



Биогазовые технологии в КР-3

28-30 января 2013



Швейцарский фонд развития
Самостоятельная организация
Самостоятельная организация
Самостоятельная организация

Swiss Secretariat Office in the Kyrgyz Republic
Киргизская Республика и Кыргызская Республика
Швейцарского фонда по сотрудничеству и Кыргызской Республике

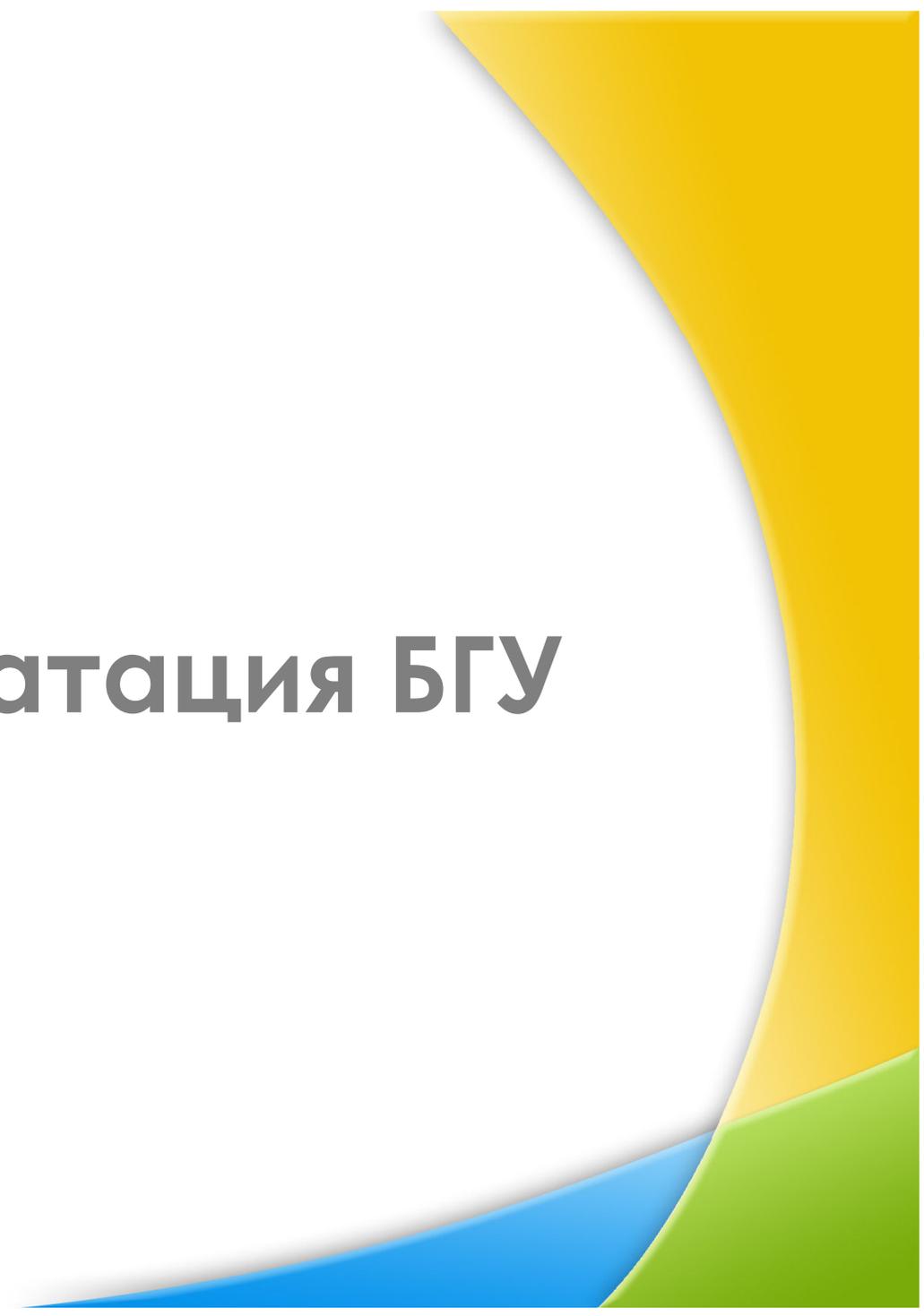


European Bank
for Reconstruction and Development



Empowered lives.
Resilient nations.

Эксплуатация БГУ



Стабильная работа

- 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;**
- **хорошим обучением персонала и получением 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**, 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 = 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 = когда установка в целом и ее элементы будут признаны пригодными к эксплуатации и соответствовать требованиям безопасной эксплуатации.

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

Проверка узлов на герметичность



ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

- Первоначальная загрузка новой биогазовой установки должна, если возможно, состоять из **отработанного сырья из другой установки (около 10%)** или **свежего навоза КРС**, 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.**

ОПТИМИЗАЦИЯ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

- 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.**
- 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 рН;
- 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 рН.**
- **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.**

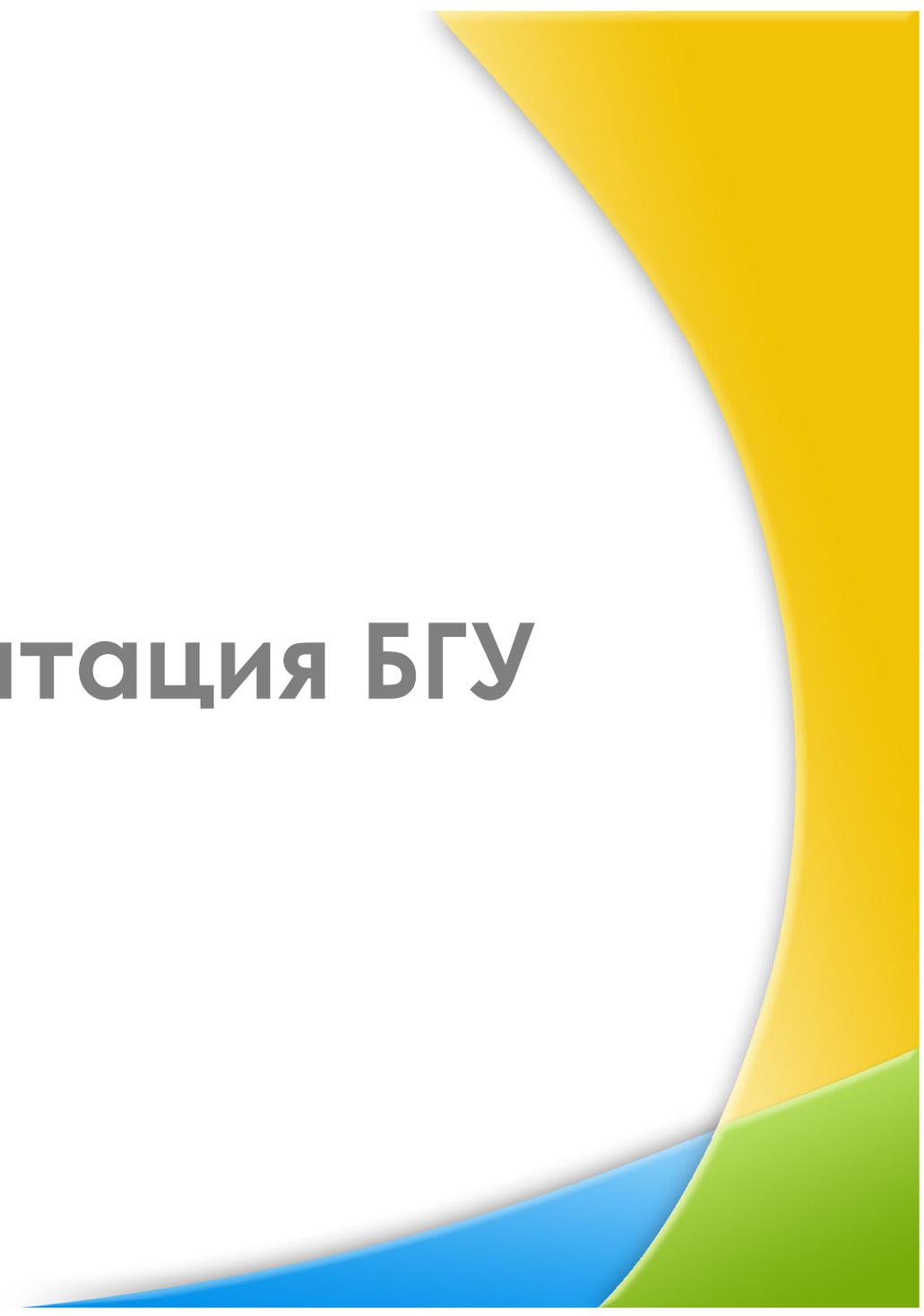
ПОДГОТОВКА ГАЗГОЛЬДЕРА

- 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 **изо 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 биогаза

- 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.

Эксплуатация БГУ



Ежедневная загрузка сырья

- При малых дозах суточной загрузки сырья, не превышающих 1-5 % объема реактора в сутки, биогаза 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 **психофильного режима** сбраживания, рекомендуется загружать не более **2%** при ежесуточном добавлении нового сырья.

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

- 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 образования кислот и снижение активности микроорганизмов. Цвет сброженного сырья =**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.



Регулярные операции

- *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

- 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. 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 могут привести к взрыву. Открытый огонь опасен при концентрациях биогаза в воздухе более 12 %.
- После слива сырья из биогазовых установок для проведения ремонта, реактор должен проветриваться, так как существует опасность взрыва смеси биогаза и воздуха.

Техника безопасности

- 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 могут привести к взрыву. Открытый огонь опасен при концентрациях биогаза в воздухе более 12 %. Таким образом, запрещается курение и разведение огня около установки. При

Техника безопасности

- Давление газа, подаваемого по газопроводу к месту потребления, не должно превышать 0,15 МПа (1,5 кгс/см²), а перед бытовыми приборами должно быть не более 0,13 кгс/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.

Техника безопасности

- 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 кгс/см²).
- баллоны, предназначенные для транспортировки и хранения сжатых газов под давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кгс/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 кгс/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

Ежедневное техобслуживание

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 не оптимальны;	Уменьшить количество загружаемого сырья; откорректировать кислотно-щелочной баланс;

Ежемесячное ТО

- Проведите **чистку и контроль работы газовых бытовых приборов;**
- **Смажьте движущиеся части;**
- Проведите **сервисное обслуживание двигателей;**
- Проведите **обслуживание клапанов давления;**
- Проведите **обслуживание системы перемешивания.**

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 ТО

- **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.**

МОНИТОРИНГ

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).
- 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.

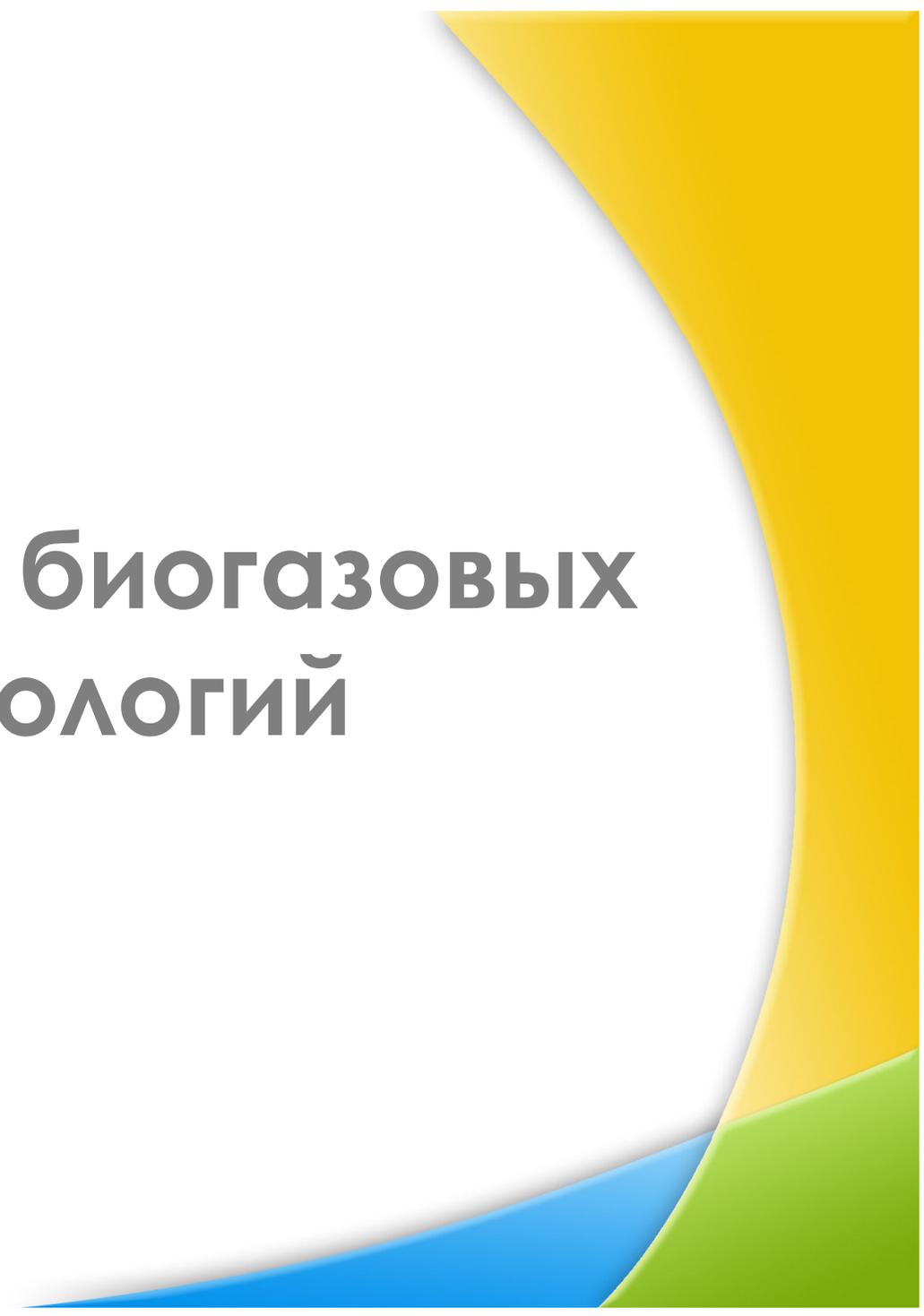
Ремонт

Поломки	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	Очистите реактор и закройте трещину
Недостаточное количество газа	Газгольдер негерметичен из-за трещин или коррозии	Закройте трещины, замените заржавевшие части;
Заблокированы краны	Коррозия	Закройте и откройте краны несколько раз, смажьте или замените их
Газовая труба негерметична	Коррозия или пористость; недостаточная герметизация соединений;	Найдите негерметичные части и замените их, герметизируйте соединения
Внезапная потеря газа	<ol style="list-style-type: none"> 1. трещина в газовой трубе 2. водяной затвор пуст 3. открыт газовый кран 	<ol style="list-style-type: none"> 1. отремонтируйте или замените трубу 2. долейте воды, найдите причину для излишнего давления, проверьте размеры водяного затвора 3. закройте кран
Прыгающее газовое давление	<ol style="list-style-type: none"> 1. вода в газовой трубе 2. заблокирована газовая труба 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверьте работу водяного затвора, установите водяные затворы в пониженных частях газовой системы или выровняйте положение труб 2. Найдите заблокированный участок (начните с биогазовой установки, проверьте соединения и подходы к газовым приборам) и почистите их

Документация

- Для обеспечения нормальной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта на объекте должна быть **следующая документация:**
- **принципиальные схемы установки** газовой и электрической системы, схема планировки;
- **паспорта** заводов-изготовителей на сосуды, работающие под давлением;
- **планы и графики проведения технического обслуживания** и ремонтов составных частей и приборов;
- **журналы учета работы установок** и инструктажа по технике безопасности и проверки знаний обслуживающего персонала «Правил безопасности в газовом хозяйстве».

Продукты биогазовых технологий



Получаемый биогаз

- **Количество получаемого биогаза** зависит от типа сырья и температуры в реакторе
- **Теоретически, при идеальных условиях, выход биогаза:**
 - 1 тонна навоза КРС – 30-50м³
 - 1 тонна свиного навоза – 50-70м³
 - 1 тонна птичьего помета – 60-70м³
- **Лучше всего смешивать навоз разных животных**
- **В среднем, выход биогаза:**
 - 30 м³ с 1 тонны сырья

Получаемый биогаз

Характеристики	Компоненты биогаза					Биогазовая смесь (CH ₄ – 60%, CO ₂ – 40%)
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	N ₂	
Объемная доля, %	55 – 70	20 – 44	1	1	< 3	100
Объемная теплота сгорания, МДж/м ³	35,8	-	10,8	22,8	-	21,5
Предел воспламеняемости (содержание в воздухе), %	5 – 15	-	4 – 30	4 – 45	-	5 – 12
Температура воспламенения, °С	+65 +750	-	+585	-	-	+650 +750
Нормальная плотность, г/л	0,72	1,98	0,9	1,54	-	1,2

Биогаз

- **Состав биогаза**
 - 60-70% метана
 - 30-40% углекислого газа
- **Теплотворная способность:**
20-25 МДЖ/м³, что эквивалентно сгоранию:
 - 0,6 л бензина
 - 0,85 л спирта
 - 1,7 кг дров или использованию
 - 1,4 кВт электроэнергии



Использование биогаза

Использовать биогаз можно в различных газовых приборах

- для заправки автомашин
- для работы газо-электро-генератора



Газовые горелки

- По сравнению с другими газами, **биогазу нужно меньше воздуха для возгорания.**
- Следовательно, обычные газовые приборы нуждаются в **более широких жиклерах** для прохождения биогаза. Для полного сгорания 1 литра биогаза необходимо около 5,7 литров воздуха, в то время, как для бутана – 30,9 литров и для пропана – 23,8 литров⁸.
- Модификация и адаптация стандартных горелок является делом эксперимента.
- Перевод горелок на работу на биогазе всегда приводит к более низким уровням работы приборов.
- **Практические меры для модификации горелок** включают:
 - **увеличение жиклеров в 2-4 раза** для прохождения газа;
 - **изменение объема подачи воздуха.**

Излучающие нагреватели

- Излучающие нагреватели реализуют инфракрасное тепловое излучение через керамическое тело, которое нагревается до ярко-красного состояния при температурах 900-1000°C пламенем.
- Обогревающая возможность излучающего обогревателя определяется умножением объема газа на чистую теплотворную способность, так как 95 % энергии биогаза превращается в тепло.
- Выход тепловой энергии от маленьких нагревателей составляет от 1.5 до 10 кВт тепловой энергии⁸.

