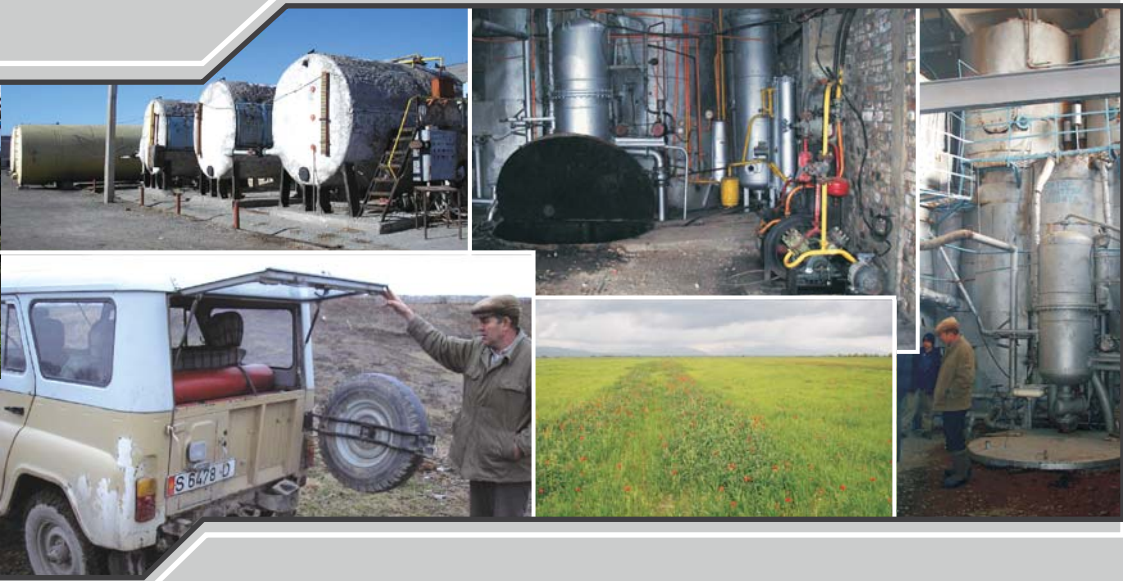


# СТРОИТЕЛЬСТВО БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

краткое руководство



Программа Развития Организации Объединенных Наций

# **Строительство биогазовых установок**

Краткое руководство

Бишкек 2006

УДК 658  
ББК 30.6  
В 26

**В26 Веденев А.Г., Маслов А.Н.**

**Строительство биогазовых установок. Краткое руководство. – Б.:  
«Евро», 2006. – 28 с.**

ISBN 9967-23-533-0

Краткое руководство содержит теоретические и практические рекомендации по внедрению биогазовых технологий.

Приводятся различные конструкции и составные части биогазовых установок, критерии их выбора, схемы работающих и подходящих для условий Республики установок, а также нормы эксплуатации и обслуживания, необходимые для их успешного функционирования.

Для желающих построить биогазовую установку своими силами даны рекомендации и подробная спецификация на материалы и оборудование.

Руководство адресовано широкому кругу читателей: руководителям, сотрудникам НИИ и государственных учреждений, студентам учебных заведений, предпринимателям в области сельского хозяйства и фермерам.

В 2103000000-06

ISBN 9967-23-533-0

УДК 658

ББК 30.6

© Веденев А.Г., Маслов А.Н., 2006

## СОДЕРЖАНИЕ

### Введение

<b>1</b>	<b>Устройство биогазовых установок</b> .....	4
1.1	Принцип действия биогазовой установки.....	4
1.2	Реактор биогазовой установки .....	5
1.3	Устройство загрузки и выгрузки .....	7
1.4	Устройство подогрева сырья.....	7
1.5	Устройство перемешивания сырья.....	8
1.6	Система отбора биогаза .....	10
1.7	Схемы биогазовых установок, спецификации, стоимость и выгоды строительства .....	11
<b>2</b>	<b>Строительство простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе</b> .....	20
2.1	Порядок монтажа.....	20
2.2	Подготовительные работы .....	20
2.3	Сборка реактора .....	21
2.4	Монтаж газоотвода .....	21
<b>3</b>	<b>Работа, обслуживание биогазовых установок</b> .....	21
3.1	Подготовка к запуску .....	21
3.2	Запуск биогазовой установки .....	22
3.3	Обслуживание биогазовой установки.....	23
<b>4</b>	<b>Меры безопасности</b> .....	25

## **ВВЕДЕНИЕ**

В индивидуальных и фермерских хозяйствах всегда имеются отходы крупного рогатого скота (КРС), свиней, птиц, а также отходы растительного происхождения. Их постоянно растущие объемы создают целый ряд проблем по их сбору, транспортировке, хранению, переработке. Присутствие этих отходов создает неблагоприятную экологическую обстановку, связанную с загрязнением окружающей среды, грунтовых вод и почвы.

Наиболее перспективным решением этой проблемы является утилизация сельскохозяйственных отходов в биогазовых установках (БГУ) с получением биогаза и жидких высококачественных органических удобрений. Одновременно установка может быть использована для переработки стоков бытовой канализации и индивидуальных хозяйств.



*Рис.1. Схема переработки органических отходов на биогазовых установках*

## **1. УСТРОЙСТВО БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

### **1.1 Принцип действия**

В основу работы БГУ заложены биологические процессы сбраживания и разложения органических веществ под воздействием метанообразующих бактерий в анаэробных условиях, характерных отсутствием свободного кислорода, высокой влажностью и температурной среды 15-20°С для **психрофильных**, 30-40°С для **мезофильных** и 50-70°С для **термофильных бактерий**.

Анаэробное сбраживание осуществляется в герметичной емкости – реакторе (метантенке) обычно цилиндрической формы горизонтального или вертикального расположения. Для эффективного сбраживания в полости реактора необходимо поддерживать постоянную температуру в соответствии

с принятым режимом брожения: мезофильным или термофильным и осуществлять регулярное перемешивание сбраживаемого сырья.

Следует отметить, что мезофильный режим требует меньших затрат тепла, но распад органических веществ при такой температуре происходит медленнее и не в полном объеме.

Термофильный режим переработки сырья требует больших затрат тепла, имеет более высокую скорость распада, более высокий выход биогаза и наименее вреден для окружающей среды. Однако этот режим более сложен для реализации и контроля.

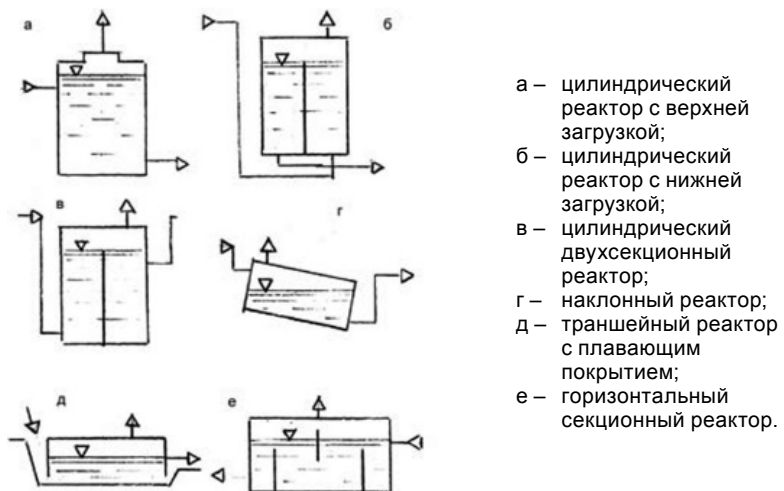
В процессе сбраживания происходит выделение биогаза, содержащего 40-70% метана, 30-60% углекислого газа, около 1% сероводорода и небольшие количества азота и водорода. Объемная теплота сгорания биогаза составляет около 22 МДж.

Количество образующегося биогаза для нормально текущего процесса при температуре 35-37° С и среднем времени удержания сырья в реакторе, равном 10 дням, находится в пределах 30 - 70 м<sup>3</sup> биогаза на тонну сырья в сутки.

Если известен вес суточного свежего навоза, то суточный выход биогаза будет примерно следующим: 1 тонна навоза КРС — 40-50 м<sup>3</sup> биогаза, 1 тонна свиного навоза — 70-80 м<sup>3</sup> биогаза, 1 тонна птичьего помета — 60-70 м<sup>3</sup> биогаза.

## 1.2 Реактор

Реактор может быть изготовлен из строительных материалов, таких как кирпич, камень, бетон, а также из металлической цистерны, бывшей в употреблении.



**Рис.2. Формы реакторов биогазовой установки**

Он может быть размещен над поверхностью земли на фундаменте, закопан в землю или установлен внутри помещения, в котором находятся животные. Важным требованием к реактору является обеспечение герметичности и коррозионной стойкости. 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.

Размеры реактора определяются индивидуально для каждого хозяйства по имеющемуся поголовью домашних животных и с учетом его возможного роста. В случае если точное суточное количество отходов неизвестно, для определения необходимого объема реактора рекомендуется использовать данные, приведенные в таблице:

**Таблица 1. Объем реактора в зависимости от количества навоза, получаемого от одного животного**

Виды животных		Объемы реактора, м <sup>3</sup>
<b>КРС</b>	Теленок до года	0,45-0,75
	Теленок одного – двух лет	1,05-1,75
	Теленок старше двух лет, корова	1,5-2,5
	Вол, племенной бык	1,8-3,0
<b>СВИНЬИ</b>	Поросенок до 12 кг	0,02-0,03
	Поросенок 12-20 кг	0,03-0,05
	Поросенок 20-45 кг	0,09-0,15
	Свинья 45-60 кг (откорм)	0,24-0,4
	Племенная свинья более 60 кг	0,5-0,83
<b>ЛОШАДИ</b>	Жеребенок и лошадь до трех лет	1,05-1,75
	Лошадь старше трех лет	1,65-2,75
<b>КУРЫ</b>	Цыпленок-бройлер , цыпленок (1-я возрастная группа, вес до 1200 г.)	0,004-0,006
	Цыпленок-бройлер, цыпленок (2-я возрастная группа, вес до 800 г.)	0,002-0,004
	Курица-несушка (1, 2-й категории вес 1 500-1 600 г.)	0,005-0,008

**Примечание.** Меньшее значение объема реактора соответствует высокой эффективности сбраживания (более высокой температуре), и наоборот.

Главный критерий при выборе конструкции реактора - это возможность реализовать ее на практике и удобство с точки зрения обслуживания и эксплуатации.

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.

### **1.3 Устройство загрузки и выгрузки**

Работа БГУ предполагает ежедневную загрузку сырья и выгрузку сброженного навоза.

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

Для обеспечения герметичности реактора в процессе загрузки и выгрузки входная и выходная трубы 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.

Для равномерного распределения свежего сырья по всему объему реактора и эффективности удаления переработанного шлама трубы загрузки и выгрузки располагаются на противоположных сторонах реактора.

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 300 мм. Загрузочная труба имеет бункер для предварительной подготовки сырья.

Сброженная масса удаляется из реактора автоматически переливом через выгрузочную трубу в момент загрузки свежего сырья. Из реактора сброженная масса попадает в специальную емкость, которая служит для временного хранения переработанного сырья. Та и другая емкости могут быть изготовлены из бетона или металла.

Другой способ загрузки – пневматический, когда подготовленное сырье загружается в реактор под давлением биогаза.

### **1.4 Устройство подогрева сырья**

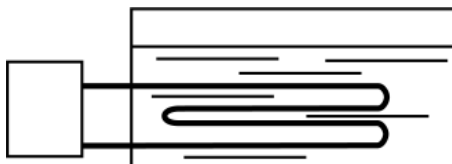
Наиболее распространенной схемой является система отопления и водонагревательного котла, работающего на биогазе, электричестве и твердом топливе (Рис. 3). В качестве нагревательных элементов применяют теплообменники в виде змеевиков, секций радиаторов или параллельно



сваренных труб, где теплоносителем служит горячая вода температурой около 60° С. 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 его внешней поверхности.

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

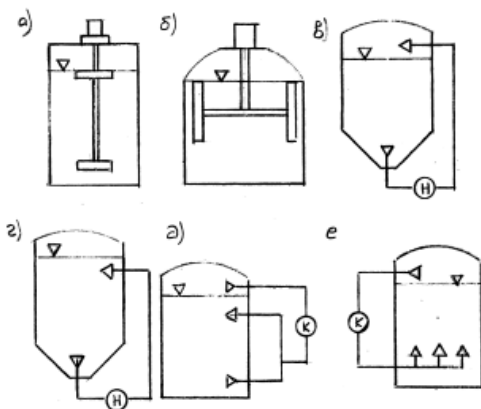


**Рис.3. Подогрев сырья при помощи водонагревательного котла**

На трубопроводах отопления должны быть установлены вентили для выпуска воздуха из верхних точек, а на системе обогрева оборудования - расширительный бачок для компенсации изменения объема воды. Для контроля температуры внутри реактора должен быть установлен термометр или термостат.

### 1.5 Устройство перемешивания сырья

Перемешивание сырья в реакторе повышает эффективность работы БГУ, предотвращает осаждение твердых частиц на теплообменники и дно реактора. Препятствует образованию корки на поверхности.



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

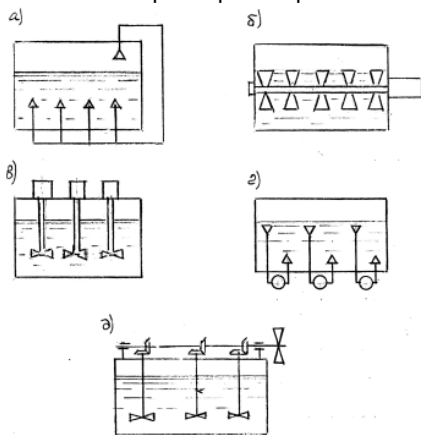
**Рис.4. Способы перемешивания сырья в вертикальных реакторах**

Перемешивание может быть постоянным или периодическим в зависимости от режима работы реактора. Варианты перемешивания для вертикальных и горизонтальных реакторов приведены на рис. 4 и 5.

Перемешивание в основном может быть сведено к следующим способам: механическими мешалками, биогазом (пропускаемым через толщу сырья) и перекачиванием сырья из верхней зоны в нижнюю. Рабочими органами механических мешалок являются шнеки, лопасти и планки. Приводиться в действие они могут вручную, от электродвигателей или от ветряного двигателя.

Механические мешалки с ручным приводом наиболее просты в изготовлении и эксплуатации при использовании в реакторах небольших установок с незначительным выходом биогаза.

Конструктивно они представляют собой горизонтально или вертикально установленный вал внутри реактора параллельно или соосно центральной оси. На валу закреплены лопасти или другие элементы с винтовой поверхностью, обеспечивающие перемещение сырья, обогащенного метановыми бактериями, от места выгрузки к месту загрузки. Это позволяет увеличить скорость образования метана и сократить время пребывания сырья в реакторе.



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

**Рис.5. Способы перемешивания сырья в горизонтальных реакторах**

Перемешивание путем пропуска биогаза через толщу сырья дает хорошие результаты только в случае, если в конструкции биогазовой установки присутствует компрессор, при помощи которого производится откачка вырабатываемого биогаза в газгольдер, из которого часть сжатого биогаза периодически направляется на перемешивание сырья в реакторе.

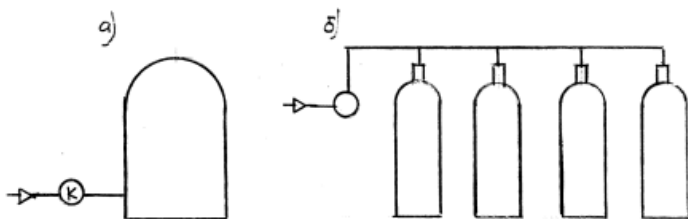
## 1.6 Система отбора биогаза

Система содержит распределительные газовые трубопроводы с запорной арматурой, сборник конденсата, предохранительный клапан, накопитель газа (газгольдер) и потребители биогаза (кухонные плиты, нагреватели воды, двигатели внутреннего сгорания и др.).

Система монтируется только после установки реактора в рабочее положение.

Система должна изготавливаться из стальных труб с внутренним диаметром не менее 15 мм и сварными соединениями. Для запора газовой системы в момент запуска реактора обязательна установка пологооборотного крана.

Для отвода скопившейся влаги в трубопроводах служит сборник конденсата, который устанавливается в самой нижней точке газоотвода из реактора. Биогаз, образующийся в реакторе, содержит большое количество водяных паров, которые могут конденсироваться на стенках трубопроводов и приводить к их закупорке.



а – газгольдер; б – несколько газгольдеров.

**Рис.6. Сбор и хранение биогаза**

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

Внутри емкости входной конец трубопровода опущен в воду, а выходной – расположен над водой. Это позволяет предотвратить проникновение атмосферного воздуха через газовую систему в реактор и избежать обратного удара пламени через систему газораспределения.

Клапан должен быть установлен перед разветвлением системы по направлению к движению газа для того, чтобы весь образующийся биогаз проходил через клапан.

Способ накопления биогаза зависит от того, для каких целей будет использован биогаз. Если предусмотрено прямое сжигание в горелках котлов двигателей внутреннего сгорания, то большие газгольдеры не

нужны. В этом случае они необходимы для выравнивания неравномерности газовой выделения и улучшения тем самым условий горения.

В условиях небольших БГУ в качестве накопителей биогаза (газгольдеров) могут быть использованы большие автомобильные или тракторные камеры. Для накопления больших объемов биогаза используются стальные баллоны малого и среднего объема, рассчитанные на давление до  $200 \text{ кг/см}^2$ , или другие емкости с достаточной толщиной стенки и прочностью. Газ в такие газгольдеры закачивается с помощью компрессора.

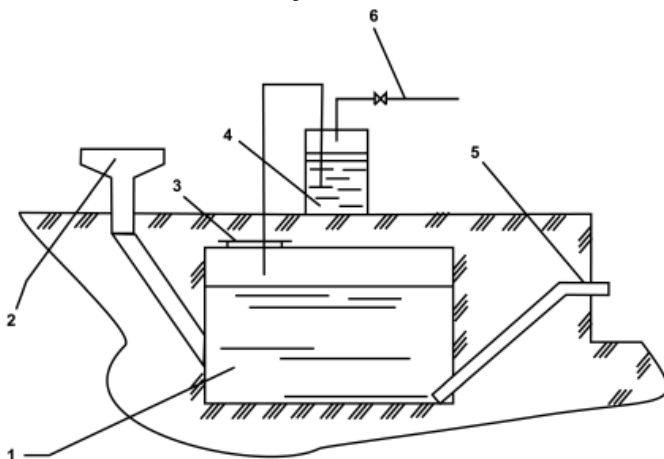
Трубопроводы для подачи биогаза от установки к потребителям должны быть защищены от повреждения. Нужно использовать качественные оцинкованные или полиэтиленовые трубы и по возможности прокладывать их под землей на глубине не менее 25 см.

Для уменьшения риска утечки газа необходимо свести к минимуму использование разъемных соединительных элементов трубопроводов. Утечки газа могут быть проверены мыльным раствором.

Газопровод должен быть оснащен предохранительно-сбросным клапаном, выпускающим биогаз в атмосферу при повышении давления выше  $0,03\text{-}0,035 \text{ МПа}$  ( $0,3\text{-}0,35 \text{ кг/см}^2$ ).

Кроме накопления биогаза в газгольдере, его избыток можно сжигать. Сжигание неиспользуемого газа предотвращает загрязнение атмосферы метаном. Для этого может быть использовано простейшее факельное устройство, установленное поодаль от сгораемых предметов и построек.

## 1.7 Схемы биогазовых установок



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

**Рис.7. Схема простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе**

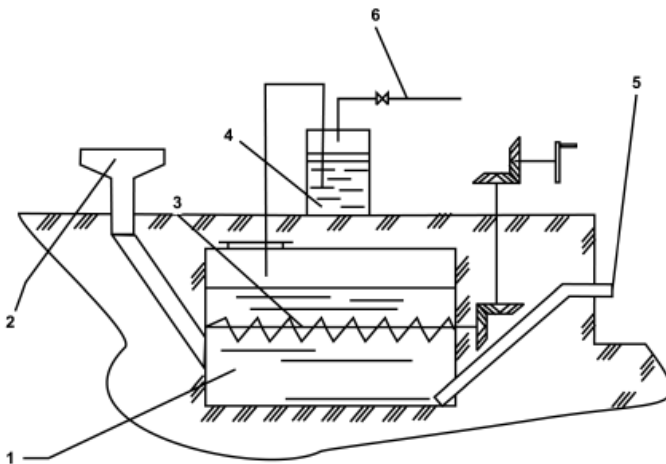
Биогазовая установка (Рис. 7) предназначена для небольших фермерских хозяйств. Объем реактора от 3 до 10 м<sup>3</sup>, рассчитанный на переработку 50 – 200 кг навоза в сутки. Установка содержит минимум составных частей для обеспечения процесса переработки навоза и получения биоудобрений и биогаза. Она может быть использована в южных регионах Кыргызстана без подогрева и перемешивания и работает в психофильном температурном режиме от 5 °С до 20°С. Вырабатываемый установкой биогаз сразу направляется на использование в газовых приборах.

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

**Таблица 2. Спецификация и смета на изготовление простейшей биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева сырья в реакторе, выгоды и окупаемость**

№	Объем реактора	Количество материалов и стоимость, тыс. сомов									
		1м <sup>3</sup>		3м <sup>3</sup>		5м <sup>3</sup>		7м <sup>3</sup>		10м <sup>3</sup>	
		Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.	Кол-во	Тыс. сом.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Реактор (стальная емкость)	1	1	1	4	1	7,5	1	9,5	1	12,5
2	Бункер загрузочный (стальной), шт.	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	2,5	0,8
5	Емкость для хранения полученных удобрений (сталь, бетон и пр.),шт.	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

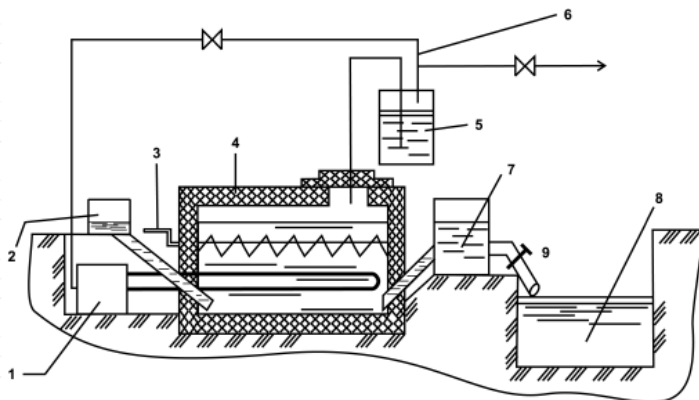
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	Водяной затвор, шт.	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
10	Кран Ф-25, шт.	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12	1	0,12
11	Кран Ф-15, шт.	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05
12	Манометр (0-1 кгс/см <sup>2</sup> ), шт.	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2	1	0,2
13	Вспомогательные материалы, тыс.ком.		1		1		1,2		1,2		1,5
<b>Итого стоимость</b>		<b>5,07</b>		<b>9,02</b>		<b>13,82</b>		<b>17,37</b>		<b>21,77</b>	
Перерабатывает сырья в год, тонн		6,3		18,9		31,5		44,1		63	
Биогаза в год, м <sup>3</sup>		315	<b>0,882</b>	945	<b>2,646</b>	1575	<b>4,410</b>	2205	<b>6,174</b>	3150	<b>8,820</b>
Биоудобрения в год		6,3	<b>1,638</b>	18,9	<b>4,914</b>	31,5	<b>8,19</b>	44,1	<b>11,466</b>	63	<b>16,38</b>
<b>Выгоды в год</b>		<b>2,52</b>		<b>7,56</b>		<b>12,6</b>		<b>17,64</b>		<b>25,2</b>	
Срок окупаемости, месяцы		25		15		14		12		11	



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

**Рис.8. Схема простой биогазовой установки с ручной загрузкой и перемешиванием сырья в реакторе**

Строительство этой установки (Рис. 8) также не требует больших финансовых затрат. Для повышения эффективности работы биогазовой установки смонтировано устройство ручного перемешивания сырья. Установка работает в психофильном режиме, без подогрева сырья в реакторе.

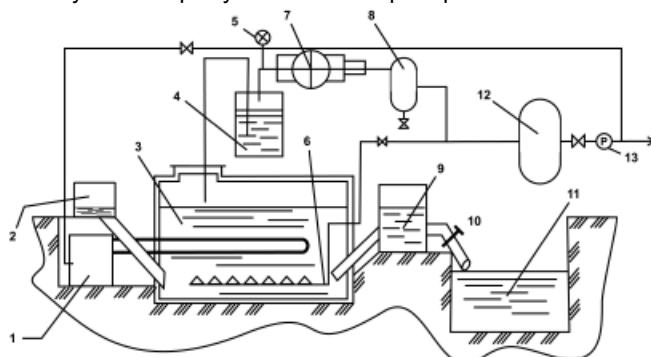


- 1 – водогрейный котел; 2 – бункер загрузки; 3 – перемешивающее устройство; 4 – реактор; 5 – водяной затвор; 6 – отвод биогаза; 7 – выгрузочный бункер, 8 – емкость для хранения биоудобрений; 9 – выгрузочная труба.

**Рис.9. Схема простой биогазовой установки с ручной загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе**

Для более интенсивного и стабильного процесса сбраживания установлена система подогрева реактора (Рис. 9). Установка может работать в мезофильном и термофильном режиме.

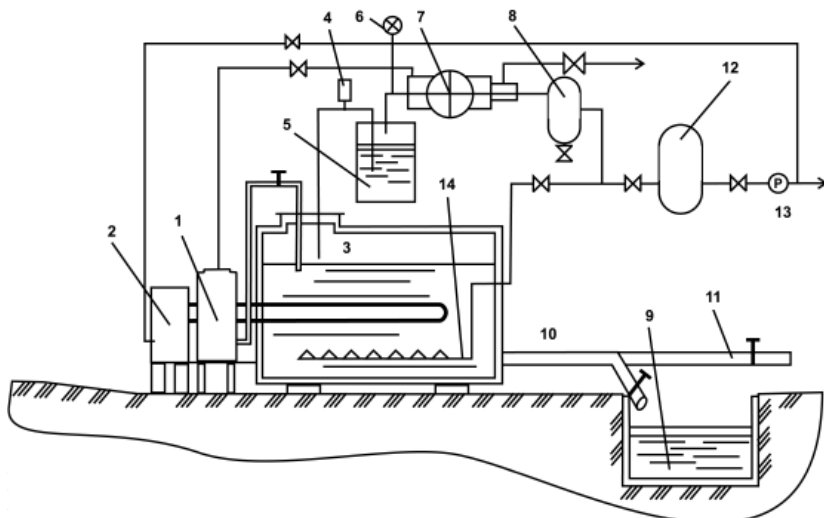
Реактор биогазовой установки подогревается при помощи водогрейного котла, работающего на производимом биогазе. Остальной биогаз используется напрямую в газовых приборах.



- 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 – емкость для хранения биоудобрений; 12 – газгольдер; 13 – редуктор газовый.

**Рис.10. Схема простой биогазовой установки с ручной загрузкой, газгольдером, пневматическим перемешиванием и подогревом сырья в реакторе**

Простая установка с ручной загрузкой сырья в реактор снабжена автоматическим откачивающим устройством вырабатываемого биогаза и газгольдером для его хранения (Рис. 10). Перемешивание сырья в реакторе производится биогазом. Такая биогазовая установка может работать во всех температурных режимах сбраживания.

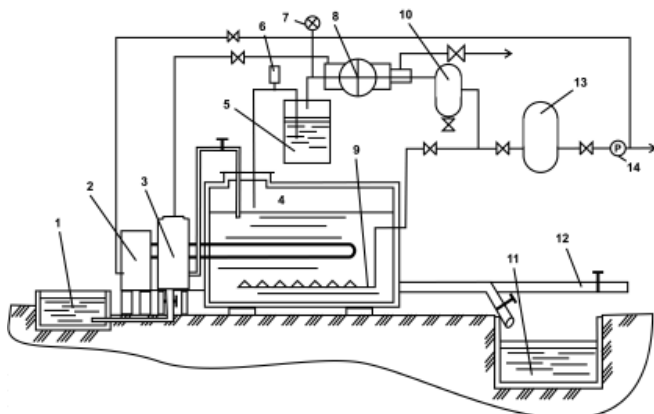


- 1 – бункер загрузки сырья; 2 – водонагревательный котел;  
 3 – реактор; 4 – предохранительный клапан;  
 5 – водяной затвор; 6 – манометр электроконтактный;  
 7 – компрессор; 8 – ресивер; 9 – хранилище для биоудобрений;  
 10 – выгрузка сырья; 11 – отвод трубы для загрузки в транспорт;  
 12 – газгольдер;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

**Рис.11. Схема фермерской биогазовой установки с газгольдером, ручной подготовкой и пневматической загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе для малых и средних крестьянских хозяйств**

Устройство этой биогазовой установки (Рис. 11) предусматривает ручную подготовку и пневматическую загрузку сырья в реактор, часть вырабатываемого биогаза используется для подогрева сырья в реакторе. Перемешивание производится сжатым биогазом. Отбор биогаза производится автоматически. Биогаз хранится в газгольдере. Установка может работать во всех режимах сбраживания.





- 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.

**Рис.12. Схема фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе для средних, и крупных крестьянских хозяйств**

Отличительной особенностью этой биогазовой установки (Рис. 12) является наличие специальной емкости для подготовки сырья, откуда оно подается при помощи вакуумного насоса 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.

**Таблица 3. Спецификация на оборудование и материалы для фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе (см. рис. 11 и 12), выгоды и окупаемость**

№	Наименование оборудования и материалов	Количество на установку					
		5м <sup>3</sup>	10м <sup>3</sup>	15м <sup>3</sup>	25м <sup>3</sup>	50м <sup>3</sup>	100м <sup>3</sup>
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	1	1	1	1	2	4

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Влагоотделитель	1	1	1	1	1	2
5	Бункер-накопитель: емкость 3-5м <sup>3</sup> , бетон, металл Ст 3	-	-	-	1	1	1
6	Бак-смеситель: емкость 0,5-1м <sup>3</sup> , металл Ст 3, давл. 8 кг/см <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1
7	Компрессор ИФ-56 с приводом для БГУ 5, 25м <sup>3</sup> ; ФУ-12 для БГУ-50, 100м <sup>3</sup>	1	1	1	1	1	1
8	Ресивер: от 0,05 до 0,5м <sup>3</sup> , объем. давл. до 25кг/см <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1
9	Газгольдер объемом от 3м <sup>3</sup> и более, давл. 8-25кг/см <sup>2</sup>	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
15	Манометры: электроконтактн. 0 - 1кг/см <sup>2</sup> d = 100мм от -1 до +5кг/см <sup>2</sup> d = 100мм от 0 до 25кг/см <sup>2</sup> d = 100мм от 0 до 1кг/см <sup>2</sup> d = 60мм от 0 до 10кг/см <sup>2</sup> d = 100мм от 0 до 40кг/см <sup>2</sup>	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

1	2	3	4	5	6	7	8
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 <sup>2</sup> ): 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> )	2	2	2	2	2	4
	Лист стальной 3-4мм (м <sup>2</sup> )	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	Электрощкаф: 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 4. Смета на изготовление фермерской биогазовой установки с газгольдером, механической подготовкой, пневматической загрузкой, перемешиванием и подогревом сырья в реакторе (см. рис. 11 и 12)**

Наименование	тыс. сомов					
	5м <sup>3</sup>	10м <sup>3</sup>	15м <sup>3</sup>	25м <sup>3</sup>	50м <sup>3</sup>	100м <sup>3</sup>
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	2	2	2	2
14. Вспомогательные материалы	2,5	3,2	4,3	5	9	16
15. Заработная плата	15	19	24	29	52	86
<b>Итого*:</b>	<b>45</b>	<b>66,4</b>	<b>90</b>	<b>110</b>	<b>180</b>	<b>312,7</b>
Перерабатывает сырья, т. в год**	100	250	360	550	1200	2400
Количество биогаза в год (м <sup>3</sup> ) **	5400	12600	18000	28800	59400	118800
Стоим. биогаза в год (2,8 сом/ м <sup>3</sup> )	15,12	35,28	50,4	80,64	166,32	332,64
Кол-во биоудобрений в год (тонн)	100	250	360	550	1200	2400
Стоим. биоудобрения в год (260 сом/т)	26	65	93,6	143	312	624
<b>Выгоды, в год:</b>	<b>41,12</b>	<b>100,28</b>	<b>144</b>	<b>223,64</b>	<b>478,32</b>	<b>956,64</b>
Срок окупаемости, месяцы	13	8	7,5	7,5	4,5	4

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

\*\* При переработке сырья влажностью 85% в мезофильном температурном режиме.

## **2. СТРОИТЕЛЬСТВО ПРОСТЕЙШЕЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ (РИС. 7.) С РУЧНОЙ ЗАГРУЗКОЙ БЕЗ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И БЕЗ ПОДОГРЕВА СЫРЬЯ В РЕАКТОРЕ**

Простейшая биогазовая установка включает в себя следующие составные части:

- реактор;
- бункер загрузки свежего сырья;
- устройство отбора и использования биогаза;
- устройство выгрузки свежего навоза.

### **2.1 Порядок строительства**

При строительстве простейшей биогазовой установки рекомендуется придерживаться следующего порядка:

1. Определение ежесуточного объема навоза, накапливаемого в хозяйстве;
2. Определение нужного объема реактора;
3. Выбор месторасположения установки;
4. Заготовка материалов для реактора;
5. Монтаж загрузочной и выгрузочной труб;
6. Подготовка котлована для установки реактора;
7. Установка реактора;
8. Монтаж загрузочного бункера;
9. Монтаж газоотвода;
10. Установка крышки люка;
11. Проверка реактора на герметичность;
12. Окраска и теплоизоляция установки;
13. Запуск биогазовой установки.

### **2.2 Подготовительные работы**

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

По возможности рекомендуется подземное размещение, так как оно позволяет уменьшить капиталовложения и исключает использование дополнительного оборудования для загрузки сырья. Значительно улучшается качество терморегулирования, а также появляется возможность использовать дешевые теплоизоляционные материалы – глину и солому.

Термоизоляционные материалы должны иметь хорошие изолирующие свойства, быть дешевыми и доступными. Подходящими материалами являются солома, глина, шлак, сухой

навоз. Утепление производится послойно, сначала засыпают слой соломы, затем глины, и так до верхней части реактора, затем делают досыпку глины со шлаком толщиной не менее 300 мм. Во избежание контакта изоляции и земли используют полиэтиленовую пленку.

### **2.3 Сборка реактора**

Реактор может быть изготовлен как из металла, так и из строительных материалов, таких как: кирпич, цемент, камень. В любом случае реактор должен быть герметичным и коррозионностойким. В первую очередь производится монтаж загрузочной и выгрузочной труб. Их располагают в противоположных сторонах реактора для того, чтобы свежее сырье не попало под выгрузку. Для этого используются трубы диаметром не менее 150 мм. Загрузочная труба подсоединяется к бункеру загрузки, который может быть выполнен из металла или бетона. После этого реактор может быть установлен на фундаменте и теплоизолирован.

### **2.4 Монтаж газоотвода**

Газовая система сооружается только после того, как реактор установлен и закончен общий монтаж. Трубопровод для подачи газа к потребителю должен быть защищен от повреждений. Отвод газа производится в верхней части реактора. Для газоотвода используются стальные трубы диаметром не менее 25 мм.

В систему газоотвода входит водяной затвор, представляющий собой сосуд, наполненный до половины водой. Входной трубопровод погружен в воду, а трубопровод, отводящий газ расположен над водой.

## **3. РАБОТА И ОБСЛУЖИВАНИЕ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

### **3.1 Подготовка к запуску**

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

С помощью насоса или автоцистерны реактор заполняется водой до рабочего уровня. Избыточный воздух будет вытесняться через предохранительный клапан. После этого фиксируют показания водяного манометра и оставляют заполненный 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.

### 3.2 Запуск биогазовой установки

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

Предназначенный для загрузки навоз должен быть подвергнут осмотру на предмет свежести и наличия твердых частиц.

Не рекомендуется для запуска установки использовать навоз старше 5 дней. При более длительном хранении навоза в нем увеличивается содержание кислот. Такое сырье оказывает неблагоприятное воздействие на процесс брожения, так как изменяет оптимальное соотношение микроорганизмов в реакторе, вследствие чего нормальный ход процесса может нарушиться.

Твердые фрагменты неорганического происхождения, такие как: песок, галька, глина и цемент, обуславливают образование осадка, а твердые растительные фрагменты способствуют образованию корки. Это приводит к уменьшению газообразования и сокращению выхода биогаза.

После осмотра навоз загружается в приемный бункер и разбавляется водой до влажности 92-95% в летний период и 85% - в зимний. Для достижения нужной влажности сырье разбавляют водой. (см. таблицу 5). После получения однородности сырье загружается в реактор, который должен быть заполнен не более чем на 2/3 внутреннего объема. Оставшаяся пустота используется для накопления биогаза.

**Таблица 5. Количество воды для достижения необходимой влажности на 100 кг навоза**

Необходимая влажность	Первоначальная влажность сырья						
	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
85%	166 литров	133 литра	100 литров	67 литров	33,5 литра	-	-
92%	400 литров	337 литров	275 литров	213 литров	150 литров	87,5 литра	25 литров

Первоначальная влажность навоза КРС и свиного навоза составляет - 65%, а птичьего помета - 75%.

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

Успешная работа БГУ зависит от наличия в реакторе штаммов метанообразующих микроорганизмов, большое количество которых содержится в свежем навозе крупного рогатого скота (КРС).

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

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

Для обеспечения устойчивого роста микроорганизмов в пусковой период нагрев загруженного сырья должен проводиться постепенно, не более 2-3 градусов в сутки, и доведен до нужной температуры. В процессе нагрева должно быть обеспечено интенсивное перемешивание сырья.

Через 7-8 суток начинается активная жизнедеятельность микроорганизмов в реакторе. Первый биогаз содержит небольшое количество метана и горит неустойчиво. Впоследствии, метанообразование усилится, и биогаз начинает гореть более интенсивно. Реактор догружается отходами не только КРС, но и отходами свиней, птиц и фекальными стоками.

### **3.3 Обслуживание биогазовой установки**

В период эксплуатации БГУ 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.

Для установок, работающих в термофильном режиме, ежесуточная доза загрузки может достигать 20% полного объема загружаемого сырья.

При работе в мезофильном режиме малые дозы загрузки в 1-5 % обеспечивают более низкое выделение биогаза, чем дозы в 10-20%. Однако при больших дозах содержание метана в биогазе сокращается, а углекислого газа – увеличивается.

Поэтому оптимальной дозой суточной загрузки с точки зрения теплотворной способности получаемого биогаза можно считать 6-10% для мезофильного режима работы установки. Суточная доза должна вноситься в реактор не целиком, а постепенно равными порциями через одинаковые промежутки времени 4-6 раз в сутки. Загружаемая порция сырья должна, по возможности подогреться.

Для психофильного режима работы установки доза загружаемого сырья должна быть 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.



Процесс сбраживания является сложным биохимическим явлением. Поэтому обязательным условием успешной эксплуатации БГУ является создание условий, необходимых для развития организмов, обеспечивающих процесс метанового сбраживания.

Разные штаммы бактерий имеют различные оптимальные температуры жизнедеятельности. Максимальный объем вырабатываемого биогаза у психрофильных бактерий наблюдается при температуре +23 градуса, у мезофильных бактерий - при +35 градусах, у термофильных - при +55 градусах. Колебания температуры в течение суток не должны превышать двух градусов для психрофильного режима сбраживания, одного градуса – для мезофильного и 0,5 градуса – для термофильного режимов.

Продолжительность брожения сырья при психрофильном температурном режиме составляет от 30-40 и более суток, при мезофильном режиме – в пределах 10-20 суток, при термофильном – в пределах 5-10 суток.

Помимо поддержания оптимальной температуры в реакторе немаловажное значение имеет перемешивание сырья, которое позволяет сохранить однородность распределения загружаемого сырья и его постоянный контакт с микроорганизмами, а также выравнивает температуру по всему объему реактора. Оно предотвращает образование корки на свободной поверхности и неподвижного осадка на дне. О том, как протекает процесс сбраживания, 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 сброженного сырья. Причиной этого может быть также недостаток микроорганизмов, приводящий к затуханию процесса, для возобновления которого требуется введение питательных растворов 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 метакислоты можно введением растительной золы или известковой воды.

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

#### 4. 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/см<sup>2</sup>), а перед газовыми приборами должно быть не более 0,13 кг/см<sup>2</sup>. Реактор должен быть оснащен задвижками, гидрозатворами, которые в случае необходимости могли бы отключить его от магистрального газопровода. 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/см<sup>2</sup>);
- баллоны, предназначенные для транспортировки и хранения сжатых газов под давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см<sup>2</sup>);
- цистерны и бочки для транспортировки и хранения сжатых газов, давление которых при температуре до 50°C превышает давление свыше 0,07 МПа (0,7 кг/см<sup>2</sup>).

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.

## Документация

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

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

Краткое руководство «**Строительство биогазовых установок**»  
подготовлено специалистами Общественного Фонда «**Флюид**».

Кыргызская Республика, 720083,  
г. Бишкек, ул. Алма-Атинская, 1а  
Тел.: +996 (312) 43-25-47, 43-25-34  
тел./факс: +996 (312) 43-25-47  
e-mail: [contact@fluid-biogas.com](mailto:contact@fluid-biogas.com)  
вебсайт: <http://www.fluid-biogas.com>



Кыргызская Республика, 720040  
г. Бишкек, ул. Киевская, 96 Б, 4 этаж  
Тел.: +996 (312) 623685  
Тел./факс: +996 (312) 623669  
e-mail: [environment@undp.kg](mailto:environment@undp.kg)  
[www.undp.kg](http://www.undp.kg)  
[www.caresd.net](http://www.caresd.net)



Отпечатано на картоне вторичной переработки/Printed on recycled paper