Кыргызстана были построены без обеспечения теплоизоляции реактора. Отсутствие теплоизоляции позволяет установке работать только на протяжении теплого времени года.

Термоизоляционные материалы должны иметь хорошие изолирующие свойства, быть дешевыми и доступными. Подходящими материалами для установок с подземным или полуподземным расположением реактора являются солома, глина, шлак, сухой навоз. Утепление реактора производится послойно. Например, для подземного реактора после подготовки котлована сначала укладывают слой полиэтиленовой пленки для предотвращения контакта теплоизоляции с почвой, затем засыпают слой соломы, затем глины на дно котлована, после чего устанавливают реактор. Затем в оставшееся пространство между реактором и почвой снова засыпают слои изоляционных материалов до верхней части реактора, после чего делают досыпку глины со шлаком толщиной не менее 300 мм.

Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на реакторы, включают: контроль уровня сырья в реакторе, контроль температуры и давления внутри реактора.

СИСТЕМЫ ЗАГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ СЫРЬЯ

Работа БГУ в режиме непрерывной загрузки оптимальная с точки зрения получения наибольшего количества биогаза и биоудобрений, а также стабильности работы установки, предполагает ежедневную загрузку сырья и выгрузку сброженной массы.

Емкость для подачи сырья

Свежий навоз обычно собирается в емкость для подачи сырья перед тем как загружается в реактор. В зависимости от типа установки размер емкости должен равняться суточному или

двойному суточному объему сырья. Емкость используется для достижения нужной однородности и влажности сырья, иногда с применением механических перемешивающих устройств.

Месторасположение емкости

Расположение емкости на солнечной стороне может способствовать предварительному подогреву сырья для того, чтобы процесс сбраживания мог начаться сразу после загрузки новой порции сырья в реактор. В случаях установок, напрямую связанных с фермой, нужно строить емкость так, чтобы сырье стекало туда под действием гравитации.

Загрузочное и выгрузочное отверстия

Загрузочное и выгрузочное отверстия ведут прямо в реактор и располагаются, как правило, на противоположных концах реактора для равномерного распределения свежего сырья по всему объему реактора и эффективности удаления переработанного шлама. Монтаж загрузочного и выгрузочного отверстий производится до установки реактора на фундамент и теплоизоляционных работ.

Для установок с заглубленными реакторами и ручной загрузкой сырья загрузочное и выгрузочное отверстия ведут в реактор под острым углом.

Для обеспечения герметичности реактора в процессе загрузки и выгрузки входное и выходное отверстия располагаются под наклоном к вертикальной оси таким образом, чтобы нижний конец трубы был расположен ниже уровня жидкости. Благодаря этому создается гидравлический затвор, препятствующий проникновению воздуха в реактор.

Ручная загрузка и выгрузка сырья

Наиболее простым способом загрузки и выгрузки является способ перелива, заключающийся в том, что при загрузке свежего навоза уровень шлама в реакторе поднимается, и через сообщающуюся с ним переливную трубу такое же количество выгружается в емкость для сбора биоудобрений.

Загружаемая масса может содержать твердые частицы достаточно крупного размера, например, подстилочный материал (солому, опилки), стебли растений, а также посторонние предметы. Для того чтобы трубы не забивались, их диаметр должен быть не менее 20 - 30 см. Загрузочная труба соединяется с бункером или емкостью предварительной подготовки сырья.

На трубопроводах подачи и слива сырья из реактора устанавливаются задвижки винтовые или полуборотные.

Загрузка и выгрузка с помощью насосов

Насосы становятся необходимой частью биогазовой системы, когда количество сырья требует быстрой загрузки и рельеф местности не позволяет производить загрузку самотеком. Насосы нужны для перекрытия разницы в высоте между уровнем заправки сырья и биогазовой установкой. Если нельзя избежать использования насосов, они устанавливаются двумя способами:

- Сухая установка: насос устанавливается вместе с трубой. Сырье свободно течет до насоса и ускоряется им.
- Влажная установка: насос устанавливается вместе с мотором внутри сырья. Мотор заключен в непроницаемый контейнер. Или насос работает с помощью вала от мотора снаружи сырья.

Пневматическая загрузка и выгрузка сырья

Оптимальным способом подачи и перемешивания сырья является пневматический. Этот способ используется на всех установках ОФ «Флюид» ассоциации «Фермер». Пневматическое загрузочное устройство использует бункер подачи сырья (бак-смеситель), для которого используются стальные емкости от 0,5 до 1 м³, выдерживающие давление до 5 кгс/см², и трубопроводы диаметром не менее 100 мм с задвижкой. Сырье загружается в бункер и из бункера — в реактор с помощью компрессора.

Применяются поршневые компрессоры марки ИФ-56 для малых и средних биогазовых установок с объемом реакторов до 40 м³. Для больших установок с объемом реакторов от 50 м³ используются компрессоры ФУ-12. Компрессоры одновременно служат для откачки вырабатываемого биогаза.

СИСТЕМЫ СБОРА БИОГАЗА

Система сбора биогаза состоит из распределительного газового трубопровода с запорной арматурой, сборника конденсата, предохранительного клапана, компрессора, ресивера, газгольдера и потребителей биогаза (кухонные плиты, нагреватели воды, двигатели внутреннего сгорания и др.) Система монтируется только после установки биогазового реактора в рабочее положение.

Отверстие для отбора биогаза из реактора должно располагаться в его верхней части. Вслед за сборником конденсата устанавливается предохранительный клапан, а также водяной затвор, выполненный в виде емкости с водой, который обеспечивает пропускание газа только в одном направлении.

Водяные затворы

Биогаз, образующийся в реакторе биогазовой установки, содержит большое количество водяных паров, которые могут конденсировать на стенках трубопроводов и приводить к их закупорке. В идеале газовая система должна располагаться так, чтобы конденсирующаяся влага могла стекать прямо в реактор. Если это невозможно, на низких участках системы должны быть установлены водяные затворы. Ручные водяные затворы легки в эксплуатации, но, если их регулярно не опустошать, система будет блокироваться из-за слишком высокого уровня воды в них.

Газопровод

Газовая система соединяет биогазовую установку с газовыми приборами с помощью труб. Эта система должна быть безопасной, экономичной и предоставлять необходимое количество газа для каждого прибора. Наиболее часто используются трубы из гальванизированной стали или пластиковые трубы. Очень важно, чтобы газовая система была газонепроницаемой и служила на протяжении всего эксплуатационного периода биогазовой установки.

Трубопроводы для подачи биогаза от установки к потребителям должны быть защищены от повреждения. Утечки газа могут быть проверены с помощью мыльного раствора, наносимого на места соединения труб. Газопровод также должен быть оснащен предохранительно-сбросным клапаном, выпускающим биогаз в атмосферу при повышении давления свыше $0,5 \text{ кг/см}^2$. Избыток биогаза необходимо сжигать в факельных горелках.

Газовые трубы

Минимум 60% неработающих биогазовых установок относятся к установкам, не работающим из-за дефектов в газопроводной системе. Поэтому важно правильно установить газопроводную систему. Рекомендуется пользоваться одним размером труб, клапанов и деталей для всей системы. Требования к газопроводной системе для биогаза не отличаются от общих стандартов. Можно использовать пластиковые трубы, устойчивые к действию ультрафиолетовых солнечных лучей.

Стальные трубы

Трубы диаметром 1,2 – 1,8 см и длиной менее 30 метров подходят для маленьких и средних биогазовых установок. Для больших установок, большей длины труб и меньшего давления необходим особый расчет размера труб. При установке газовых труб особое внимание должно уделяться:

- газонепроницаемым соединениям;
- водяному затвору на самом низком участке труб для сбора влаги;
- защите от механических повреждений;

Гальванизированные стальные трубы являются надежной и долговечной альтернативой пластиковым трубам. Они могут быть демонтированы и использованы снова, если необходимо. Они удароустойчивы. Но они дорогие и установка их возможна при наличии квалифицированных специалистов, поэтому они рекомендуются только в тех местах, где нельзя установить пластиковые трубы.

Пластиковые трубы

Пластиковые (PVC) трубы дешевы и легки в установке, но они реагируют на солнечную радиацию и могут быть легко сломаны, поэтому рекомендуется устанавливать их под землей.

Диаметр труб

Необходимый диаметр труб зависит от расхода биогаза газовыми приборами и расстоянием между газгольдером и приборами, в которых используется биогаз. Большие расстояния понижают давление биогаза в трубе. Чем длиннее расстояние и больше расход газа, тем больше потери за счет трения. Углы и арматура увеличивают потери давления. Потери давления в трубах из пластика меньше, чем в трубах из гальванизированной стали. Таблица 11 содержит сведения о диаметрах труб и расходе биогаза, а также о длине труб для потерь давления менее чем 5 мбар (0,005 кг/см²).

Таблица 11. Подходящий диаметр труб для разных длин труб и разного расхода газа [8]

	Гальванизированные стальные трубы			PVC трубы		
Длина (м):	20	60	100	20	60	100
Расход (м ³ /ч)						
0,1	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,2	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,3	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,4	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
0,5	1,2 см	1,2 см	1,8 см	1,2 см	1,2 см	1,2 см
1,0	1,8 см	1,8 см	1,8 см	1,2 см	1,8 см	1,8 см
1,5	1,8 см	1,8 см	2,4 см	1,2 см	1,8 см	1,8 см
2,0	1,8 см	2,4 см	2,4 см	1,8 см	1,8 см	2,4 см

Из таблицы следует, что для пропуска расхода газа 1,5 м³/ч и длине труб до 100 метров наиболее подходящими являются пластиковые трубы диаметром 1,8 см. Другая возможность заключается в выборе для главной трубы диаметра 2,4 см и диаметра 1,2 см для всех остальных труб системы.

Расположение трубопроводной системы

Пластиковые трубы могут быть использованы для подземных систем или систем, защищенных от солнца и механических ударов. Во всех других случаях используются гальванизированные стальные трубы. Для отвода газа непосредственно от биогазовой установки рекомендуется использовать гальванизированные стальные трубы диаметром 2,4 см.

Пластиковые трубы должны располагаться на глубине не менее 25 см под землей и быть окружены песком или мягкой землей. Затем после проверки трубопроводной системы на герметичность канава аккуратно засыпается обычной землей. Проверка на герметичность производится с помощью закачивания воздуха в пустую трубопроводную систему под давлением в 2,5 раза больше максимального ожидаемого газового давления. Если после нескольких часов очевидны потери воздуха – понижается давление, тогда все соединения проверяются путем полива их мыльной водой (при утечках газа на поверхности труб будут образовываться пузыри).

Краны и арматура

Наиболее надежные краны – хромированные шаровые клапаны. Клапаны, обычно используемые для водных систем, не подходят для использования в газовой системе. Главный газовый клапан должен быть установлен близко к реактору. Шаровые краны как предохранительные приборы должны быть установлены на всех газовых приборах. Правильно подобранные и установленные краны и арматура позволяют проводить работы по ремонту и чистке газовых приборов без отключения главного газового крана.

ГАЗГОЛЬДЕРЫ

Оптимальный способ накопления биогаза зависит от того, для каких целей будет использован биогаз. Если предусмотрено прямое сжигание в горелках котлов и двигателей внутреннего сгорания, то большие газгольдеры не нужны. В таких случаях газгольдеры используются для выравнивания неравномерности газовыделения и улучшения условий последующего горения.

В условиях небольших БГУ в качестве газгольдеров могут быть использованы большие автомобильные или тракторные камеры, но чаще всего используются пластиковые или стальные газгольдеры.

Выбор размера газгольдера

Размер газгольдера, то есть его объем, зависит от уровня производства и уровня потребления биогаза. В идеале газгольдер должен быть рассчитан для того, чтобы вмещать суточный объем вырабатываемого биогаза. В зависимости от типа газгольдера и выдерживаемого им давления объем газгольдера составляет от 1/5 до 1/3 от объема реактора.

Пластиковые газгольдеры

Газгольдеры, сделанные из пластика или резины, используются в развитых странах для сбора биогаза в совмещенных установках, где пластиком покрывается открытая емкость, служащая в качестве реактора. Еще одним вариантом является отдельный пластиковый газгольдер.



Рис.23а. Стальные газгольдеры среднего давления в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Стальные газгольдеры

Стальные газгольдеры можно разделить на два вида:

- газгольдеры низкого давления, сухие и мокрые ($0,01-0,05 \text{ кг/см}^2$). Вместо установки таких газгольдеров, следует рассмотреть возможность использования пластикового газгольдера, так как отдельно стоящие газгольдеры низкого давления стоят больше и оправданы только в случае большого расстояния (минимум 50-100 м) от установки до использующих биогаз приборов. Такие газгольдеры также используются для смягчения разницы между ежедневным производством и использованием газа;
- газгольдеры среднего ($8-10 \text{ кг/см}^2$) и высокого (200 кг/см^2) давления. Газ в такие газгольдеры закачивается с помощью компрессора. Газгольдеры среднего давления используются в Кыргызстане на средних и крупных биогазовых установках. Газгольдеры высокого давления используются для заправки автомашин и баллонов.



Рис.23б. Стальные газгольдеры высокого давления в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Контрольно-измерительные приборы

Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на газгольдеры, включают: водяной затвор, предохранительный клапан, манометр и редуктор давления. Стальные газгольдеры должны быть заземлены.

СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

Цели перемешивания

Перемешивание сброженной массы в реакторе повышает эффективность работы биогазовых установок и обеспечивает:

- высвобождение образующегося биогаза;
- перемешивание свежего субстрата и популяции бактерий;
- предотвращение формирования корки и осадка;
- предотвращение появления участков разной температуры внутри реактора;
- равномерное распределение популяции бактерий;
- предотвращение формирования пустот и скоплений, уменьшающих рабочую площадь реактора.

Методы перемешивания.

Перемешивание сырья может осуществляться следующими основными способами: механическими мешалками, биогазом, пропускаемым через толщу сырья, и перекачиванием сырья из верхней зоны реактора в нижнюю. Рабочими органами механических мешалок являются шнеки, лопасти, планки. Приводятся в действие они могут вручную или от двигателя.

Механическое перемешивание

Механическое перемешивание с помощью лопаточных роторов используется чаще всего в горизонтальных стальных реакторах. Горизонтальная ось проходит по всей длине реактора. К ней крепятся лопатки или трубки, загнутые в петли. При повороте оси сырье перемешивается, корка ломается, а осадок устремляется к выходному отверстию.

Механические мешалки с ручным приводом наиболее просты в изготовлении и эксплуатации. Они используются в реакторах небольших установок с незначительным выходом биогаза. Конструктивно они представляют собой горизонтально или вертикально установленный вал внутри реактора параллельно центральной оси. На валу закреплены лопасти или другие элементы с винтовой поверхностью, обеспечивающие перемещение массы, обогащенной метановыми бактериями, по направлению от места выгрузки к месту загрузки. Это позволяет увеличить скорость образования метана и сократить время пребывания сырья в реакторе.

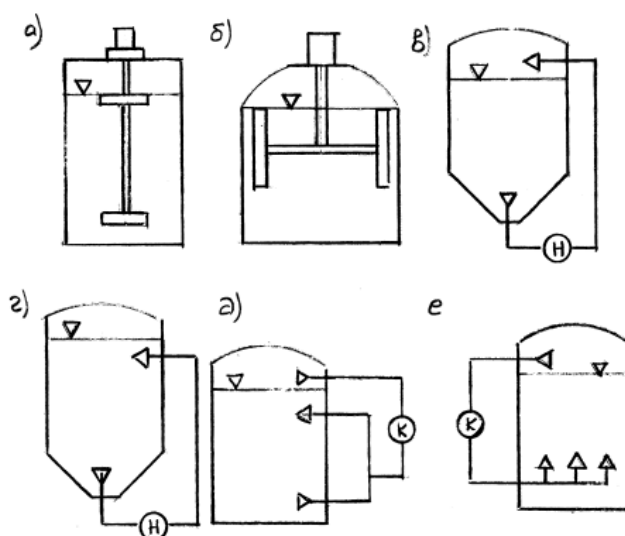


Рис.24. Системы перемешивания сырья для вертикальных реакторов

а,б – механическая мешалка; в,г – с помощью насоса;
д – биогазом и жидкостью; е – биогазом.

Гидравлическое перемешивание

С помощью насоса можно полностью перемешивать сырье при одновременной загрузке и выгрузке сырья. Такие насосы часто располагаются в центре реактора для выполнения дополнительных функций.

Пневматическое перемешивание

Пневматическое перемешивание путем закачивания выделяющегося биогаза обратно в реактор осуществляется с помощью монтажа на дне реактора системы трубопроводов и обеспечивает мягкое перемешивание сырья. Главная проблема таких систем заключается в проникновении сырья в газовую систему. Это можно предотвратить, установив систему клапанов.

Перемешивание путем пропускания биогаза через толщу сырья дает хорошие результаты только в том случае, если сбраживаемая масса сильно разжижена и не образует корки на свободной поверхности.

Частота перемешивания сырья

Перемешивание может быть постоянным или периодическим в зависимости от режима работы реактора. Оптимальный режим перемешивания значительно уменьшает время сбраживания сырья и предотвращает образование корки.

Хотя частичное перемешивание случается за счет высвобождения из сырья биогаза, за счет температурного движения и движения за счет поступления свежего сырья, такого перемешивания недостаточно.

Перемешивание должно производиться регулярно. Слишком редкое перемешивание сырья приведет к расслоению сырьевой массы и образованию корки, снижая тем самым эффективность газообразования. Хорошо перемешиваемое сырье может дать на 50% больше биогаза.

Слишком частое перемешивание может повредить ферментационным процессам внутри реактора - у бактерий нет времени «поесть». К тому же это может привести к выгрузке не полностью переработанного сырья. Идеальным является осторожное, но интенсивное перемешивание каждые 4 – 6 часов.

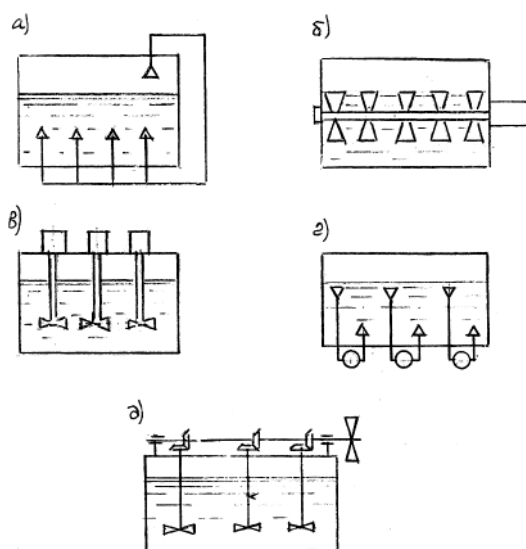


Рис.25. Устройства перемешивания сырья для горизонтальных реакторов

а – биогазом; б – механическими лопастями;
в – механическими мешалками с электродвигателями;
г – с помощью насоса;
д – механическими мешалками от ветряного двигателя.

СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА СЫРЬЯ

Многие биогазовые установки маленького масштаба в Кыргызстане были построены без систем подогрева и без теплоизоляции. Отсутствие системы подогрева позволит установке работать только в психрофильном режиме и получать меньшее количество биогаза и биоудобрения, чем в мезофильном и термофильном режимах. Для обеспечения более высокого производства биогаза и биоудобрений, а также лучшего обеззараживания сырья используются два метода подогрева: прямой подогрев в форме пара или смешивающейся с сырьем горячей воды и не прямой подогрев через теплообменник, где подогревающий материал, обычно горячая вода, подогревает сырье, не смешиваясь с ним.

Прямой подогрев

Прямой подогрев паром имеет серьезный недостаток - установка нуждается в парогенерирующей системе, включающей очистку воды от солей, и при применении подогрева паром может случиться перегрев сырья. Высокая стоимость такой системы обогрева делают ее экономически выгодной только при использовании в больших установках, перерабатывающих сточные воды. Добавление горячей воды повышает влажность субстрата и должно использоваться только там, где это необходимо.

Непрямой подогрев

Непрямой подогрев осуществляется теплообменниками, расположенными внутри или снаружи реактора, в зависимости от формы реактора, типа сырья и способа эксплуатации установки.

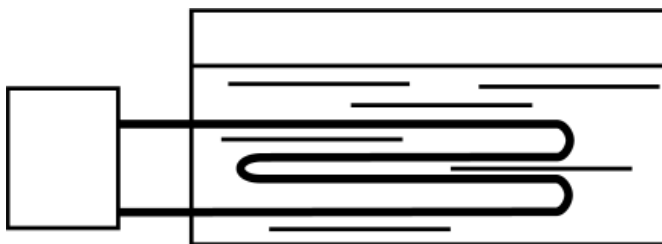


Рис.26. Устройство для непрямого подогрева сырья

Подогрев пола не показал хороших результатов, так как скапливающийся на дне реактора осадок затрудняет подогрев сырья. Внутренний подогрев является хорошим решением, если теплообменник достаточно прочен, чтобы не сломаться при движении сырья в реакторе. Чем больше площадь теплообменника, тем более однородно подогревается сырье и лучше протекает процесс ферментации (см. рис. 26). Внешний подогрев с помощью теплообменника с теплопроводящими элементами на поверхности стен реактора биогазовой установки менее эффективен из-за потерь тепла с поверхности стен. С другой стороны, вся стена реактора может быть использована для подогрева и внутри реактора ничто не препятствует движению сырья. Промежуточный подогрев сырья осуществляется обычно в бункере загрузки и обеспечивает преимущества более легкого доступа для очистки и ремонта реактора.

Внутренние и внешние системы подогрева

Для достижения максимальной эффективности образования биогаза анаэробная переработка нуждается в определенных температурных условиях, предпочтительно близких для достижения оптимума процесса. В Кыргызстане система подогрева и изоляция реактора необходимы для достижения нужной температуры процесса и предотвращения потерь энергии. Для подогрева реактора до мезофильной температуры с помощью электричества в среднем необходимо 330 Вт на 1 м³ объема реактора.

Наиболее распространенной системой подогрева сырья является внешняя система подогрева с водонагревательным котлом, работающим на биогазе, электричестве или твердом топливе. В качестве нагревательных элементов применяют теплообменники в виде змеевиков, секций радиаторов, параллельно сваренных труб, где теплоносителем служит горячая вода с температурой около 60°C. Более высокая температура повышает риск налипания взвешенных частиц на поверхности теплообменника.

Теплообменники рекомендуется располагать в зоне действия перемешивающего устройства, что помогает избежать осаждения твердых частиц на их поверхности.



Рис.27. Водонагревательный котел системы обогрева реактора в с. Петровка.
Фото: Веденев А.Г., ОФ «Флюид»

Монтаж системы обогрева

При монтаже системы обогрева важно обеспечить условия, необходимые для естественного движения жидкости в этой системе. Для этой цели нужно обеспечить подачу горячей воды в верхнюю точку системы и возврат охлажденной воды в нижнюю точку.

На трубопроводах отопления должны быть установлены вентили для выпуска воздуха из верхних точек, а система обогрева должна быть оборудована расширительным баком для компенсации изменения объема воды. Для контроля температуры внутри реактора биогазовой установки должен быть установлен термометр.

ТИПЫ УСТАНОВОК, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В КЫРГЫЗСТАНЕ

С учетом климатических и других условий в Кыргызстане рекомендуется внедрять следующие типы биогазовых установок.

Биогазовая установка с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе

Простейшая биогазовая установка (Рис. 28) предназначена для небольших фермерских хозяйств. Объем реактора установки от 1 до 10 м³ рассчитан на переработку 50 – 200 кг навоза в сутки. Установка содержит минимум составных частей для обеспечения процесса переработки навоза и получения биоудобрений и биогаза: реактор, бункер загрузки свежего сырья, устройство отбора и использования биогаза, устройство выгрузки сброженного сырья.

Биогазовая установка может быть использована в южных регионах Кыргызстана без подогрева и перемешивания и предназначена для работы в психофильном температурном режиме от 5°C до 20°C. Выбатываемый биогаз сразу направляется на использование в бытовых приборах.

Переработанная масса удаляется из реактора через выгрузочную трубу в момент загрузки очередной порции сырья или за счет давления биогаза в реакторе установки. Выгружаемая сброженная масса попадает в емкость для временного хранения, которая по объему должна быть не менее объема реактора.

Простейшую биогазовую установку может построить своими силами любой фермер. В таблице приводится спецификация и смета на материалы, которые понадобятся для ее строительства.

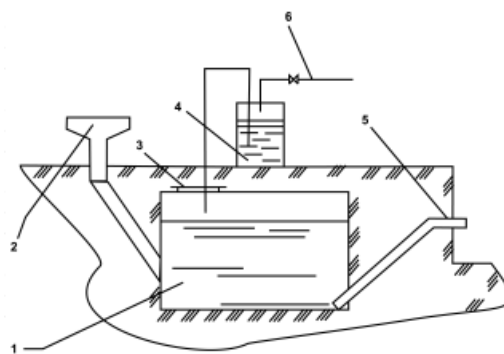


Рис.28. Схема простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе

- 1 – реактор; 2 – бункер загрузки;
3 – люк для доступа в реактор;
4 – водяной затвор; 5 – выгрузочная труба;
6 – отвод биогаза.

Таблица 12. Спецификация и смета на изготовление простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе

№	Объем реактора	Количество материалов и стоимость в тыс. сомов									
		1м ³		3м ³		5м ³		7м ³		10м ³	
		Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.
1	Реактор (стальная емкость)	1	1	1	4	1	7,5	1	9,5	1	12,5
2	Бункер загрузочный (стальной)	1	0,5	1	0,7	1	0,9	1	1	1	1,1
3	Труба загрузочная стальная Ф-300 (м.)	1	0,3	1,5	0,4	2	0,6	2,5	0,8	2,5	0,8
4	Труба разгрузочная стальная Ф-300 (м.)	1	0,3	1,5	0,45	2	0,6	2,5	0,8	25	0,8
5	Емкость для хранения полученных удобрений (сталь, бетон и пр.)	1	0,5	1	1	1	1,5	1	2,5	1	3,5
6	Труба Ф-25 (м.)	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
7	Труба Ф-15 (м.)	5	0,3	5	0,3	5	0,3	5	0,3	5	0,3
8	Клапан предохранительный, шт.	1	0,1	1	0,1	1	0,15	1	0,2	1	0,2
9	Водяной затвор, шт.	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
10	Кран Ф-25, шт.	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12

11	Кран Ф-15, шт.	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05
12	Манометр (0-1 кгс/см ²) , шт.	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
13	Вспомогательные материалы		1		1		1,2		1,2		1,5
	Итого		5,07		9,02		13,82		17,37		21,77

Последовательность работ по строительству простейшей биогазовой установки

При самостоятельном изготовлении простейшей биогазовой установки рекомендуется придерживаться следующего порядка: после определения ежесуточного объема навоза, накапливаемого в хозяйстве для переработки в биогазовой установке, и выбора нужного объема реактора нужно выбрать месторасположение реактора и заготовить материалы для реактора биогазовой установки. Затем осуществляются монтаж загрузочной и выгрузочной труб и подготовка котлована для биогазовой установки. После установки реактора в котлован производится монтаж загрузочного бункера и газоотвода, после чего устанавливается крышка люка, который будет использоваться для технического обслуживания и ремонта реактора. Затем производится проверка реактора на герметичность, окраска и теплоизоляция установки. Установка готова к запуску в эксплуатацию!

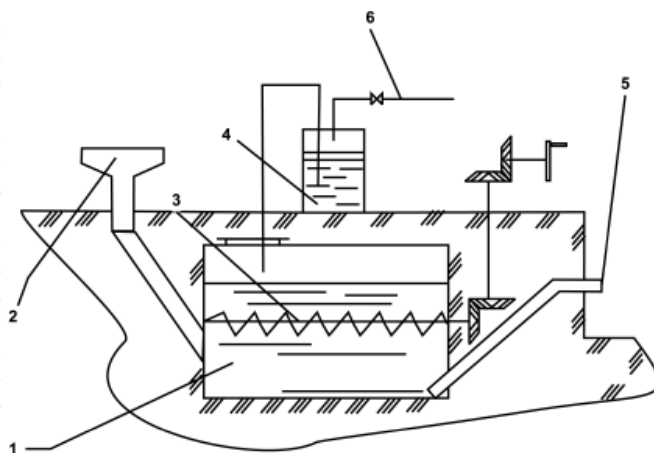


Рис.29. Схема биогазовой установки с ручной загрузкой и перемешиванием сырья

- 1 – реактор; 2 – бункер загрузки;
- 3 – перемешивающее устройство;
- 4 – водяной затвор;
- 5 – выгрузочная труба;
- 6 – отвод биогаза.

Биогазовая установка с ручной загрузкой и перемешиванием сырья

Строительство биогазовой установки с ручной загрузкой и перемешиванием сырья (Рис. 29) также не требует больших финансовых затрат.

Она предназначена для небольших фермерских хозяйств. Объем реактора установки от 1 до 10 м³ рассчитан на переработку 50 – 200 кг навоза в сутки. Для повышения эффективности работы биогазовой установки смонтировано устройство ручного перемешивания сырья.

Биогазовая установка с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе

Для более интенсивного и стабильного процесса сбраживания установлена система подогрева реактора (Рис. 30).

Установка может работать в мезофильном и термофильном режимах. Реактор биогазовой установки подогревается при помощи водогрейного котла, работающего на производимом биогазе. Остальной биогаз используется напрямую в бытовых приборах.

Переработанное сырье хранится в специальной емкости до времени внесения в почву.

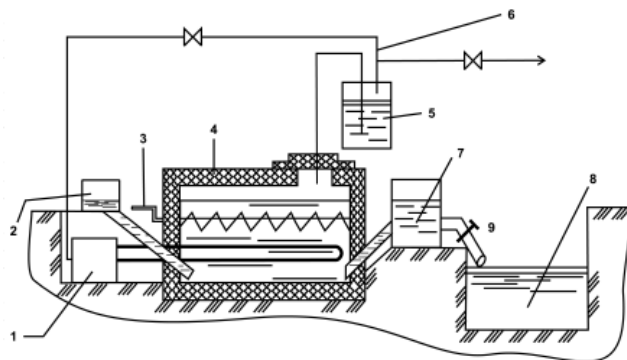


Рис.30. Схема биогазовой установки с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе

- 1 – котел водогрейный; 2 – бункер загрузки;
- 3 – перемешивающее устройство; 4 – реактор;
- 5 – водяной затвор; 6 – газоотвод; 7 – выгрузочный бункер; 8 – хранилище для биоудобрений; 9 – выгрузочная труба.

Биогазовая установка с ручной загрузкой, газгольдером, пневматическим перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

Простая установка с ручной загрузкой сырья в реактор снабжена автоматическим откачивающим устройством вырабатываемого биогаза и газгольдером для его хранения (Рис. 31).

Перемешивание сырья в реакторе производится пневматическим способом с использованием биогаза.

Такая биогазовая установка может работать во всех температурных режимах сбраживания.

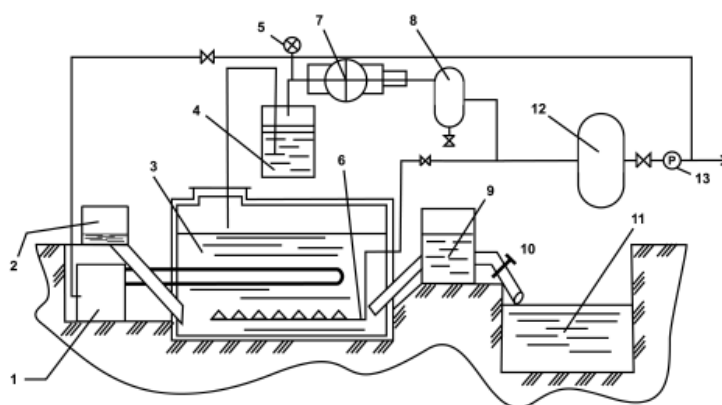


Рис.31. Схема биогазовой установки с ручной загрузкой, газгольдером, пневматическим перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

- 1 – водогрейный котел; 2 – бункер загрузки; 3 – реактор;
4 – водяной затвор; 5 – манометр электроконтактный;
6 – перемешивающее устройство; 7 – компрессор;
8 – ресивер; 9 – бункер выгрузки сырья;
10 – выгрузка сырья; 11 – хранилище для биоудобрений;
12 – газгольдер; 13 – редуктор газовый.

Биогазовая установка с газгольдером, ручной подготовкой и пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

Установка (Рис.32) предназначена для малых и средних фермерских хозяйств с возможностью переработки от 0,3 до 1,5 тонн сырья в сутки. Объемы реакторов – от 5 до 25 м³.

Загрузка и перемешивание сырья механизированы и производятся с помощью пневматической системы. Подогрев сырья в реакторе биогазовой установки производится с помощью теплообменника с водонагревательным котлом, работающим на биогазе. Трубопровод выгрузки сырья имеет разветвление для сбора биоудобрений в хранилище и для загрузки в транспортные средства для вывоза на поле.

Устройство этой биогазовой установки (Рис. 32) предусматривает ручную подготовку и пневматическую загрузку сырья в реактор, часть вырабатываемого биогаза используется для подогрева сырья в реакторе. Перемешивание производится биогазом. Отбор биогаза производится автоматически. Биогаз хранится в газгольдере. Установка может работать в любом температурном режиме сбраживания сырья.

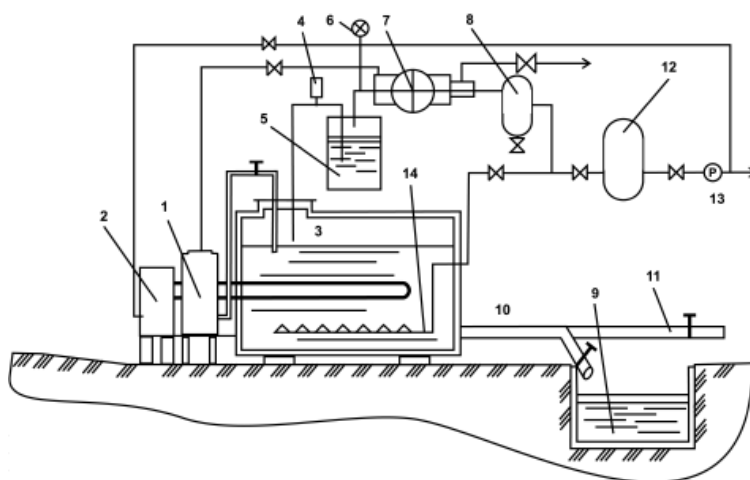


Рис.32. Схема фермерской биогазовой установки с газгольдером, ручной подготовкой и пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

- 1 – бункер загрузки сырья; 2 – водонагревательный котел; 3 – реактор;
4 – предохранительный клапан; 5 – водяной затвор;
6 – манометр электроконтактный; 7 – компрессор; 8 – ресивер;
9 – хранилище для биоудобрений; 10 – выгрузка сырья;
11 – отвод трубы для загрузки в транспорт; 12 – газгольдер;
13 – редуктор газовый; 14 – перемешивающее устройство.

Биогазовая установка с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

Отличительной особенностью этой биогазовой установки (Рис. 33), предназначенной для средних и крупных крестьянских хозяйств, является наличие специальной емкости для подготовки сырья, откуда оно подается при помощи компрессора в бункер загрузки, а затем с помощью сжатого биогаза – в реактор установки. Для работы системы обогрева используется часть вырабатываемого биогаза. Установка снабжена автоматическим отбором биогаза и газгольдером для его хранения. Наличие системы обогрева позволяет эксплуатировать биогазовую установку во всех режимах сбраживания.

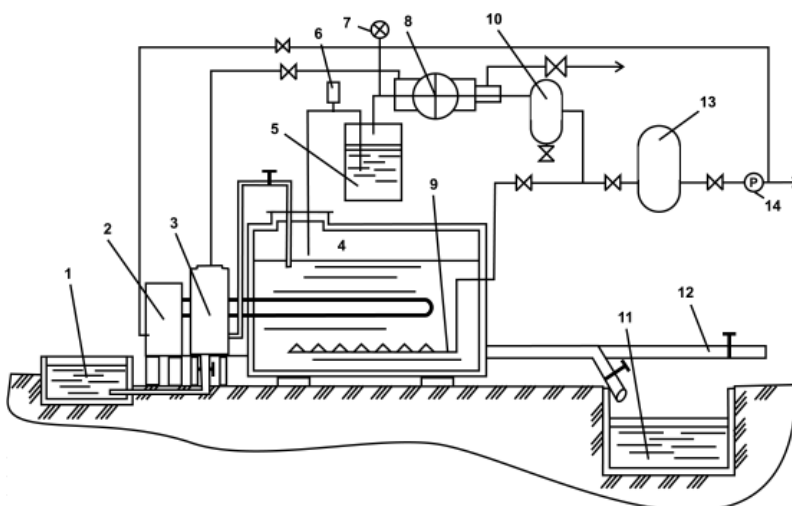


Рис.33. Схема фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе

- 1 - приемник навоза; 2 - водонагревательный котел; 3 - бункер загрузки
4 - реактор; 5 - водяной затвор; 6 - предохранительный клапан;
7 - манометр электроконтактный; 8 - компрессор; 9 - мешалка газовая;
10 - ресивер; 11 - хранилище для биоудобрений;
12 - отвод трубы для загрузки в транспорт;
13 - газгольдер; 14 - редуктор газовый.

Таблица 13. Спецификация на оборудование и материалы для фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе (см. рис. 32 и 33)

№	Наименование оборудования и материалов	Количество на установку					
		5м³	10м³	15м³	25м³	50м³	100м³
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Реактор	1	1	1	1	1	2
2	Котел водогрейный	1	1	1	1	1	2
3	Горелка газовая (инфракрасного излучения)	1	1	1	1	2	4
4	Влагоотделитель	1	1	1	1	1	2
5	Бункер-накопитель: емкость 3-5м³, бетон, металл Ст 3	-	-	-	1	1	1
6	Бак-смеситель: емкость 0,5-1м³, металл Ст 3, давл. 8 кг/см²	1	1	1	1	1	1
7	Компрессор ИФ-56 с приводом для БГУ 5, 25м³; ФУ-12 для БГУ-50, 100	1	1	1	1	1	1
8	Ресивер: от 0,05 до 0,5м³, давл. до 25кг/см²	1	1	1	1	1	1
9	Газгольдер от 3м³ и более, давл. 8-25кг/см²	1	1	1	1	1	1
10	Насос вакуумный	-	-	-	1	1	1
11	Система подогрева	1	1	1	1	1	1
12	Система перемешивания	1	1	1	1	1	1
13	Уровнемер	1	1	1	1	1	2
14	Термометр ртутный стеклянный 0-100° С,	1	2	2	2	2	4

1	2	3	4	5	6	7	8
15	Манометры: электроконтактн. 0 - 1кг/см ² d = 100мм от -1 до +5кг/см ² d = 100мм от 0 до 25кг/см ² d = 100мм от 0 до 1кг/см ² d = 60мм от 0 до 10кг/см ² d = 100мм от 0 до 40кг/см ²	1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
		-	-	-	1	1	2
		1	1	1	1	1	2
16	Вентиль для воды d = 25мм	1	1	1	1	1	2
17	Вентиль газовый: d = 15мм d = 25мм d = 32мм d = 40,50мм	4	4	4	4	8	16
		5	6	7	8	10	12
		1	1	1	1	1	2
		1	1	1	1	1	1
18	Трубы стальные (м): d = 15мм d = 25мм d = 32мм d = 50мм d = 100мм d = 150мм	10	25	30	30	50	100
		40	45	50	60	80	100
		4	5	6	7	7	16
		5	8	10	10	20	40
		30	30	30	40	50	80
		-	-	-	5	5	5
19	Задвижка: d = 100мм d = 150мм	2	3	3	3	3	5
		-	-	-	1	1	1
20	Фланцы: d = 100мм d = 150мм	4	6	6	8	12	16
		-	-	-	2	2	2
21	Крепежные детали (кг): болты м10, м12, м16 шайбы 10, 12, 16	5	7	8	10	15	20
		1	1	1,5	2	3	4
22	Уплотнительные материалы (м ²): резина, паронит	2	2	2,5	3	4	5
23	Отводы Ф-15 Ф-25 Ф-32 Ф-50 Ф-100	12	12	14	16	18	25
		10	10	12	14	16	20
		2	2	2	4	8	12
		10	10	12	12	12	24
		4	6	6	6	8	12
24	Редуктор газовый с манометрами 20/0,2 кг/см ²	1	1	1	1	1	1
25	Фильтр для сероводорода: труба ф250, L=2м	-	-	-	1	1	2
26	Уровнемер электрический	1	1	1	1	1	2
27	Лист стальной 10-12мм (м ²) Лист стальной 4мм (м ²)	2	2	2	2	2	4
		10	10	15	15	20	40
28	Электроды 3мм (КНР), кг	30	30	35	35	60	90
29	Предохранительные устройства	2	2	2	1	1	2
30	Электрошкаф к-т: Автомат 3-ф 39А, 50 А Пускатели Реле тепловое Реле пусковое Кнопки "стоп" красные Кнопки "пуск" черные Трансформатор понижающий 380 / 24÷36 В Клеммник на 24÷30 контактов	1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
		2	5	5	5	6	6
		2	5	5	5	6	6
		2	5	5	5	6	6
		2	2	2	2	2	2
		2	2	2	2	2	2
		1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
31	Провод электрический (м)	30	40	45	50	70	90
32	Кислород, пропан	2	2	3	3	5	8

Таблица 14. Смета на изготовление фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой и перемешиванием сырья, с подогревом сырья в реакторе (см. рис. 32 и 33)

Наименование	тыс. сомов					
	5м³	10м³	15м³	25м³	50м³	100м³
1. Реактор	5,3	11	17	27	44,2	90,0
2. Газгольдер	2,5	5	7	8	12	24
3. Компрессор	4,5	6	9	9	17	22
4. Материалы для обвязки реакторов, газгольдера, подающего, перемешивающего и нагревающего устройств	3,5	5,6	7,3	9,1	14	27
5. Приемный бункер	0	1,2	1,4	1,5	2,2	2,6
6. Устройство для подачи сырья	2,2	2,8	4,2	4,2	5,2	5,2
7. Устройство для анаэробного перемешивания сырья	0,7	0,8	0,9	1,0	1,9	2,7
8. Нагревающее устройство	3,5	5,4	8	9,0	14	25
9. Устройство стабилизации	0,3	0,4	0,5	0,7	1,2	2,1
10. Устройство для контроля уровня, температуры, давления в реакторах	1,3	1,4	1,5	1,6	2,1	4
11. Автоматическое откачивающее устройство	1,2	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7
12. Предохранительные устройства (уровень бункера подачи, давление в реакторах и газгольдере)	1	1,1	1,2	1,2	1,5	2,4
13. Шкаф управления	1,5	2,0	2,0	2	2	2
14. Вспомогательные материалы	2,5	3,2	4,3	5	9	16
15. Заработная плата	15	19	24	29	52	86
Итого*	45	66,4	90	110	180	312,7

* В данную смету не включены транспортные расходы, затраты на общестроительные работы и налоговые отчисления.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК [21]

Стабильная ежедневная работа биогазовой установки требует высокого уровня дисциплины обслуживающего персонала для получения высоких объемов биогаза и биоудобрений и долгой службы установки. Многие проблемы случаются из-за ошибок в эксплуатации. Часто такие проблемы могут быть сведены к минимуму путем:

- выбора простой конструкции установки, адаптированной к местным климатическим условиям и имеющемуся сырью;
- использования высококачественных материалов и приборов;
- хорошего обучения персонала и получения консультаций профессионалов по эксплуатации установки.

Подготовка к запуску

Этап подготовки включает в себя проверку герметичности реактора и газовой системы. Для этого к газовой системе подключаются водяной манометр, перекрываются все краны с тем, чтобы избыточное давление воздуха в реакторе можно было измерить манометром.

Для этого реактор заполняется водой до рабочего уровня. Избыточный воздух будет вытесняться через предохранительный клапан. После этого фиксируют показания манометра и оставляют заполненный водой реактор на сутки. Если по истечении суток показание манометра не изменилось или изменилось незначительно, то можно считать, что газовая система и реактор обладают достаточной герметичностью. При потере давления в реакторе и газовой системе необходимо отыскать и устранить течь.

Работы по пуску биогазовой установки могут быть начаты только тогда, когда установка в целом и ее элементы будут признаны пригодными к эксплуатации и соответствовать требованиям безопасной эксплуатации.

Этап ввода в эксплуатацию

Первоначальная загрузка новой биогазовой установки должна, если возможно, состоять из отработанного сырья из другой установки (около 10%) или свежего навоза крупного рогатого скота, так как для успешной работы требуются штаммы метанообразующих микроорганизмов, большое количество которых содержится в свежем навозе крупного рогатого скота.

Возраст и количество начальной порции сырья имеют сильное влияние на весь курс ферментации. Рекомендуется позаботиться о достаточном количестве сырья еще до окончания строительства установки. При первой загрузке можно разбавить недостаточное количество сырья большим количеством воды, чем обычно, для заполнения реактора на 2/3 объема.

Типы сырья

В зависимости от типа используемого сырья может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель для выхода биогазовой установки на стабильный уровень работы. После разбавления сырья до получения однородной массы нужной влажности его загружают в реактор, который заполняется не более чем на 2/3 внутреннего объема. Оставшийся объем реактора используется для накопления биогаза.

Загружаемое в реактор сырье не должно быть холодным - его температура должна приближаться к выбранной оптимальной температуре сбраживания.

Оптимизация ввода в эксплуатацию

Для оптимизации процесса сбраживания могут быть использованы некоторые известные методы пуска:

- введение в реактор активной закваски от нормально действующего реактора;
- добавление реагентов, таких как известь, углекислый газ, щелочь и другие;
- заполнение реактора теплой водой и постепенное добавление в нее навозных стоков;
- заполнение реактора свежими навозными стоками;
- заполнение реактора горячими газами и постепенная загрузка навозных стоков.

Для обеспечения устойчивого роста микроорганизмов в пусковой период нагрев загруженного сырья должен постепенно увеличиваться не более чем на 2°C в сутки с доведением до 35-37°C. В процессе нагрева должно быть обеспечено интенсивное перемешивание сырья. Через 7-8 суток начинается активная жизнедеятельность микроорганизмов в реакторе и выделение биогаза.

Характеристики этапа ввода в эксплуатацию

Период ввода биогазовой установки в рабочий режим эксплуатации называется пуско-наладочным периодом и характеризуется:

- низким качеством биогаза, содержащим около 60% углекислого газа;
- сильным запахом биогаза;
- падающим уровнем pH;
- непостоянным выходом газа.

Стабилизация процесса

Переход к рабочему режиму эксплуатации происходит быстрее, если сырье часто и интенсивно перемешивается. Если в процессе пуско-наладки стабилизация процесса сбраживания задерживается, нужно добавить в реактор небольшое количество навоза КРС для восстановления баланса pH. Сразу после стабилизации процесса сбраживания большой объем несброженного сырья будет производить большое количество биогаза. После того как уровень производимого биогаза упадет до ожидаемого, можно начинать регулярную загрузку сырья.

Подготовка газгольдера

Подготовку газгольдера для заполнения газом в составе модуля можно производить только после приемки и испытания в соответствии с техническими условиями и после освидетельствования органами Госгортехнадзора.

Во избежание образования взрывоопасной смеси до заполнения газгольдера газом необходимо, чтобы из всей системы, в том числе и из газопроводов, был вытеснен воздух. Вытеснение воздуха производится водой с последующим вытеснением воды газом под давлением или негорючими газами. Вытеснение воздуха считается законченным, если содержание кислорода в пробе газа, взятой из газгольдера не превышает 5 %.

Наружным осмотром должно быть проверено состояние контрольно-измерительных приборов, входящих в состав газгольдера (обратный и предохранительный клапаны, манометр,

редуктор давления). Надежность заземления и молниезащиты газгольдера проверяется с помощью измерителя заземления. Сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом.

Качество газа

В период выхода биогазовой установки на рабочий режим эксплуатации качество биогаза будет невысоким. По этой причине, а также для предотвращения взрывоопасной ситуации, связанной с остаточным кислородом, содержащимся в газгольдерах, первые два суточных объема биогаза должны быть выпущены в воздух. Как только биогаз станет воспламеняемым, он может быть использован для планировавшихся целей.

ЕЖЕДНЕВНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Доза загрузки сырья

Для оптимальной эксплуатации биогазовых установок большое значение имеют суточная доза загрузки свежего навоза и периодичность ее внесения. Доза загрузки - величина непостоянная и зависит от вида сырья, температуры сбраживания и концентрации сухого вещества в сырье.

При малых дозах суточной загрузки сырья, не превышающих 1-5 % объема реактора в сутки, биогаз выделяется меньше, чем при больших дозах в 10-20%. Однако при больших дозах ежесуточной загрузки содержание метана в биогазе сокращается, а содержание углекислого газа – увеличивается.

Оптимальной дозой суточной загрузки для установок с мезофильной температурой брожения с точки зрения качества биогаза можно считать 6-10% от полного объема загружаемого сырья при продолжительности сбраживания 10 – 20 суток. Оптимальной дозой загрузки для термофильного режима можно считать 15-25% при продолжительности брожения от 4 до 8 суток. При использовании психрофильного режима сбраживания рекомендуется загружать не более 2% при ежесуточном добавлении нового сырья. Если используется метод порционной загрузки, то реактор загружается сразу на 2/3 и сырье перерабатывается без добавления свежего навоза в течение 40 и более дней.

Частота загрузки и перемешивания

Суточная доза должна вноситься в реактор не целиком, а постепенно равными порциями через одинаковые промежутки времени 4-6 раз в сутки. После загрузки очередной порции рекомендуется осуществлять перемешивание сырья. Состояние и работа перемешивающих устройств должна проверяться ежедневно.

Контроль процесса сбраживания по цвету сброженной массы

О том, как протекает процесс сбраживания сырья в реакторе, можно судить по интенсивности выделения биогаза, а также по цвету сброженной массы на выходе из реактора.

Отсутствие биогаза или его слабое образование свидетельствует о низкой активности микроорганизмов и может быть обнаружено по серому цвету сброженной массы. Причиной этого может быть также недостаток микроорганизмов, приводящий к затуханию процесса сбраживания, для возобновления которого требуется введение питательных растворов с хорошей концентрацией микроорганизмов и, следовательно, с потенциалом хорошего газообразования.

При избытке питательных веществ возможно образование кислот и снижение активности микроорганизмов. Цвет сброженного сырья в этом случае изменяется на черный, а на его поверхности может образоваться белая пленка. Нейтрализовать кислоты можно введением растительной золы или известковой воды.

Если сброженная масса имеет темно-коричневый цвет и при этом на ее поверхности образуется пена, то можно считать, что идет нормальный процесс брожения.

Контроль уровня сырья

Особой проблемой маленьких установок является закупорка отверстий реактора. Это может привести к слишком большому давлению внутри реактора и закупорке газовой трубы. Для предотвращения этого необходимо проверять уровень сырья и состояние отверстий установки ежедневно.

ЕЖЕНЕДЕЛЬНЫЕ И ЕЖЕМЕСЯЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ:

- контроль водяных затворов;
- обновление газовых фильтров;
- чистка купола в установках с плавающим куполом;
- проверка гибких шлангов и труб на появление пор.

ЕЖЕГОДНЫЕ ОПЕРАЦИИ:

- удаление корки на поверхности сырья и осадка со дна реактора установки;
- вся установка и газовая система должны быть проверены на герметичность и давление.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При эксплуатации биогазовой установки нужно обращать внимание на следующее:

- Вдыхание биогаза в больших количествах в течение долгого времени может вызвать отравление, так как содержащийся в биогазе сероводород очень ядовит. Неочищенный биогаз пахнет тухлыми яйцами, но после очистки не имеет никакого запаха. Поэтому все помещения, где стоят бытовые приборы, использующие биогаз, нужно регулярно проветривать. Газовые трубы должны регулярно проверяться на герметичность и защищаться от повреждений. Обнаружение утечек газа должно производиться с помощью мыльной эмульсии или специальными приборами. Применение открытого огня для обнаружения утечки газа запрещается.
- Биогаз в смеси с воздухом в пропорции от 5% до 15 % при наличии источника воспламенения с температурой 600°C или более может привести к взрыву. Открытый огонь опасен при концентрациях биогаза в воздухе более 12 %. Таким образом, запрещается курение и разведение огня около установки. При проведении сварочных работ расстояние до газового оборудования должно быть не менее 10 метров. После слива сырья из биогазовых установок для проведения ремонта реактор должен проветриваться, так как существует опасность взрыва смеси биогаза и воздуха.
- Давление газа, подаваемого по газопроводу к месту потребления, не должно превышать 0,15 МПа (1,5 кг/см²), а перед бытовыми приборами должно быть не более 0,13 кг/см². Реактор должен быть оснащен задвижками, гидрозатворами, которые в случае необходимости могли бы отключить его от магистрального газопровода биогаза. Реактор должен иметь клапан автоматического сброса избыточного давления в газовой системе в случае его повышения сверх нормы.
- Используемое электрооборудование должно быть заземлено. Сопротивление заземляющего провода должно быть не более 4,0 Ом.
- Основными источниками санитарной опасности является присутствие в жидком навозе и навозных стоках яиц гельминтов, бактерий групп кишечной палочки и другой патогенной микрофлоры. Поэтому нужно соблюдать предохранительные меры для предотвращения заражения. Так, не рекомендуется принимать пищу в помещении фермы и рядом с биогазовыми установками.
- Реактор и хранилище для биоудобрений должны быть построены так, чтобы избежать опасности падения человека внутрь.

Требования Госгортехнадзора

Устройство, эксплуатация и обслуживание биогазовых установок должны соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» Госгортехнадзора Кыргызской Республики, если в состав биогазовых установок входят:

- сосуды, работающие под давлением газа свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).
- баллоны, предназначенные для транспортировки и хранения сжатых газов под давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).
- цистерны и бочки для транспортировки и хранения сжатых газов, давление паров которых при температуре до 50°C превышает давление свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).

К обслуживанию биогазовых установок и проведению газоопасных работ могут быть допущены лица не моложе 18 лет, имеющие разрешение Госгортехнадзора Кыргызской Республики в виде удостоверения установленного образца на право обслуживания биогазовых установок и проведение газоопасных работ.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, МОНИТОРИНГ И РЕМОНТ

Техническое обслуживание биогазовой установки состоит из работ, которые необходимы для эффективной и долгой работы установки, а ремонт осуществляется в случае поломок биогазовой установки.

Таблица 15. Ежедневное техническое обслуживание [8]

Контролируемый показатель	Распространенные проблемы	Устранение проблемы
Давление газа	Слишком большое давление; (Давление газа возрастает, если использование газа меньше, чем производство, и если газгольдер полон)	Неполадки в предохранительном клапане – его нужно почистить или заменить
	Слишком низкое давление; (давление газа падает, если его потребление превышает производство, если есть утечки газа и если газгольдер пуст)	Утечка газа: найти источник утечки и устранить ее; производство биогаза снизилось: проверьте качество сырья
Температура сырья в реакторе	Слишком высокая температура	Неполадки в системе подогрева. Проверить и отремонтировать систему
	Слишком низкая температура	Неполадки в системе подогрева. Проверить и отремонтировать систему; наличие осадка или нежелательного слоя на подогреваемой поверхности: очистить нагреваемую поверхность
Выход биогаза	Выход биогаза ниже обычного	Причины: температура, состав сырья, изменение уровня кислотно-щелочного баланса, разрыв или трещина в реакторе, засоренные газовые трубы: идентифицируйте причину и устраните ее
Сильный запах навоза	Установка перегружена или условия сбраживания неоптимальны	Уменьшить количество загружаемого сырья; откорректировать кислотно-щелочной баланс

Ежемесячное техническое обслуживание:

- проведите чистку и контроль работы газовых бытовых приборов;
- смажьте движущиеся части;
- проведите сервисное обслуживание двигателей;
- проведите обслуживание клапанов давления;
- проведите обслуживание системы перемешивания.

Таблица 16. Контроль арматуры [8]

Контролируемый элемент	Распространенные проблемы	Устранение проблемы
Водяной затвор	Водяной затвор полон	Вылить воду
Система труб	Вода не собирается в водяном затворе; угол установки труб неправильный	Переустановка труб так, чтобы конденсирующаяся вода стекает в водяной затвор
Клапаны давления	Не работают	Чистка фильтров или замена фильтров

Ежегодное обслуживание:

- полная ревизия реактора и всей установки;
- проверьте металлические части установки на наличие ржавчины, обновите защитное покрытие;
- проверьте газовые трубы на герметичность под давлением. Часто утечки газа незаметны во время работы установки, так как компенсируются объемом вырабатываемого биогаза.

Мониторинг

Мониторинг подразумевает сбор данных о работе установки для:

- определения проблем в работе;
- определения реальной экономической выгоды и окупаемости установки;
- сравнения разных типов сырья и методов работы с целью оптимизации.

Должны собираться следующие данные:

- Количество и тип сырья, пропорция воды для разбавления сырья.
- Температура сырья на разных стадиях процесса переработки. При регулярном сборе данных легко определить неполадки в системе подогрева.
- Выход биогаза: замеры производятся газометром, находящимся между газгольдером и реактором (производство биогаза) или между прибором и газгольдером (использование биогаза). В простых установках производство газа может быть измерено во время отсутствия потребления газа. Изменения в производстве газа и скорость таких измерений позволяют более точно определить причину проблемы.
- Производство электричества и тепла в больших установках.
- Кислотно-щелочной баланс (ежемесячно).
- Ежедневное загружаемое количество сырья.
- Количество сероводорода в биогазе (ежемесячно).
- Анализ удобряющего эффекта биоудобрения (ежегодно или сезонно) для определения оптимального количества удобрения для внесения на поля.
- Записи поломок и их причины. Такие записи позволяют сравнивать и легче определять причины поломок.

РЕМОНТ

Поломки, которые могут произойти в работающей биогазовой установке, описаны в нижеприведенной таблице. Наиболее частая причина для беспокойства – снижение производства биогаза.

Таблица 17. Частые причины поломок и их устранение [8]

Поломки	Возможные причины	Шаги к устранению
Заблокирована труба загрузки/выгрузки сырья	Волокнистый материал в трубе или плавающий слой сырья блокирует трубу	Прочистить трубу; удалить или разбить плавающий слой сырья
Снижение уровня сырья	Реактор пропускает жидкость	Очистить реактор и закрыть трещину
Недостаточное количество газа	Газгольдер негерметичен из-за трещин или коррозии	Закрыть трещины, заменить заржавевшие части
Заблокированы краны	Коррозия	Закрыть и открыть краны несколько раз, смазать или заменить их
Газовая труба негерметична	Коррозия или пористость; недостаточная герметизация соединений	Найти негерметичные части и заменить их, герметизировать соединения
Внезапная потеря газа	1) трещина в газовой трубе; 2) водяной затвор пуст; 3) открыт газовый кран	1) отремонтировать или заменить трубу; 2) долить воды, найти причину для излишнего давления, проверить размеры водяного затвора; 3) закрыть кран
Прыгающее газовое давление	1) вода в газовой трубе; 2) заблокирована газовая труба	1. Проверить работу водяного затвора, установить водяные затворы в пониженных частях газовой системы или выровнять положение труб; 2. Найти заблокированный участок (начните с биогазовой установки, проверьте соединения и подходы к газовым приборам) и почистить их

Ремонтные работы выполняются как в случае поломок, так и во время обычной работы установок. Ремонт, выходящий за рамки вышеобозначенного, должен проводиться специалистами, так как владелец установки обычно не имеет технического образования. В любом случае, ежегодная проверка установки должна проводиться обученными техническими специалистами.

Документация

Для обеспечения нормальной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта на объекте должна быть следующая документация:

- 1) принципиальные схемы установки газовой и электрической системы, схема планировки;
- 2) паспорта заводов-изготовителей на сосуды, работающие под давлением;
- 3) планы и графики проведения технического обслуживания и ремонтов составных частей и приборов;
- 4) журналы учета работы установок и инструктажа по технике безопасности и проверки знаний «Правил безопасности в газовом хозяйстве» обслуживающим персоналом.