

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 – Агроинженерия

Профиль Технические системы в агробизнесе

Кафедра Машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Совершенствование технологии переработки органических отходов с
разработкой биогазовой установки

Шифр ВКР 35.03.06.189.21.ПБУ.00.00.00.113

Студент

Б272-04у группы


подпись

Габидуллин Р.Р.
Ф.И.О.

Руководитель

доцент
ученое звание


подпись

Нафиков И.Р.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 8 от 03 марта 2021 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2021 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление 35.03.06 – Агроинженерия

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

« 22 » февреля 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Габидуллину Рамису Рамазановичу

Тема ВКР Совершенствование технологии переработки органических отходов с разработкой биогазовой установки

утверждена приказом по вузу от «24» февраля 2021 г. № 51

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 10.03.2021

3. Исходные данные

1. Материалы преддипломной практики;
2. Научно-техническая и справочная литература
3. Патенты биогазовых установок

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор;
2. Технологическая часть;
3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов

1. Предлагаемые технологические схемы утилизации органических отходов
2. Обзор классификаций биогазовых установок
3. Обзор существующих конструкций биогазовых установок
4. Конструктивно-технологическая схема
5. Сборочный чертеж передвижной биогазовой установки
6. Рабочие чертежи предлагаемой конструкции

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	к.т.н. Яруллин Ф.Ф.

7. Дата выдачи задания 25.12.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	1 Литературно-патентный обзор	15.01.21	100%
2	2 Технологическая часть	10.02.21	100%
3	3 Конструкторская часть	08.03.21	100%

Студент _____ (Габидуллин Р.Р.)

Руководитель ВКР к.т.н., доцент _____ (Нафиков И.Р.)

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация.....	6
Введение.....	8
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР.....	9
1.1 Общие сведения о биогазе.....	9
1.2 Анализ отечественного и зарубежного опыта применения биогазовых установок.....	10
1.3 Устройство и принцип работы биогазовой установки.....	13
1.4 Анализ конструкций метантенков и технологии анаэробной переработки органических отходов животноводческих ферм при производстве биогаза.....	16
1.4.1 Биохимические процессы разложения биомассы при образовании биогаза	16
1.4.2 Конструкции метантенков для сбраживания отходов биомассы.....	17
1.5 Факторы, влияющие на интенсивность процесса сбраживания биомассы в метантенке.....	18
1.6 Способы интенсификации теплообмена в метантенке.....	22
1.7 Вывод по литературно-патентному обзору.....	28
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	29
2.1 Выбор технологии анаэробной переработки.....	29
2.2 Способы первичной очистки биогаза от вредных примесей.....	30
2.3 Расчет конструктивно-технологических параметров.....	34
2.4 Тепловой баланс.....	37
2.5 Постановка задачи конструкторской разработки.....	38
2.6 Основные мероприятия для улучшения охраны труда при утилизации навоза.....	38
3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ.....	41
3.1 Обоснование выбора темы.....	41
3.2 Выбор конструкции биогазовой установки.....	41
3.3 Обоснование схемы конструкции.....	45

3.4	Описание конструктивных узлов и принцип действия передвижной биогазовой установки.....	48
3.5	Конструктивные расчеты.....	49
3.6	Обеспечение безопасности в конструкции биогазовой установки	54
3.7	Инструкция по охране труда при эксплуатации биогазовой установки.....	55
3.8	Физическая культура на производстве.....	56
3.9	Технико-экономическая оценка разрабатываемой конструкции....	57
Заключение.....		64
Библиографический список.....		65
Приложения.....		68
Спецификация.....		71

Аннотация

На выпускную квалификационную работу Габидуллина Рамиса Рамазановича, выполненную на тему: «Совершенствование технологии переработки органических отходов с разработкой биогазовой установки».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 65 листах машинописного текста, включающую 1 таблицу, 21 рисунок. Библиографический список содержит 22 наименований. Графическая часть проекта выполнена на 6 листах формата А1.

Первый раздел работы содержит аналитический обзор литературы по метановому брожению, культивированию микроорганизмов, свойствам органических отходов, требованиям к органическим удобрениям и способам их получения из жидкого отхода. Описаны известные технологии анаэробной переработки органических отходов с получением биогаза.

Во втором разделе приведены расчеты биогазовых установок периодического действия для анаэробной переработки жидких органических отходов: расчет конструктивно-технологических параметров, тепловой баланс так же постановка задачи конструкторской разработки и способы первичной очистки биогаза от вредных примесей.

В третьем разделе приведен выбор и обоснования темы. Установки сочетают в себе основные достоинства известных на сегодняшний день технологий. Разработана передвижная биогазовая установка. Разработаны мероприятия безопасности труда при работе с конструкцией. Рассчитаны технико-экономические показатели предлагаемой конструкции биогазовой установки.

Работа завершается выводом.

ANNOTATION

On the thesis Gabidullin Ramis Ramazanovich, who completed his thesis on the topic: "Improving the technology of processing of organic waste with the development of the design of a biogas plant."

The thesis contains an explanatory note on 65 sheets of typewritten text, including 1 table, 21 figures. The bibliographic list contains 22 names. The graphic part of the project is made on 6 sheets of A1 format.

The first section of the thesis contains an analytical review of the literature on methane fermentation, the cultivation of microorganisms, the properties of organic waste, the requirements for organic fertilizers and methods for their preparation from liquid waste. The known technologies of anaerobic processing of organic waste with biogas production are described.

The second section presents the calculations of biogas plants of periodic action for anaerobic processing of liquid organic waste: calculation of design and technological parameters, heat balance as well as the formulation of the design development problem and methods of primary purification of biogas from harmful impurities.

The third section provides a selection and justification of the topic. The plants combine the main advantages of the currently known technologies. A mobile biogas plant was developed. Measures of safety of work at work with a design are developed. The technical and economic parameters of the proposed design of the biogas plant are calculated.

The work ends with the output.

ВВЕДЕНИЕ

Использование ископаемого топлива и влияние парниковых газов на окружающую среду инициировали исследования в производстве альтернативных видов топлива из биоресурсов. Количество выбросов парниковых газов в атмосферу растет, при этом основным компонентом является углекислый газ. Кроме того, мировой спрос на энергию стремительно растет. Примерно 88% произведенной энергии в настоящее время производится из ископаемого топлива. С целью снижения расхода природного топлива, последнее десятилетие стремительно развивается альтернативная энергетика. Применение конкретного вида альтернативного топлива зависит от климатических и технологических факторов. Газификация животноводческих предприятий связана с существенными финансовыми затратами, связанными со строительством газопроводов и дополнительными газорегуляторными пунктами. Так же животноводство является одним из основных источников выбросов парниковых газов в атмосферу. Метан и закись азота образуется в результате разложения биомассы на животноводческих и птицеводческих фермах при ее хранении или переработке в системах, способствующих возникновению анаэробных условий.

В этом контексте биогаз, получаемый в результате разложения отходов, может играть важную роль в энергетическом будущем при газификации животноводческих ферм.

1 ЛИТЕРАТУРНО - ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Общие сведения о биогазе

В такой отрасли как животноводство существует серьезная проблема - утилизации отходов ферм. Животноводство является одним из основных источников выбросов парниковых газов в атмосферу. На животноводческих фермах загрязнение атмосферы происходит от двух источников. Первым источником загрязнения является кишечная ферментация животных, в результате которой в атмосферу поступает метан (CH_4). Вторым источником выбросов метана и закиси азота (N_2O) являются системы уборки и хранения биомассы [1,2,3].

Метан образуется в результате разложения биомассы на животноводческих и птицеводческих фермах при ее хранении или переработке в системах, способствующих возникновению анаэробных условий.

По данным организации Global Methane Initiative мировой объем выбросов метана составляет 243,95 млн. т эквивалента CO_2 за 2010 год из отходов сельского хозяйства. Для уменьшения выбросов от отходов животноводческих ферм применяются различные способы улавливания выделяющихся парниковых газов.

В аспекте удорожания добычи и транспортировки природных энергоносителей, таких как природный газ и нефть, решение этой проблемы приобретает особое значение, так как органические отходы ферм являются потенциальным сырьем для биотехнологий. Биотехнологии предусматривают несколько стадий разложения органических веществ (ОВ) с дальнейшим производством биотоплива (биогаза). Биогаз содержит в своем составе метан 40-60%, углекислый газ 30-60%, и небольшое количество водорода до 1% и сероводорода - до 3%. После очистки от примесей до состояния биометана, им можно частично заменить природный газ, без перенастройки газосжигающего оборудования [3,4].

1.2 Анализ отечественного и зарубежного опыта применения биогазовых установок

Технология получения биогаза путем переработки органических отходов (биомассы) в анаэробных условиях, давно известна человечеству. Она успешно применяется в ряде стран с развитой сферой сельского хозяйства. США, ЕС, Китай, Индия, Бразилия являются лидерами по производству биогаза.

На сегодняшний день возобновляемые источники энергии занимают значительное место в энергетическом балансе стран мира.

Использование электроэнергии и тепла, производимого с помощью анаэробной переработки биомассы, в Европе сосредоточено в основном в Австрии, Финляндии, Германии, Дании и Великобритании. Германия является лидером по производству биогаза в Европе. В Германии в 1992 году насчитывалось 139 биогазовых установок, а в настоящий момент работает более 7000 больших установок анаэробного сбраживания сельскохозяйственных отходов. Крупнейшая биогазовая установка (БГУ) расположена на юге Германии, позволяющая перерабатывать до 120 т отходов животноводческой фермы в месяц. Площадь, занимаемая биогазовой установкой составляет 3 га. Корпус метантенка выполнен из кислотостойкого железобетона диаметром 15 м и высотой 6 м. Получаемый биогаз сжигают для получения электрической энергии и теплоты [10, 12].

В сельских районах Китая в 2006 году действовало 17 млн. биогазовых установок, что позволило заменять около 10 млн. т условного топлива, при этом более 50 миллионов человек пользуются биогазом в качестве топлива. Типичная БГУ имеет объем реактора около 6-8 м³, производит 300 тыс. м³ биогаза в год, работая ежегодно от 3 до 8 месяцев, и, в зависимости от провинции, стоит около \$200-250. Большинство установок очень просты. В настоящее время ставится задача достичь к 2020 году

уровня 25 млрд. м³ биогаза в год, что даст возможность обеспечить им до 300 млн. человек.

На Украине существуют единичные примеры внедрения биогазовых технологий. Первая из ныне работающих на отходах животноводства БГУ промышленного типа, была построена в 1993 г. на свиноферме (8000-10000 поголовья) комбината «Запорожсталь» в г. Запорожье по технологиям BigadanLtd (Дания). Объем реактора составляет 595 м³, принятый температурный режим – мезофильный.

На свиноферме с поголовьем 15000 свиней корпорации Агро-Овен, Еленовка, Днепропетровской области, построена БГУ компании Biomass Technology Group (Голландия) в 2003 году. БГУ состоит из двух реакторов объемом 1000 м³ каждый. Путем когенерации получаемого биогаза производится 180 кВт электроэнергии.

В 2009 году запущена в эксплуатацию БГУ, построенная по технологии немецкой компании LIPP для с/х компании «Элита», пгт. Терезино, Киевской области с поголовьем 1000 голов. Объем МТ составляет 1500 м³ работающего при мезофильном режиме, мощностью установки 250 кВт.

Одной из ведущих компаний на Украине занимающихся проектированием и строительством биогазовых установок является «Зорг Биогаз Украина». В 2009 году запущена в эксплуатацию БГУ на ферме крупного рогатого скота (КРС) «УМК», с. В. Круполь, Киевская обл. с поголовьем 6000 голов КРС, перерабатывающая навоз КРС и силос кукурузы в трех реакторах объемом 2400 м³ каждый и один - 1000 м³. Мощность установки составляет 955 кВт [15,16].

На 2013 год этой компанией запущено в эксплуатацию 4 биогазовых установки, три из которых предназначены для работы с отходами животноводческих ферм. Одним из крупнейших объектов этой компании является. БГУ построенная в с. Подгородное Днепропетровской области на базе агрохолдинга «Демис Агро» свиной направленности мощностью 125 кВт электроэнергии [17].

В России первый реактор был запущен в 2009 году в деревне

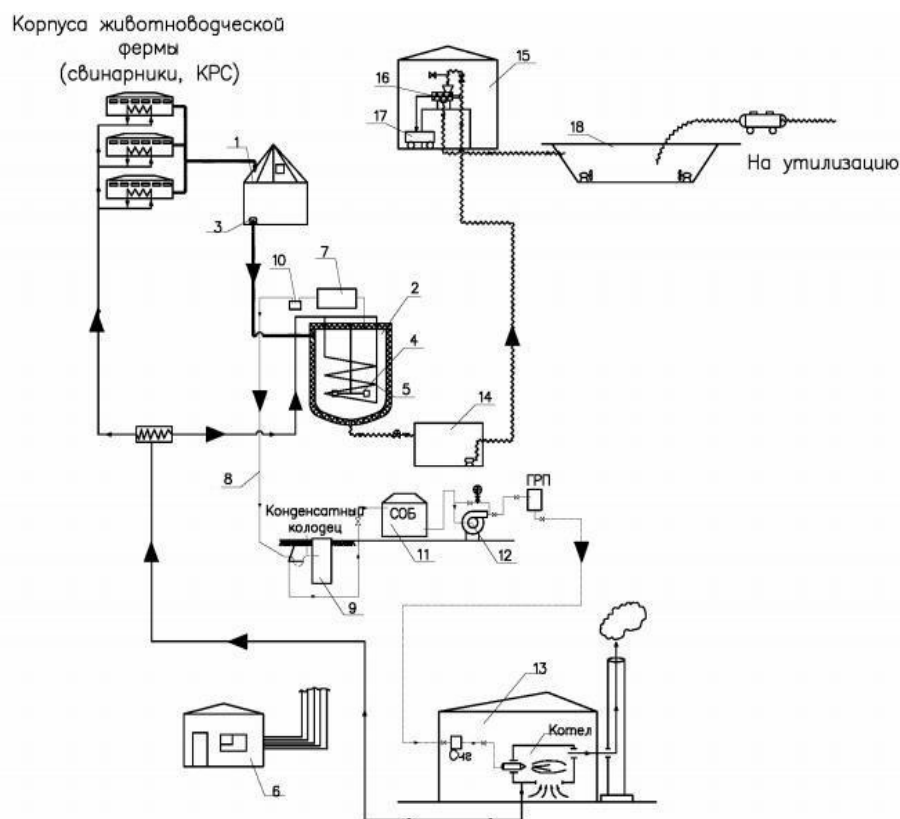
Дошино Калужской области. Позднее в Белгородской области запустили биогазовые станции «Байнцуры» на базе свиноводческого комплекса, а затем «Лучки» [18]. «Лучки» является первой в России биогазовой станцией промышленного масштаба. В июне 2012 года передала в сеть первую электроэнергию, а в июле 2012 вышла на проектную мощность 2,4 МВт [19, 20].

Среди крупных производителей биогазовых установок в России можно выделить компании: ЗАО "Центр ЭкоРос", ООО "Гринтек", ОАО "Волжский дизель имени Маминых", ООО "Мелькомпинжинеринг", ООО "Сибирский институт прикладных исследований", ЗАО "Энерг-биогаз", ОАО "Концерн КОНАТЭМ", корпорация "БиоГазЭнергоСтрой" и др. Продукция корпорации «БиоГазЭнергоСтрой» и сегодня вполне конкурентоспособна на мировом рынке. Российские станции работают и строятся в Прибалтике, Израиле, в разработке несколько проектов на территории Беларуси. Технологии корпорации «БиоГазЭнергоСтрой» приспособлены к работе при температуре внешней среды от +40 °С до -40 °С. В настоящий момент Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой» реализует комплексный проект по внедрению биогазовых технологий в российских регионах и странах СНГ. Были подписаны протоколы и соглашения с руководством 27-ми регионов России, в том числе: Белгородской, Нижегородской, Новосибирской, Тамбовской областей, Ставропольского края, Воронежской, Орловской, Ростовской областей и других. Эти соглашения предусматривают строительство в регионах более 50-ти биоэнергостанций, работающих на сырье животноводства, растениеводства, а также создание таких установок на базе очистных сооружений городского водоканала (г. Белгород). Планируемая установленная мощность каждой станций составит от 350 кВт до 10 МВт. Суммарная мощность станций превысит 120 МВт. Они подтверждены всеми необходимыми сертификатами и лицензиями, как российскими, так и международными [17-21].

В настоящее время в странах СНГ возрос интерес к получению энергии и биоудобрений путем переработки сельскохозяйственных отходов. Этому способствуют высокая стоимость энергоресурсов и удобрений, а также ухудшающееся состояние окружающей среды. Однако из-за низкой информированности фермеров о практических путях внедрения биогазовых технологий, а также высокой начальной стоимости биогазовых установок, общее число биогазовых установок, в странах СНГ не превышает нескольких сотен.

1.3 Устройство и принцип работы биогазовой установки

Работа биогазовой установки предполагает максимальную автоматизацию и сведение к минимуму затрат человеческого труда. Принципиальная схема биогазовой установки приведена на рисунке 1.1 [8, 10]. Отходы поступают в приемный резервуар для измельчения крупных включений. В нем происходит их предварительное накопление, гомогенизация, перемешивание, осаждение и удаление тяжелых фракций. Подача сырья в метантенк происходит 1-2 раза в сутки с помощью специального насоса для жидких и вязких субстратов. МТ является основой биогазовой установки, в котором происходит сбразивание биомассы и образование биогаза. Реактор является газонепроницаемым, герметичным резервуаром. Для поддержания стабильной температуры, внутри метантенка оборудуется система обогрева (змеевик). Субстрат 2 раза в сутки перемешивается при помощи турбинной мешалки. Выгрузка сброженного субстрата происходит автоматически с такой же периодичностью, как и загрузка.



1 - приемный резервуар, 2 - метантенк, 3 - насос, 4 - турбинная мешалка, 5 - змеевик, 6 - система автоматики, 7 - газгольдер, 8 - газопровод, 9 - устройство для отвода конденсата, 10 - предохранительный клапан, 11 - станция очистки биогаза, 12 - компрессор, 13 - теплогенерирующая установка, 14 - емкость для сбора сброженной биомассы, 15 - сепараторная, 16 - шнековый барабанный сепаратор, 17 - емкость для твердой фракции, 18 - емкость для жидкой фракции

Рисунок 1.1 - Принципиальная схема биогазовой установки

Управление работой всей биогазовой установки происходит по командам системы автоматики. Получаемый биогаз собирается в газгольдер. Газгольдер представляет собой емкость, выполняющий функцию аккумуляции газа. Отведение биогаза происходит по газопроводу, который оснащен устройствами автоматического отвода конденсата и предохранительными устройствами, защищающими газгольдер от превышения допустимого давления. Из газгольдера идет непрерывная подача биогаза на станцию очистки биогаза (СОБ) и далее через ГРП, с компрессором, повышающим давление, на котельную.

Переработанный субстрат подается на механическое разделение в шнековый барабан-сепаратор. Система механического разделения разделяет массу на твердую (обезвоженный шлам) и жидкую (фугат) фракции. Обезвоженный шлам не имеет запаха, не содержит патогенную микрофлору и является высококонцентрированным, обеззараженным, дезодорированным органическим удобрением, пригодным для непосредственного внесения в почву. Фугат – обеззараженная, дезодорированная жидкость, используемая как органическая подкормка для полива или орошения различных сельскохозяйственных культур [1, 26,27,28].

Автоматика, управляющая биогазовой установкой, контролирует работу насосов, мешалки, системы подогрева, газовой автоматики.

Использование биогаза в качестве альтернативного топлива возможно после предварительной очистки биогаза от воды, сероводорода и диоксида углерода [1, 4, 8].

Поскольку биогаз насыщен влагой, необходимо его охлаждение в конденсационном колодце. После этого биогаз подогревается и содержание влаги в нем уменьшается. Содержащийся в биогазе сероводород, смешиваясь с водой, образует кислоту, вызывающую коррозию металла. Наиболее эффективным методом очистки от сероводорода является сухая очистка в специальном фильтре. В качестве десульфуризатора применяются различные абсорбенты. Диоксид углерода может быть отделен путем впитывания в известковое молоко. Углекислота сама по себе является ценным продуктом, который можно использовать в различных производствах.

Получаемым биогазом можно частично заменить природный газ, расходуемый на нужды фермерского хозяйства. На нагрев МТ расходуется получаемого биогаза до 10% летом и до 20% зимой.

1.4 Анализ конструкций метантенков и технологии анаэробной переработки органических отходов животноводческих ферм при производстве биогаза

1.4.1 Биохимические процессы разложения биомассы при образовании биогаза

Рациональным путем утилизации отходов животноводческих ферм является анаэробное сбраживание, при котором обеспечивается обезвреживание биомассы и образование биогаза.

Основным узлом биогазовой установки является метантенк, в котором происходит анаэробное сбраживание биомассы, обеззараживание ее и образование биогаза.

Разложение органического вещества (ОВ) в метантенке представляет собой сложный анаэробный процесс. В процессе сбраживания сложные ОВ разлагаются на более простые. В результате сбраживания образуется биогаз и обезвреженная органическая масса. Сброженная биомасса представляет собой качественное органическое удобрение.

Процесс сбраживания можно разделить на 4 этапа, в каждом из которых участвуют разные группы бактерий [1, 20].

На первом этапе аэробные бактерии преобразуют высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) в низкомолекулярные соединения, такие как сахар, аминокислоты, жирные кислоты и воду. Гидролиз протекает медленнее. На процесс оказывают влияние уровень pH и длительность сбраживания. Оптимальный уровень pH составляет 7. Схематичное изображение биохимических реакций происходящих в процессе сбраживания приведено на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 - Биохимические реакции процесса разложения биомассы

Таким образом, к работе реактор предъявляются высокие требования, основные из которых гидравлические, технологические, теплотехнические и др.

1.4.2 Конструкции метантенков для сбраживания отходов биомассы

Однако из-за трудностей в изготовлении крупные установки делаются цилиндрической формы из бетона или металла (рисунок 1.3).

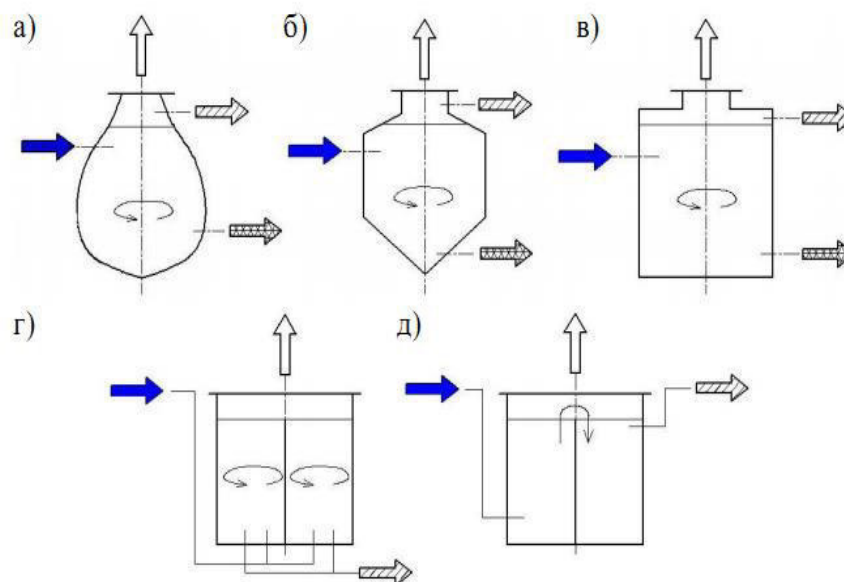


Рисунок 1.3 - Метантенк

По форме различают реакторы: яйцеобразные, цилиндрические, шарообразные, траншейные, кубические и др. Преимуществами

цилиндрического резервуара с конусной верхней или нижней частью (рисунок б) являются: наличие небольшого пространства для накопления газа, концентрация плавающей корки в ограниченном объеме, обеспечение хорошего отвода шлама. Резервуары такой формы используются в коммунальных установках для очистки стоков. Цилиндрический резервуар (рисунок в) по сравнению с резервуарами вышеописанных форм создает худшие условия для перемешивания субстрата и из-за большой поверхности контакта сред требует более высоких затрат на удаление осадка и разрушение плавающей корки, что связано с увеличением расхода энергии на перемешивание. К его преимуществам можно отнести относительно простую технологию изготовления, использующую опыт строительства емкостей для сельскохозяйственных целей. Цилиндрический резервуар можно разделить на две или несколько камер (рисунок г). При такой компоновке не только отпадает необходимость в теплоизоляции наружных стенок резервуара, но и улучшается теплопередача между обеими камерами через перегородку, выполненную из теплопроводного нагревательного устройства дает дополнительные конструктивные и энергетические преимущества. Биореактор может быть кубической формы (рисунок д). Такой реактор можно также разделить на две части: главную бродильную камеру и камеру для окончательного этапа сбраживания и осуждения шлама.

1.5 Факторы, влияющие на интенсивность процесса сбраживания биомассы в метантенке

Метаногенные бактерии являются очень чувствительными анаэробами, поэтому необходимо строго соблюдать технологию получения биогаза в анаэробных условиях. Активность обмена веществ и интенсивность производства метана зависит от состава субстрата, поддерживаемой температуры и ее колебаний, срока выдержки, влажности, перемешивания субстрата.

Производство биогаза может осуществляться в широком

температурном диапазоне. В зависимости от температурного режима, который поддерживается в реактора в процессе работы, различают три режима сбраживания: психрофильный (10 – 20°C), мезофильный (30 – 45°C), термофильный (50 – 65°C).

Степень чувствительности бактерий к изменению температуры зависит от температурного режима, при котором происходит сбраживание биомассы.

В процессе сбраживания могут быть допустимы изменения температуры в пределах: психрофильный температурный режим: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в час; мезофильный температурный режим: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ в час; термофильный температурный режим: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в час [4].

Большинство установок работают в мезофильном режиме с температурой сбраживания 40°C. При этом наиболее активно развиваются метаногенные бактерии с максимальным образованием биогаза.

С целью поддержания постоянной температуры предусмотрены нагревательные элементы, смонтированные внутри реактора. Различают различные способы нагрева субстрата: такие как нагрев горячей водой через ЗМ, электронагрев, нагрев паром. Количество теплоты необходимое для поддержания заданной температуры состоит из количества теплоты затрачиваемой на нагрев свежей порции биомассы и на компенсацию теплопотерь [18].

Одним из условий эффективного разложения биомассы в биореакторе является массообмен на поверхности твердой и жидкой фаз субстрата. Для обеспечения развитой поверхности массопереноса необходимо перед загрузкой в метантенк измельчить биомассу. Это связано с тем, что в свежей биомассе содержится большое количество сырья растительного происхождения. Перед подачей сырья для измельчения его необходимо тщательно перемешать, и для этого навозосборники животноводческих ферм оборудованы устройствами для перемешивания осадка и гомогенизации навоза [1].

Равномерное распределение температуры по всему объему достигается путем перемешивания биомассы.

Различают механическое, гидравлическое перемешивание и барботаж.

Для реакторов малых объемов применяются механические мешалки с ручным приводом.

Так же одной из задач мешалки является предотвращение образования корки на поверхности сброживаемой массы (СМ) и выпадения осадка в виде твердых частиц СМ.

Одним из важных факторов, влияющих на метановое брожение, является соотношение углерода (С) и азота (N) в перерабатываемом сырье. Наиболее благоприятное соотношение углерода и азота для микробиологической конверсии органических веществ в БГ соответствует значению $C:N = 10...16$. Если соотношение C/N чрезмерно велико, то недостаток азота будет служить фактором, ограничивающим процесс метанового брожения. Если же это соотношение слишком мало, то образуется такое большое количество аммиака, что он становится токсичным для бактерий [4].

Для того чтобы процесс сброживания в метантенк протекал равномерно, в нем необходимо поддерживать следующие условия [1, 4]:

- $pH = 6,0 - 7,5$;
- содержание жирных летучих кислот 3 - 8 мг экв/л; - содержание щелочей 70 - 76 мг экв/л;
- содержание аммонийных солей азота 500 - 600 мг/л;
- поддержание температурного режима.

Для этого подачу и выгрузку осадка в метантенке в течение суток рекомендуется выполнять равномерно (прямоточная схема эксплуатации). Тем не менее, в общем плане, метантенки могут работать в режимах:

- периодическом; - непрерывном;
- квазинепрерывном (при загрузке и выгрузке сброживаемой массы

(СМ) через короткие промежутки времени).

Твердые частицы биомассы образуют осадок, а более легкие материалы поднимаются на поверхность сырья и образуют корку. Это приводит к уменьшению газообразования. Перед загрузкой биомассы в метантенк необходимо ее гомогенизировать и стремиться к отсутствию твердых веществ в сырье.

Влажность субстрата играет важную роль в процессе сбраживания. Для возможности равномерного перемешивания и стабильного разложения бактерий влажность биомассы должна находиться в пределах 85-95%.

Рабочее давление в метантенке играет незначительную роль в образовании биогаза, поэтому большинство работают при давлении, незначительно превышающие атмосферное.

Таким образом, достижение максимального количества получаемого биогаза возможно только при соблюдении всех технологических факторов, основными из которых являются температура сбраживания, режим перемешивания, влажность биомассы, длительность сбраживания.

Процесс развития биогазовых установок показал, что конструктивное исполнение метантенка имеет большое значение для организации технологии сбраживания биомассы.

Метантенк должен отвечать следующим требованиям [19]:

- прочность и надежность в процессе эксплуатации биогазовой установки;
 - коррозионная стойкость внутренней поверхности метантенк при сбраживании биомассы;
 - минимальные тепловые потери в окружающую среду, через наружные поверхности;
 - соблюдение технологических режимов сбраживания;
 - простота загрузки свежей биомассы и выгрузки сброженного субстрата;
- Стабильная работа метантенк должен сопровождаться постоянным соблюдением технологических факторов.

Недостатком современных метантенк большого объема является то, что

наблюдается неравномерный и нестабильный нагрев биомассы по всему объему. Это связано с тем, что возникает непрогретаемый слой биомассы в нижней части метантенк и перегрев ее в области нагревателя. Это приводит к угнетению развития метаногенных бактерий и, как следствие, снижению объема получаемого биогаза. Поэтому возникает интерес к рассмотрению и интенсификации термостабилизационных процессов в метантенке.

1.6 Способы интенсификации теплообмена в метантенке

Анализ конструкций метантенков показал, что для интенсификации процесса образования биогаза имеет значение теплообмен в метантенке между нагревательным элементом и сбрасываемой массой, распределение температур по всему объему СМ при перемешивании, а также теплообмен между наружными поверхностями МТ и окружающей средой. Этим вопросом занимались такие ученые как Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула, К.В. Анохина, Д.В. Костромин, В.С. Вохмин, Ю.В. Караева, А.А. Землянка, С.М. Биркин, А.Г. Кудряшова, А.А. Чернышов, Л.А. Куцев, Д.Ю. Суслов, Ю.П. Ильин, Ю.Н. Сидыганов, Е.М. Онучин, Н.Ю. Лизунов.

Большое распространение в качестве устройства для обеззараживания сточных вод метантенки получили в очистных сооружениях водоотведения. В данных сооружениях, в отечественной практике, подогрев осадка наиболее часто осуществляется острым паром. Пар низкого давления с температурой 110...112° С подается во всасывающую трубу насосом при подаче и перемешивании осадка или непосредственно в метантенк через паровой инжектор. Данный метод подогрева СМ имеет ряд недостатков. В процессе эксплуатации отверстия паровпускных труб инжекторного подогревателя уменьшаются из-за образования на них солей отложений. Так же при внезапном снижении давления пара в паропроводящей распределительной системе осадок из метантенк может попасть в паропровод и вызвать аварию. Основным недостатком применения

данного способа нагрева являются высокие температуры пара, приводящие к гибели бактерий участвующих в процессе образования метана [3].

В работе [59] предложена схема и математическая модель теплообмена в метантенк с лопастной мешалкой и теплообменником (Рисунок 1.4).

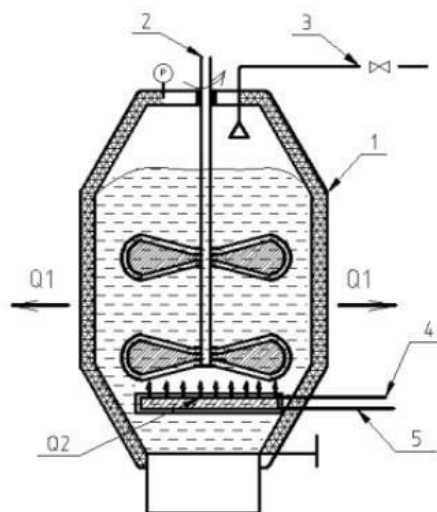


Рисунок 1.4 - Биогазовый реактор с лопастной мешалкой и теплообменником:

1 - утепленный корпус; 2 – лопастная мешалка; 3 – трубопровод отвода биогаза; 4 – подающий трубопровод теплоносителя; 5 – обратный трубопровод теплоносителя; Q_1 – теплопотери корпуса; Q_2 – количество теплоты передаваемое от теплоносителя к сбраживаемой массе

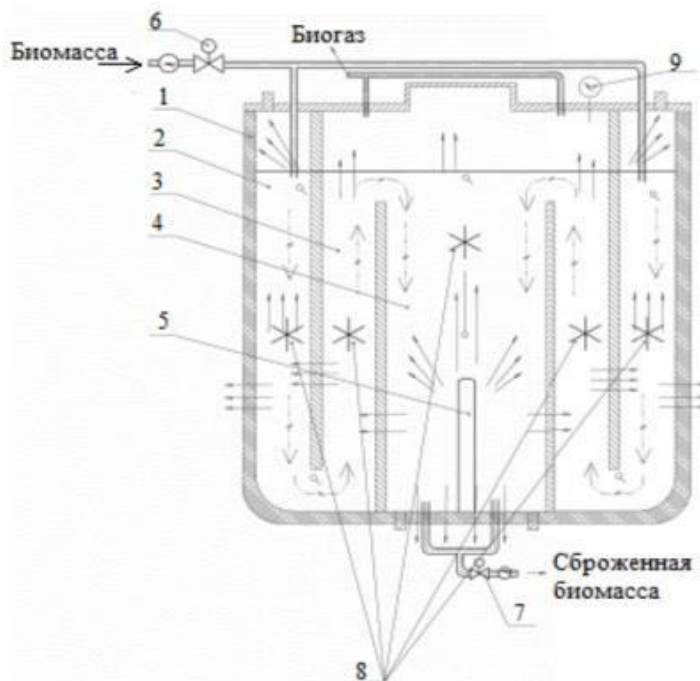
В предлагаемой автором схеме биогазового реактора исследовались.

Особенности нестационарного теплообмена. Для нагрева использовался теплоноситель с температурой на входе 60°C , который протекает в трубопроводах 4 и 5. Перемешивание субстрата производится лопастной мешалкой 2.

Недостатком данного биогазового реактора является невозможность равномерного нагрева всего объема сбраживаемой массы, так как нагревательный элемент устанавливается в нижней части реактора. В период, когда лопастная мешалка отключена, будет наблюдаться перегрев нижней части и понижение температуры СМ в верхней части реактора.

В работе [19] предлагается использовать конструкцию

квазинепрерывного типа с трехсекционным метантенком, в качестве нагревателя применяется трубчатый электронагреватель. Схема установки приведена на рисунке 1.5.



1 – трехстадийный МТ; 2 – психрофильная камера; 3 – мезофильная камера; 4 – термофильная камера; 5 – трубчатый электронагреватель; 6 – насос подачи биомассы; 7 – насос откачки сброженной биомассы; 8 – перемешивающие устройства; 9 – манометр

Рисунок 1.5 - Схема биогazовой установки с трехстадийным метантенком

Установка представляет собой трехстадийный метантенк 1, в центральной части которого расположен трубчатый электронагреватель. Сырье загружается через приемное устройство в крайнюю зону реактора и далее перемещается в термофильную камеру 4, где подогревается электронагревателем 5. Подогреваемое сырье перемешивается при помощи мешалок 8. Давление в метантенке регулируется при помощи манометра 9. Газ отбирается шлангами в газгольдер.

В каждой зоне сбраживания поддерживается установленный температурный режим, позволяющий обеспечивать выработку газа. Но в данной конструкции имеется недостаток, заключающийся в неравномерном

распределении теплоты внутри реактора, что ведет к дополнительным затратам электроэнергии при работе метантенка.

В работе [21] для поддержания постоянной температуры предложен конвективно-индукционный нагрев (Рисунок 1.6).

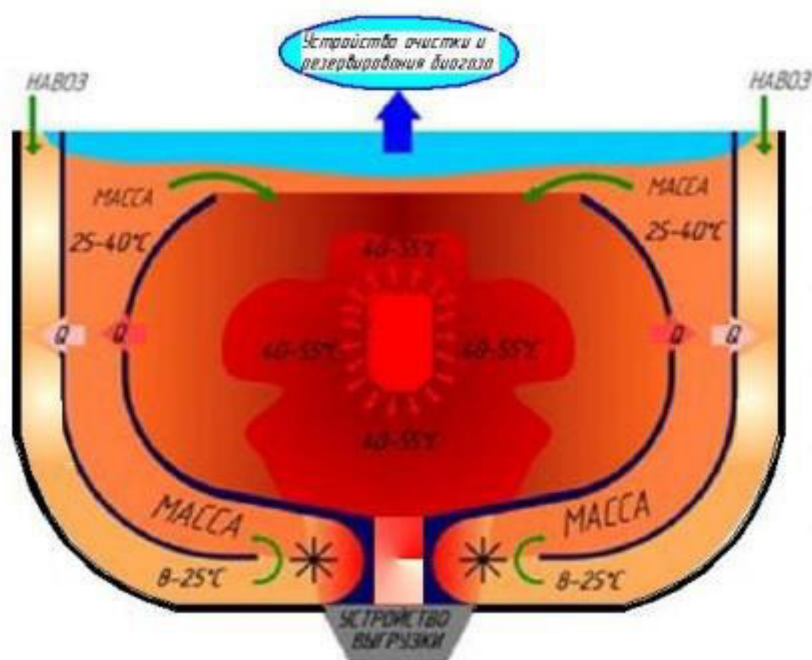


Рисунок 1.6 - Схема метантенка с конвективно-индукционным нагревом

В работе [8] описан горизонтальный мобильный метантенк для переработки отходов и получения биогаза. Брожение в нем происходит поэтапно в две стадии, каждая из которых протекает в отдельной секции устройства.

В реакторах с делениями на секции с различными температурными режимами сбраживания технологически проблематично поддерживать расчётные температуры в каждой зоне. Также учитывая то, что бактерии сильно восприимчивы к температуре, резкое изменение ее может привести к угнетению жизнедеятельности бактерий. На практике большинство установок работают в одном заданном температурном режиме сбраживания, так как при этом наблюдается стабильный выход биогаза.

В работе [8] рассматривается цилиндрический метантенк, в котором нагрев осуществляется через рубашку. Данная конструкция является не

эффективной с точки зрения энергосбережения. Так как тепловой поток будет направляться как в сторону СМ так и в сторону окружающей среды. При этом площадь внутренних стенок будет иметь повышенную температуру, что приведет к налипанию СМ внутренние стенки, а так же к угнетению жизнедеятельности бактерий, что будет сопровождаться уменьшением выхода биогаза. Через наружные поверхности греющей рубашки увеличатся теплопотери в окружающую среду. Учитывая этот факт, можно сделать вывод, что целесообразней располагать нагревательный элемент внутри метантенка.

В работах [13, 15] рассматриваются тепловые процессы, происходящие в различных конструкциях метантенков и различных режимах сбраживания и перемешивания.

Зарубежными учеными, проводившими исследования в области теплообменных процессов в МТ являются J. Fleming, J.R. Fisher, E.L. Iannotti, J. Durand, L.P. Walker, R.A. Pellerin, M.G. Heisler, G.S. Farmer и L.A. Hills, Beili [3, 10]. Джейсон Флеминг разработал динамическую и механическую модель процесса анаэробного сбраживания, включающую движение жидкости, перемешивание пузырьков, биологические реакции, внутренний теплообмен и теплообмен с окружающей средой.

Технологические параметры сбраживания, такие как обязательное перемешивание и нагрев, аналогичны процессам, применяемым в химической промышленности. В связи с этим аналитические исследования затронули и рассмотрение аппаратов используемых в химической промышленности с подогревом и перемешиванием реагирующих веществ.

Вертикальные цилиндрические аппараты являются наиболее распространённым видом аппаратов, применяемых в химическом промышленности. Корпус аппарата выполнен из листовой стали. Конструкция из данного материала соединяется болтами или сваривается из листов железа, свернутых в рулон. Оболочка реактора ставится на фундамент из

бетона. Для поддержания температурного режима аппарат изолируется. В конструкции предусмотрены отверстия для загрузки и опорожнения реактора, а также доступ к его внутреннему пространству для обслуживания. В конструкции предусмотрен змеевик для нагрева вещества и мешалка для его перемешивания.

Корпус аппарата состоит из цилиндрической части и днища. Внутри корпуса смонтированы змеевик и лопастная мешалка.

Корпус закрывает крышка, в которой имеются технологические отверстия для вала мешалки, подвода и отвода греющей воды.

Свежее количество вещества поступает в реактор через патрубок, а отработанное удаляется снизу через технологическое отверстие.

Поскольку элементы готовятся предварительно, то железные резервуары изготавливаются более технологично нежели резервуары из монолитного бетона. На месте установки, изготовленные из листового железа, толщиной 4-6 мм, внешне защищенные от коррозии размещаются на ленточном фундаменте.

Анализируя теплофизические свойства СМ, можно сделать предположение, что на греющей поверхности будут иметь место отложения твердой фракции СМ. В результате аналитических исследований опубликованных материалов по производству биогаза, определено, что влияние слоя отложений на интенсивность теплообмена между греющим элементом и массой не изучалось.

Разработка конструкции метантенка, который позволит поддерживать все технологические параметры процесса анаэробного сбраживания, а также быть простым в изготовлении, эксплуатации и быть энергоэффективным, является актуальным научным направлением.

1.7 Выводы по первому разделу

1. Проведен литературный обзор технологически процессов анаэробного сбраживания. На основании этого можно считать, что для стабильного сбраживания биомассы и выхода биогаза необходимо строгое соблюдение всех технологических параметров работы метантенка.

2. Проведен обзор конструкций метантенков, которые показали, что существующие они сложны в изготовлении, а при эксплуатации соблюдение технологических процессов анаэробного сбраживания будет затруднительно.

3. Анализ технологических процессов анаэробного сбраживания показал, что одним из основных факторов, влияющих на повышение эффективности работы метантенка, является температурный режим сбраживания, для исследования которого необходимо усовершенствовать математическую модель процессов тепломассообмена в метантенке.

4. Выполненные аналитические исследования позволяют сделать вывод, что учет влияния отложений твердых частиц на поверхности змеевика мало изучен. Поэтому исследования влияния отложений на поверхностях нагревательных элементов на интенсивность теплообмена между греющим теплоносителем и сбраживаемой массой являются необходимыми.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Выбор технологии анаэробной переработки

На основании анализа выше изложенного материала предлагается следующая технология анаэробной переработки [8].

1. В связи с тем, что влажность органических отходов, образующегося на птицефабриках и фермах, по техническим причинам составляет примерно 80 %, эти массы с такой влажностью обладают высокой вязкостью и липкостью, что создает проблемы удаления отхода. Поэтому для решения данной проблемы и получения субстрата заданной концентрации предлагается разбавлять отходы сточными водами, образующиеся на птицефабриках и комплексах;

2. С целью более полного исчерпания субстрата и интенсификации процесса способ его осуществления непрерывный на основе тубулярного процесса с организацией рециркуляции части потока с выхода реактора на вход. Принципиальное отличие от уже имеющихся аппаратов заключается в том, что движение субстрата организовано в горизонтальном направлении, что значительно снижает гидравлическую нагрузку столба жидкости, имеющую место в аппаратах башенного типа.

3. Для разделения жидкого сброженного отхода предлагается использовать осадительные центрифуги.

4. С целью предотвращения оседания ила и, как следствие, заиливания реактора, предусмотрено разделение реактора на секции с дном в виде пирамиды. На дне каждой секции установлен погружной фекальный насос, который обеспечивает периодическое перемешивание реакционной массы - путем её забора из нижней части реактора и подачи в верхнюю, что также предотвращает образование корки на поверхности субстрата. Таким образом, одновременное движение субстрата в горизонтальном и вертикальном направлениях способствует интенсификации массообменных процессов и, как следствие, самого процесса в целом.

5. Исходя из пунктов 2 и 4 следует, что для качественного протекания процесса анаэробной очистки необходимо, чтобы влажность субстрата была не менее 90 % (т.е. технологии обработки жидких или супержидких отходов). В качестве ресурсосберегающего решения предлагается использовать сточные воды, образующиеся на птицефабрике-комплексе, как жидкость для разбавления органических отходов с целью достижения требуемой влажности.

6. В связи с тем, что содержание метана в выделяющемся биогазе по длине реактора не одинаково (особенно высокое содержание CO_2 на начальных этапах протекания процесса), аппарат разбит на секции с помощью перегородок. Такое технологическое решение позволяет собирать фракции биогаза с различным содержанием метана. Объединяя более богатые метаном фракции и сбрасывая фракции с высоким содержанием CO_2 , мы искусственно повышаем содержание метана в биогазе, что приводит к увеличению энергии, выделяющейся при его сжигании.

7. На основании литературных данных и собственных исследований для интенсификации процесса и уменьшения времени пребывания субстрата в реакторе предлагается в качестве температурного режима использовать термофильный (температура процесса $t=55^\circ\text{C}$).

8. С целью минимизации тепловых потерь (особенно в зимнее время) предлагается расположить реактор в земле, а также поместить предварительный сбраживатель внутри реактора.

2.2 Способы первичной очистки биогаза от вредных примесей

Для того чтобы биогаз не имел запаха и хорошо горел, необходимо удалить из него углекислый газ, сероводород, пары воды. Биогаз, только что поступивший из ферментатора, практически на 100% насыщен водяными парами и, как правило, имеет высокое содержание сероводорода, а это вызывает коррозию металлического оборудования. При интенсивном перемешивании субстрата образовываются также аэрозоли, состоящие из мелких капель жидкости, которые осаждаются на оборудовании, и

образовывают отложения. А значит, биогаз нуждается в очистке от данных примесей.

Очищают полученный биогаз в несколько этапов, но практически невозможно достичь идеально чистого метана, главное, чтобы концентрация примесей не выходила за установленные нормы.

Существуют несколько методов очистки биогаза. Это методы жидкого и твёрдого химического поглощения примесей, мембранного разделения и вымораживания. В жидком методе часто используют жидкие химические поглотители CO_2 . Они поглощают углекислый газ, не взаимодействуя с метаном. В результате получается чистый метан, однако жидкую фазу нужно менять, для освобождения её от поглощённой углекислоты. Столь же существенные потери энергии свойственны криогенному методу. Для того, чтобы заморозить углекислый газ, необходимо потратить значительную часть энергии произведённой в установке, а это приводит к снижению общего КПД [10].

Мембранный метод разделения основан на пропускании биогаза через мембрану (рисунок 2.1) [9].



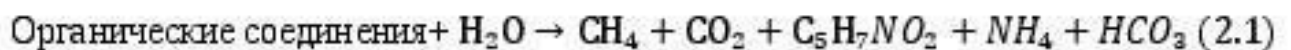
Рисунок 2.1 - Полимерная мембрана, запатентованная ИХХС РАН им. А.В. Топчиева

При данной технологии биогаз проходит через мембрану самотеком под давлением чуть выше атмосферного, очистка биогаза проводится без дополнительных энергозатрат. Углекислый газ проходит через мембрану

лучше, чем метан. При движении потока биогаза через мембрану углекислый газ проходит в подвижную жидкую фазу абсорбента, и концентрация метана в биогазе увеличивается. Если поместить мембрану на выходе из биореактора, то углекислый газ будет отводиться и можно извлечь метан требуемой чистоты. Далее углекислый газ удаляется сдувкой.

Также очистка биогаза проводится прохождением через водяной фильтр, где растворяется большая часть углекислого газа, аммиака и различных ароматических соединений. Вода с большой концентрацией растворенного углекислого газа и аммиака может использоваться для выращивания водорослей, которые, в свою очередь, пойдут на синтез биогаза в биогазовой установке. По-другому синтез биогаза называют биодеструкцией (биологическим разрушением) органических веществ с выделением свободного газообразного метана (CH_4) [4].

Ниже дана упрощенная формула, демонстрирующая выделение химических веществ из органических соединений в процессе жизнедеятельности бактерий метаногенов, у которых в процессе метаболизма выделяется побочный газ метан [1].



Другими словами, микроскопические бактерии, потребляя органические вещества, содержащиеся в биомассе и биологических отходах, выделяют горючий газ. Но даже при самых благоприятных условиях выделение горючего газа происходит не сразу – вначале нужен процесс ферментации биомассы, разложение которой происходит в несколько этапов за определенные периоды времени. Удаление углекислого газа происходит в гидрозатворе, если на дно установки добавить гашеную известь. Такую закладку придется периодически менять (как станет газ гореть хуже – пора менять).

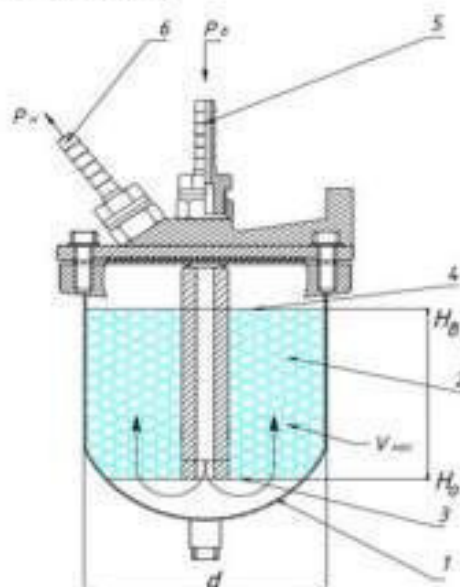
Для удаления сероводорода используется фильтр с загрузкой из металлической стружки [5]. Можно в емкость загрузить старые металлические мочалки. Очищение происходит точно также: газ подается в нижнюю часть заполненной металлом емкости. Проходя, он очищается от сероводорода,

собирается в верхней свободной части фильтра, откуда выводится по через другую (рисунок 2.2).



Рисунок – 2.2 Фильтр для очистки биогаза от сероводорода

Наиболее простой и экономический способ очистки биогаза – это очистка в специальном фильтре (рисунок 2.3).



1 – корпус; 2 – природный цеолит; 3 - нижняя сетчатая перегородка; 4 – верхняя сетчатая перегородка; 5 – штуцер для подвода биогаза; 6 – штуцер для отвода биогаза

Рисунок 2.3 – Модернизированный фильтр

При разработке фильтров можно использовать корпус от фильтра грубой очистки топлива КамАЗ-740. Фильтр состоит из одного отсека наполненного природным цеолитом. С обеих сторон он оснащен входным и выходным штуцерами [1, 4]. Фильтр такого типа работает по следующему принципу: к штуцеру 5 под давлением поступает биогаз, который проходит по

центральному каналу. После прохода через нижнюю сетчатую перегородку 3, биогаз поступает в слой цеолита 2, затем проходит через верхнюю сетчатую перегородку 4 и подходит к выходному штуцеру 6.

Очистка химических примесей в биогазе позволяет рассчитывать теплоту сгорания газа по принципу аддитивности. Низшую теплотворную способность при нормальных условиях (273.16 К и 101 кПа) можно определить с помощью эмпирической формулы Д.И. Менделеева [1]

$$Q_H = \alpha C + \beta H + \gamma S - \delta O - \eta W \quad (2.2)$$

где C, H, S, W – содержание углеводорода, водорода, серы и влаги в горючем веществе, %;

O – сумма кислорода и азота в горючем веществе, %;

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta$ – эмпирические коэффициенты.

Поскольку биогаз получается из органических отходов, то его химический состав сильно отличается. Природный газ с различным химическим составом и того же значения числа дает такое же количество тепла при сгорании в определенных условиях.

2.3 Расчет конструктивно-технологических параметров

Определение объема выхода навозной массы

Суточный выход навоза от одного животного вычисляется по формуле [8]:

$$g_{\text{вых.сут.}} = g + B + B_{\text{ж}} \quad (2.3)$$

где $g_{\text{вых.сут.}}$ – суточный выход навоза, кг.;

$g_{\text{вых.}}$ – выход навоза от одного животного, кг.; $g_{\text{вых.}} = 55$ кг.

B – количество технологической воды в расчете на одного животного в сутки, кг.; $B = 2 - 5$ кг.

$B_{\text{ж}}$ – количество технологической воды в расчете на одно животное в сутки, кг.; $B_{\text{ж}} = 5 - 15$ кг.

$$g_{\text{эк.сут.}} = 55 + 2 + 5 = 62 \text{ кг.}$$

$$V_{\text{сут}} = \frac{g_{\text{эк.сут.}}}{\rho_{\text{н}}}, \quad (2.4)$$

где $V_{\text{сут}}$ – суточный объем навозной массы, м^3 ;

$\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность навоза, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$V_{\text{сут}} = \frac{62}{1050} = 0,059 \text{ м}^3$$

Определение объема навозоприемника

Объем вычисляется по формуле:

$$V = \frac{\sum g \times n}{\rho}, \text{ м}^3 \quad (2.5)$$

где V – объем приемника, м^3 ;

g_i – суточный выход навоза от одного животного, кг. ;

n_i – число животных, $n = 50$ голов.

$$V = \frac{62 \times 50}{1050} = 2,95 \text{ м}^3$$

Определение продолжительности сбраживания

Продолжительность сбраживания определяется по формуле:

$$t_{\text{сб}} = \frac{100}{g} \quad (2.6)$$

где $t_{\text{сб}}$ – продолжительность сбраживания, суток,

g' – выход биогаза на 1 тонну переработанного навоза, $g' = 200 \text{ м}^3$

$$t_{\text{сб}} = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ сут.}$$

Определение суточного выхода биогаза

$$G_{\text{б}} = Q_{\text{сут}} \times g' \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

где Q – выход навоза, т.;

$$Q_{\text{сут}} = 3,1 \times 200 = 620 \text{ м}^3$$

Определение среднемесячного количества вырабатываемого биогаза

Количество теплоты, $Q_{\text{под}}$ МДж , требуемое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения:

$$Q_{\text{под}} = m_{\text{БМ}} c_{\text{БМ}} (t_{\text{ГР}} - t_{\text{ЗАГР}}) 10^3 \quad (2.8)$$

где $c_{\text{БМ}}$ – средняя теплоемкость биомассы, $c_{\text{БМ}} = 4,18 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

$t_{\text{ГР}}$ – температура процесса брожения, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{ЗАГР}}$ – температура загружаемой биомассы, $^\circ\text{C}$. Принимается равной среднемесячной температуре окружающего воздуха, если меньше 5°C , то принимается 5°C .

Среднемесячное количество теплоты определится из выражения:

$$Q_{\text{под}}^{\text{М}} = Q_{\text{под}} \cdot t_{\text{сут.М}}, \quad (2.9)$$

где $t_{\text{сут.М}}$ – количество дней в месяце, $t_{\text{сут.М}} = 30$ суток.

Количество теплоты $Q_{\text{пот}}$ Вт, теряемое в процессе теплоотдачи через стенку метантанка в окружающую среду:

$$Q_{\text{пот}} = kF(t_{\text{ГР}} - t_{\text{ср}}), \quad (2.10)$$

где k – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

F – площадь поверхности метантанка, м^2 ;

$t_{\text{ср}}$ – средняя месячная температура воздуха, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи k , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, определяется по формуле

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.11)$$

где $1/\alpha_1$ – сопротивление тепловосприятию, $1/\alpha_1 = 0,05 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$1/\alpha_2$ – сопротивление теплоотдачи, $1/\alpha_2 = 0,05 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

δ_i – толщина i -го слоя элемента ограждения, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя элемента ограждения, $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Площадь поверхности метантенка определится из выражения:

$$F = S_{\text{бок}} + 2 \cdot S_{\text{осн}}, \text{ м}^2, \quad (2.12)$$

где $S_{\text{бок}}$ – площадь боковой поверхности метантанка, м^2 ;

$S_{\text{осн}}$ – площадь основания метантанка, м^2 .

$$S_{\text{осн}} = \frac{\pi d^2 V}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,09^2}{4} = 3,42 \text{ м}^2; \quad (2.13)$$

Переведем количество теплоты, теряемое в окружающую среду в МДж/мес:

$$Q_{\text{пот}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\text{пот}} \cdot t_{\text{чм}}, \quad (2.14)$$

где $t_{\text{чм}}$ – количество часов в месяце, $t_{\text{чм}} = 720$ ч.

Общий расход энергии на механическое перемешивание субстрата в метантанке $Q_{\text{мех}}$ определим по формуле

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} V_{\text{MT}} z, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.15)$$

где $q_{\text{норм}}$ – удельная нагрузка на мешалку, $q_{\text{норм}} = 50 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^3}$;

V_{MT} – объем метантенка, м^3 ;

z – продолжительность работы мешалки, $z = 8$ часов в сутки.

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} V_{\text{MT}} z = 50 \cdot 7,84 \cdot 8 = 3,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.16)$$

Переводим полученные значения в МДж/мес:

$$Q_{\text{мех}}^{\text{М}} = 3,6 Q_{\text{мех}} t_{\text{сутм}} = 3,6 \cdot 3,14 \cdot 30 = 338,8 \text{ МДж/мес} \quad (2.17)$$

2.4 Тепловой баланс

Рассчитываем потери теплоты с энтальпией уходящих газов:

$$q_2 = \frac{H_{y\Gamma} - H_{\text{в}}}{Q_{\text{н}}^{\text{Р}}} \cdot 100\%; \quad (2.18)$$

где $H_{y\Gamma}$ – энтальпия уходящих газов, в kJ/m^3 ;

$H_{\text{в}}$ – энтальпия воздуха, kJ/m^3 .

$H_{y\Gamma}$ – определяется из диаграммы H - t по температуре уходящих газов, которые находятся в пределах $160 \dots 170$ °С. Примем $t_{y\Gamma} = 165$ °С.

Энтальпия воздуха рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{в}} = \alpha''_{\text{ж}} V_{\text{з}}^0 c_{\text{з}} t_{\text{з}}, \text{ kJ/m}^3; \quad (2.19)$$

где $t_{\text{з}}$ – температура воздуха, °С; принимаем $t_{\text{з}} = 30$ °С.

$c_{\text{з}}$ – теплоемкость воздуха, в $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$. При температуре $t_{\text{з}} = 30$ °С $c_{\text{з}} = 1,323 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$.

$$H_{\text{в}} = 1,3 \cdot 9,515 \cdot 1,323 \cdot 30 = 490,95 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3};$$

Тогда:

$$q_2 = \frac{3050 - 490,95}{33,5 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 7,6\%.$$

Для определения объемов продуктов сгорания и воздуха, а так же тепла от данного газами в поверхностях нагрева, вводится расчетный расход топлива, вычисляемый с учетом химического недожога:

$$B_p = B \cdot \left(1 - \frac{q_3}{100}\right) = 0,59 \cdot \left(1 - \frac{1,5}{100}\right) = 0,58 \text{ м}^3 \text{ с}; \quad (2.20)$$

2.5 Постановка задачи конструкторской разработки

Для хранения навоза в настоящее время применяют навозохранилища открытого и закрытого типов, в зависимости от климатических условий. В таких хранилищах навоз хранится в течение 4 – 5 месяцев, то есть в течение всего стойлового периода.

Такие хранилища должны иметь достаточный объем для хранения большого количества навоза. На строительство навозохранилищ, которые применяются в настоящее время, затрачивается много материальных средств. Исследования показывают, что жидкий навоз в результате брожения разделяется на фракции. Твердые частицы в виде органического осадка оседают на дно, а жидкая фракция остается на поверхности. Этот процесс при естественных условиях хранения происходит за 4 – 5 месяцев. В процессе исследований выяснилось, что процесс брожения и осветления жидкого навоза можно ускорить, если нагреть его до определенной температуры.

Задача данной конструкторской разработки ускорения утилизации навоза путем метанового сбраживания и получения высококачественного удобрения с биогазом, который используется как топливо.

2.6 Основные мероприятия для улучшения охраны труда при утилизации навоза

Для улучшения охраны труда в хозяйстве рекомендуется проводить следующие мероприятия [12]:

1. Составить план мероприятий согласно требованиям охраны труда, техники безопасности, нормам производственной санитарии и пожарной профилактики.
2. Правильно организовать рабочее время и время отдыха.
3. Разработать рациональные режимы работы.
4. Своевременно выдавать рабочим спец. одежду и обувь, средства производственной санитарии.
5. Своевременно проводить медико-профилактические мероприятия.
6. Организовать надзор и контроль за техническим состоянием оборудования в животноводстве.
7. Своевременное финансирование мероприятий по охране труда и использование основных средств по назначению.
8. Обеспечить каждой технологической операции в механизированных работах соответствующими инструкциями по ТБ.
9. Обучение персонала приемам оказания первой доврачебной помощи при несчастных случаях.
10. Оборудование гардеробных, комнат для отдыха и принятия пищи, душевых и помещения для обогрева.
11. Нанесение на производственное оборудование (органы управления и контроля, элементы конструкции) коммуникации и на другие объекты сигнальных цветов и знаков безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026, ГОСТ 12.4.040, ГОСТ 14202.
12. Механизация уборки производственных помещений, своевременное удаление вредных производственных факторов, очистка воздухопроводов. И вентиляционных установок, осветительной аппаратуры, окон, фрамуг, световых фонарей – в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05, СНиП II - 4.
13. механизация и автоматизация технологических операций, связанных с хранением, перемещением, заполнением, опорожнением передвижных и стационарных резервуаров ядовитыми, агрессивными, легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, газами, используемыми в

производстве в соответствии с требованиями: ГОСТ12.1.004, ГОСТ12.1.007, ГОСТ12.1.010, ГОМТ12.1.011, ГОСТ 12.2.022, ГОСТ 21.3.020, ГОСТ12.4.026, СНиП2.05.07.

Для устранения недостатков по охране труда нужно выполнять следующие правила безопасности: СНиП 2.03.04, ГОСТ12.1.030.

3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Обоснование выбора темы

Использование биогазовых технологий – это большой шаг в развитии Республики Татарстан. А это в свою очередь, поможет развитию аграрного и животноводческого сектора Республики. Китай, Индия и многие другие страны могут послужить примером, когда в масштабе страны биогазовые технологии продвигаются и пропагандируются.

Использование биогазовых технологий в условиях Республики Татарстан – это наиболее подходящий метод использования биомассы из всех ныне существующих. Объясняется это тем, что этот способ утилизации биомассы является наиболее экологичным, так как сжигание газа является наименее вредным с точки зрения экологии. Кроме того, появляется возможность использовать ценные биоудобрения, экономя на удобрениях химической промышленности.

Реализация данного проекта поможет решить проблему утилизации отходов сельского хозяйства. В ближайшие годы хозяйства могут столкнуться с тем, что некуда будет его вывозить. Такие отходы в свою очередь, при гниении в ямах загрязняет землю, атмосферу (выделяется CH_4), и подземные воды.

3.2 Выбор конструкции биогазовой установки

Функциональное назначение биогазовых установок

1. Производство жидких биоудобрений в суточных объемах примерно разных суточным объемам загрузки подготовленного сырья.

					ВКР 35.03.06.189.21.ПБ4.00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Передвижная биогазовая установка	Лист	Лист	Листов
Разраб.		Габидуллин Р.Р.						
Проб.		Нафиков И.Р.					1	19
Н. контр.		Нафиков И.Р.				Казанский ГАУ каф. МОА 5272-04 и группа		
Утверд.		Халиуллина Л.Т.						

В биогазовой установке ведется производство биогаза - микробиологический процесс, в ходе которого происходит разложение органического сырья при отсутствии кислорода. Центральные элементы процесса - продукция брожения и сам производимый биогаз.

4. Резервуар для сбора биогаза (газгольдер).

Произведенный в биогазовой установке газ хранится в отдельном газгольдере в течение продолжительного либо кратковременного срока.

5. Углекислотная разделительная колонка.

Полученный в биогазовой установке газ на 30–45 % состоит из углекислого газа (CO_2) и на 55–70 % - из метана (CH_4). При помощи разделительной колонки производится сепарация биогаза на технически чистые углекислый газ и метан.

6. Газгольдер с метаном

Отделенный при помощи разделительной колонки метан поступает в отдельный газгольдер и хранится в нем в течение продолжительного либо кратковременного срока. При помощи данного газгольдера удастся также обеспечить выравнивание потребления метана.

7. Газгольдер с углекислым газом

Отделенный при помощи разделительной колонки углекислый газ поступает в отдельный газгольдер и хранится в нем в течение продолжительного либо кратковременного срока. Из газгольдера углекислый газ поступает на участок культивирования водоросли хлореллы, где участвует в метаболических процессах ее клеток.

8. Участок, на котором культивируется одноклеточная зеленая водоросль хлорелла в целях получения биологического витаминного концентрата.

На данном участке обеспечивается культивирование водоросли хлореллы и производство из нее биологического витаминного концентрата, который можно вводить в любые режимы кормления животных и применять для изготовления гранулированных комбикормов.

9. Газогенератор.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	ВКР 35.03.06.189.21/БЧ.00.00.00 ПЗ					Лист
										3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Метан из отдельного газгольдера поступает в газосжигающую систему и используется в качестве топлива для выработки энергии и тепла теплиц.

10. Удаление полученных азотных удобрений и вывоз их на поля. Образующийся в реакторе осадок удаляется примерно дважды в год и в качестве удобрений вносится в почву. Объемы осадка зависят от объемов перерабатываемой биомассы, содержания сухих веществ в базовом сырье.

11. Электронасос.

Автоматика управляет включением/выключением электронасоса.

12. Теплица, отапливаемая биогазом.

Один из наиболее целесообразных и экономически состоятельных способов использования биогаза - отопление объектов тепличного хозяйства.

13. Самоходная круговая система орошения.

Посредством многофункционального оборудования системы орошения обеспечивается внесение удобрений, проращивание культур, полив и регулирование степени минерализации грунта.

14. Внесение вывезенных азотных удобрений в грунт.

Произведенные в биогазовых установках азотные удобрения являются основой «экологически чистого» земледелия. Выращенные с применением биологических удобрений культуры имеют более высокую рыночную стоимость.

Таким образом, производство биогаза представляется как наиболее привлекательный для инвесторов сектор биоэнергетики. Биогаз – не только один из перспективных сегодня возобновляемых источников энергии, способный обеспечить отопление и освещение различных сельскохозяйственных объектов, ежедневные эксплуатационные потребности хозяйств. Биогазовая установка позволяет создать замкнутое безотходное производство и обеспечивает стабильный доход.

Надежность и техника безопасности при работе с биогазовой установкой

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	ВКР 35.03.06.189.21ПБ4.00.00.00 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Основные узлы установки выполнены из полимеров, работающих при постоянной температуре и давлении. Они не подвержены коррозии, и поэтому практически вечные. Узлы, подверженные износу, такие, как мех газгольдера, миксеры, нагреватели легко могут быть заменены в случае выхода из строя.

Гидравлическая и пневматическая система биогазовой установки сконструированы таким образом, что защита от превышения допустимого давления заложена в самой схеме реактора, а потому обеспечивается абсолютная надежность и безаварийность работы.

Условия, требуемые для функционирования биогазовой установки

Для размещения установки нужна ровная площадка 15-30 кв.м. Для установки реактора нужна подстилка из досок. Для приготовления субстрата ежедневно нужно 100-300 л воды, желательно с температурой около 25С. Для функционирования автоматики необходимо электропитание напряжением 220В и максимальным током 5А. Для работы электрического обогрева добавляется еще ток для обогревателей из расчета 2,7А на 1 куб.м. объема реактора. Для сбора биоудобрений необходима лагуна (яма с бетонированными стенками). Можно применять и яму со стенками, укрепленными досками, ветками или другим способом, но при этом часть биоудобрений просочится в почву. Вреда от этого не будет, но только останется меньше биоудобрений для использования [2].

3.3 Обоснование схемы конструкции

Данная биогазовая установка предназначена для использования на малых и средних фермах КРС при утилизации навоза и бытовых стоков. В процессе сбраживания отходов сельскохозяйственного производства получается биогаз, который используется в качестве топлива и высококачественное удобрение. Другой стороной применения данной установки является предотвращение загрязнения воздушного и водного бассейнов.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	ВКР 35.03.06.189.21.ПБ4.00.00.00 ПЗ					Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Данная схема биогазовой установки рассчитана для местных природно – климатических условий. Для этого метантенк и трубопроводы имеют теплоизоляцию. Установка размещена в помещении фермы. Схема очень проста в устройстве. Отвечает требованиям техники безопасности. Схема биогазовой установки изображена на рисунке 3.2 и состоит из основных частей: приемник сырья, бродильная камера, газгольдер, щит управления, теплообменник.

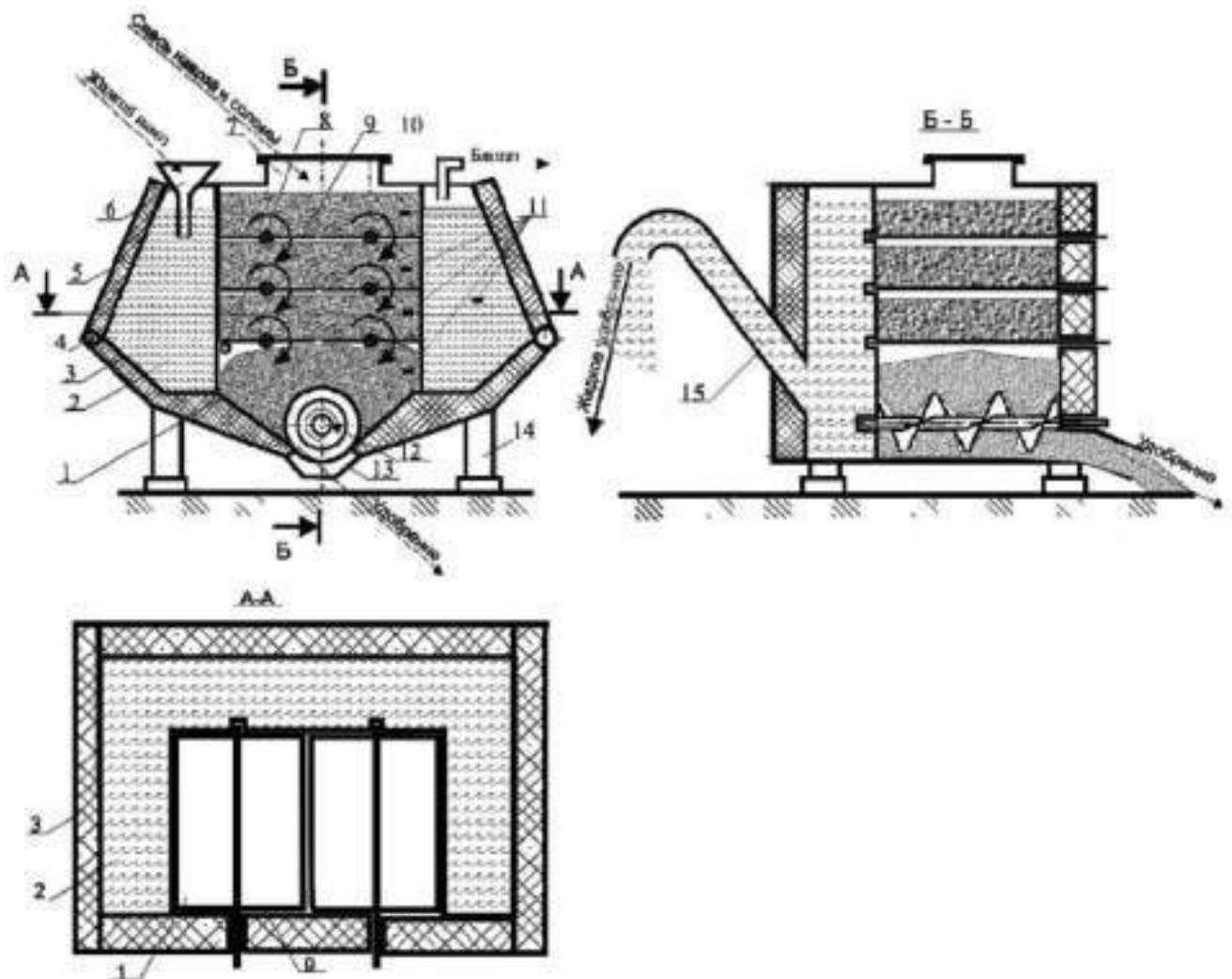


Рисунок 3.2 - Схема передвижной универсальной биогазовой установки

Передвижная универсальная биогазовая установка состоит из камер аэробной (1) и анаэробной (2) обработки навоза, воронки для подачи жидкого навоза (6), трубы (15) для удаления жидкого органического удобрения, трубы (10) для удаления биогаза, подающей горловины (7), вращающихся доньев (9) для смешивания и вертикального перемещения слоев биомассы, шнека (12) для

ВКР 35.03.06.189.21.ПБ4.00.00.00 ПЗ

Лист

6

Изм Лист № докум. Подпись Дата

удаления твердого органического удобрения, наклонного желоба (13), термометров (11) для измерения температур и регулировки процесса, термоизоляционного слоя (3), поворачивающего термоизоляционного слоя вокруг шарнира (4), насоса и труб (8) для подачи воздуха, корпуса (14).

Принцип работы установки состоит в следующем жидкий навоз соответствующей плотности через загрузочную воронку (6) подается в камеру (2), одновременно по горловине (7) смесь навоза и соломы подается в верхнюю часть камеры (1), которая по вертикали разделена полками, донья которых (8) вращаются вокруг своей оси.

Получаемая в процессе аэробной обработки навоза в камере (1) температура передается в камеру брожения (2), подогревает жидкий навоз, способствуя тем самым получению биогаза, который по трубе (10) подается в газгольдер. Остальной жидкий навоз превращается в жидкое удобрение, которое удаляется через трубу (15). Смешивание и вертикальное перемещение массы в камере (1) обеспечивается благодаря вращающимся доньям (9) отдельных участков камеры. Органическое удобрение, полученное в результате обработки навоза аэробным способом, удаляется с помощью шнека (12). Для измерения температуры и регулирования процессов в камерах установлены термометры (11). Чтобы исключить потери температуры и обеспечить устойчивость процесса газополучения, на внешнюю поверхность устройства накладывается теплоизоляционное покрытие (3). Для использования энергии солнечной радиации боковые изоляционные слои (5) сделаны вращающимися вокруг шарнира (4), благодаря чему открывается доступ солнечных лучей к поверхности резервуара (2), подогревается жидкий навоз и ускоряется процесс ферментации.

Совмещение способов аэробной и анаэробной обработки навоза приводит к тому, что температура, полученная в процессе обработки навоза аэробным способом, используется в метантенке для подогрева жидкого навоза и одновременного получения органического удобрения. Установка передвижная, что дает возможность применять ее и в летних лагерях с использованием

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 35.03.06.189.21.ПБ4.00.00.00 ПЗ	Лист
											7

солнечной энергии, и в животноводческих фермах для синхронного получения из навоза биогаза, жидкого и твердого органических удобрений.

3.4. Описание конструктивных узлов и принцип действия передвижной биогазовой установки

Установка состоит из следующих составных частей:

Метантенк – полезный объем 18м^3 , сварен из листовой стали толщиной 5мм внутри установлена лестница, сверху и снизу оборудован люками. Метантенк имеет теплоизоляцию.

Приемник сырья – приемник сырья находится под землей, выполнен из листовой стали. Приемник сырья оборудован съемной корзиной из металлической сетки, предотвращающей попадание в приемник крупных включений, нарушающих работу фекального насоса.

Газгольдер – поддерживает заданное давление биогаза, идущего к потребителю.

Водный затвор – установлен для предотвращения проскока пламени в реактор. Щит управления насосом оборудован реле времени, которое обеспечивает как ручное, так и автоматическое включение насоса в работу по заданной программе.

Биогазовая установка работает по следующему принципу:

Навоз и бытовые стоки самотеком подаются в приемник сырья 1, где накапливаются до определенного объема необходимого для разовой загрузки биореактора. Затем включается система загрузки метантенка. После загрузки включается система рециркуляционного перемешивания. Одновременно с перемешиванием происходит нагрев навозной массы при помощи подачи в биореактор, через трубопроводы, пара. При достижении предельной температуры навозной массы, о чем сигнализирует датчик, система отключается. Масса в приемнике периодически перемешивается и подогревается.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Инв. № подл.	ВКР 35.03.06.189.21/БЧ.00.00.00 ПЗ					Лист
														8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат										

Образовавшийся биогаз под действием собственного давления переходит в газгольдер, при этом от биогаза отделяется вода. Часть биогаза идет в газгольдер, а часть поступает в горелку котла для нагрева воды используемой для нагрева исходной навозной массы и поддержания температуры сбраживания в реакторах. Из газгольдера биогаз поступает на другие нужды.

3.5 Конструктивные расчеты

Определение объема метантенка

Объем определяется по формуле [9]:

$$V_{\mu} = \frac{100 \times Q_{\text{сут}} \times t_{\text{сб}}}{\rho_{\text{н}} \times g}, \quad (3.1)$$

где g – суточная доза загрузки метантенка

$$V_{\mu} = \frac{100 \times 3100 \times 6}{1050 \times 100} = 17,7 \text{ м}^3.$$

Принимаем объем метантенка 18 м^3

Определяем геометрические размеры метантенка

$$V_{\mu} = S \times h = \frac{\pi d^2 h}{4} + \frac{\pi h_1}{3} \times (R^2 + r^2 + Rr); \quad (3.2)$$

Пусть $D = 3 \text{ м}$, то $h = 1,78 \text{ м}$, $h_1 = 1 \text{ м}$

Определение объема газгольдера

Объем определяется по формуле:

$$V_r = \frac{G_{\text{б}} \times t_{\text{нб}}}{24}; \quad (3.3)$$

где V_r – объем газгольдера,

$t_{\text{нб}}$ – время накопления газа в газгольдере,

$G_{\text{б}}$ – суточный выход биогаза,

$$V_r = \frac{620 \times 12}{24} = 310 \text{ м}^3.$$

Оставшийся газ идет к потребителям.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	$V_{\mu} = \frac{100 \times G_{\text{сут}} \times t_{\text{нб}}}{\rho_{\text{н}} \times g};$ (3.1)
					где g – суточная доза загрузки метантенка
					$V_{\mu} = \frac{100 \times 3100 \times 6}{1050 \times 100} = 17,7 \text{ м}^3.$
					Принимаем объем метантенка 18 м^3
					Определяем геометрические размеры метантенка
					$V_{\mu} = S \times h = \frac{\pi d^2 h}{4} + \frac{\pi h_1}{3} \times (R^2 + r^2 + Rr);$ (3.2)
					Пусть $D = 3 \text{ м}$, то $h = 1,78 \text{ м}$, $h_1 = 1 \text{ м}$
					Определение объема газгольдера
					Объем определяется по формуле:
					$V_r = \frac{G_6 \times t_{\text{нб}}}{24};$ (3.3)
					где V_r – объем газгольдера,
					$t_{\text{нб}}$ – время накопления газа в газгольдере,
					G_6 – суточный выход биогаза,
					$V_r = \frac{620 \times 12}{24} = 310 \text{ м}^3.$
					Оставшийся газ идет к потребителям.

Определение расхода пара для поддержания температуры брожения
Исходные данные:

1. $Q_{\text{под}} = 75218 \text{ МДж}$ – количество теплоты, необходимой для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки [7];
2. $Q_{\text{пот}} = 2603 \text{ МДж}$ – количество теплоты, теряемое субстратом в результате теплоотдачи через стенку реактора в окружающую среду за сутки [7];
3. $Q_{\text{пер}} = 691 \text{ МДж}$ – потери энергии на перемешивание сбраживаемой массы [10];

Находим расход пара для поддержания температуры брожения [7]:

$$G = \frac{Q_{\text{общ}}}{i_n - i_k}, \text{ кг/с}, \quad (3.4)$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общие затраты энергии, МДж;

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}} + Q_{\text{пер}},$$

i_n – теплосодержание пара, КДж/кг;

i_k – теплосодержание конденсата, КДж/кг;

$$i_k = 4,19 \cdot 110 = 460,9 \text{ КДж/кг}.$$

$$G_1 = \frac{75218 + 2603 \cdot 8 + 691 \cdot 8}{(2700 - 460,9) \cdot 3600} = 12,6 \text{ кг/с}.$$

Размещение оборудования биогазовой установки

Оборудование биогазовой установки выполнено и размещено с соблюдением нормативных расстояний, приведенных в «Единых требованиях безопасности и производственной санитарии к конструкции технологического оборудования и технологического процесса утилизации навоза».

Расчеты вентиляции, освещения, заземления и молниезащиты приведены в технической документации фермы по патенту RU 2088078 C1.

Определение параметров мешалки

Определим мощность нагрузки на валу одной мешалки (всего их две):

$$P = \frac{9,81 Q L k_1 k_2 \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт}, \quad (3.5)$$

где Q – производительность, кг/с;

ВКР 35.03.06.189.21.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист

10

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

L – длина мешалки, м, ($L=5,1$ м),

k_1 – коэффициент трения массы о корпус ($k_1=0,7 \dots 1,3$ [20]);

k_2 – коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках ($k_2=1,1 \dots 1,2$ [14]);

$\eta_{\text{пер}}$ – КПД передачи.

Найдем производительность мешалки, если необходимое время перемешивания массы 20 мин:

$$Q = \frac{m_{\text{н}}}{T_{\text{н}}}, \quad (3.6)$$

где $m_{\text{н}}$ – масса навоза в одной камере метантенка, кг, $m_{\text{н}}=25$ т;

$T_{\text{н}}$ – время перемешивания, $T_{\text{н}}=1200$ с.

$$Q = \frac{25000}{1200} = 20,8 \text{ кг/с}$$

$$\eta_{\text{пер}} = \eta_1 \cdot \eta_2, \quad (3.7)$$

где η_1 – КПД мотор-редуктора ($\eta_1=0,9$) [13];

η_2 – КПД муфты ($\eta_2=0,98$) [13].

$$\eta_{\text{пер}} = 0,9 \cdot 0,98 = 0,88.$$

$$P = \frac{9,81 \cdot 20,8 \cdot 5,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}}{0,88} = 2,8 \text{ кВт}$$

Выбираем мотор-редуктор 4МЦ2С-125, технические характеристики которого приведены ниже [4].

Технические данные мотор-редуктора

Номинальная частота вращения выходного вала, мин ⁻¹	56
Номинальный крутящий момент на выходном валу, Н·м	514
Высота редукторной части, мм	80
Тип электродвигателя	АИР100S4

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	$T_{\text{т}} - \text{время перемешивания, } T_y = 1200 \text{ с.}$
					$Q = \frac{25000}{1200} = 20,8 \text{ кг/с}$
					$\eta_{\text{кпр}} = \eta_1 \cdot \eta_2, \tag{3.7}$
					где η_1 – КПД мотор-редуктора ($\eta_1 = 0,9$) [13];
					η_2 – КПД муфты ($\eta_2 = 0,98$) [13].
					$\eta_{\text{кпр}} = 0,9 \cdot 0,98 = 0,88.$
					$P = \frac{9,81 \cdot 20,8 \cdot 5,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}}{0,88} = 2,8 \text{ кВт}$
					Выбираем мотор-редуктор 4МЦ2С-125, технические характеристики которого приведены ниже [4].
					Технические данные мотор-редуктора
					Номинальная частота вращения выходного
					вала, мин ⁻¹ 56
					Номинальный крутящий момент на выходном
					валу, Н·м 514
					Высота редукторной части, мм 80
					Тип электродвигателя АИР100S4
				</	

Мощность электродвигателя, кВт 3,0

Частота вращения электродвигателя, мин⁻¹ 3000

Расчет вала мешалки

Крутящий момент, действующий на вал, определяется соотношением:

$$M_{кр} = 9550 \cdot \frac{P}{n_{пр}}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.8)$$

где P – мощность электродвигателя, кВт;

$n_{пр}$ – частота вращения вала привода, мин⁻¹.

$$M_{кр} = 9550 \cdot \frac{3}{56} = 512 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Диаметр вала находим из выражения:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,1 \cdot [\tau]}}, \text{ мм}; \quad (3.9)$$

где $M_{кр}$ – момент на валу, Н·мм,

$[\tau]$ – допустимое напряжение кручения, $[\tau] = 15 \dots 25 \text{ МПа}$ [13].

$$d = \sqrt[3]{\frac{512}{0,1 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 63 \text{ мм}$$

Полученный результат округляем по ГОСТ 6636-69: $d = 60 \text{ мм}$.

По ГОСТ 28428-90 выбираем подшипник № 1212: $d \times D \times B = 60 \times 110 \times 22$

мм.

Определим диаметр вала:

$$d_1 = d + 2t, \text{ мм} \quad (3.10)$$

$$d_1 = 60 + 2 \cdot 2,5 = 65 \text{ мм}.$$

Определим осевую силу, действующую на вал мешалки, из соотношения

$$F_L = \frac{2T}{d_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)}, \quad (3.11)$$

где $d_1 = (0,7 \dots 0,8)D$ – средний диаметр шнека мешалки, м,

$\alpha_1 = 21^\circ$ – угол подъема винтовой линии,

Инв. № подл.	Подпись и дата			
	Взам. инв. № дубл.			
	Взам. инв. №			
	Подпись и дата			
ВКР 35.03.06.189.21ПБЧ.00.00.00 ПЗ Лист 12				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Диаметр вала находим из выражения:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,1 \cdot [\tau]}}, \text{ мм}; \tag{3.9}$$

где $M_{кр}$ – момент на валу, Н·мм,
 $[\tau]$ – допустимое напряжение кручения, $[\tau] = 15 \dots 25 \text{ МПа}$ [13].

$$d = \sqrt[3]{\frac{512}{0,1 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 63 \text{ мм}$$

Полученный результат округляем по ГОСТ 6636-69: $d = 60 \text{ мм}$.
По ГОСТ 28428-90 выбираем подшипник № 1212: $d \times D \times B = 60 \times 110 \times 22 \text{ мм}$.

Определим диаметр вала:

$$d_1 = d + 2t, \text{ мм} \tag{3.10}$$
$$d_1 = 60 + 2 \cdot 2,5 = 65 \text{ мм}.$$

Определим осевую силу, действующую на вал мешалки, из соотношения

$$F_L = \frac{2T}{d_1 \cdot \text{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)}, \tag{3.11}$$

где $d_1 = (0,7 \dots 0,8)D$ – средний диаметр шнека мешалки, м,
 $\alpha_1 = 21^\circ$ – угол подъема винтовой линии,

$\varphi_1 = 31^\circ$ – угол трения между винтом и цпнком.

$$d_I = 0,8 \cdot 3,06 = 2,45 \text{ m}$$

$$F_{\text{Л}} = \frac{2 \cdot 512}{2,45 \cdot \operatorname{tg}(21 + 31)} = 816 \text{ Н.}$$

Определение допускаемой нагрузки болта

В конструкторской разработке используется крепление фланцев метантенка к основной трубе посредством фланцевого соединения. Конструктивно крепление фланцев должно осуществляться болтовым соединением. Болты из стали 35. Фланцы работают на срез в месте стыка.

Усилие среза 520 кг. Вид нагрузки – переменная.

Конструкция фланцевого соединения предусматривает равномерное распределение нагрузки по болтам. Требуется подобрать диаметр и количество болтов.

Определим диаметр болта:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_6}{3,14 \cdot [\tau_{cp}]}} \text{, MM;} \quad (3.12)$$

где P_6 – внешняя сила, действующая на стержень (болт), Н;

$[\tau_{cp}]$ – допускаемое напряжение при срезе, МПа, $[\tau_{cp}] = 55$ МПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 5200}{3,14 \cdot 55 \cdot 10^6}} = 12 \text{ mm}$$

Таким образом, для крепления фланцев, воспринимающих срезающую силу 5200 Н, принимаем 6 болтов М12.

Определение допустимой нагрузки во втулке

Определяем допускаемую нагрузку из расчета стенок отверстия во втулке на смятие. Площадь смятия, через которую передается сила F , рассчитывается

по формуле:

$$A_{см} = \sigma \cdot d_0, \quad (3.13)$$

где σ – высота втулки, $\sigma = 0,08\text{м} = 80\text{мм}$,

d_0 – диаметр отверстия, $d_0 = 25\text{мм}$.

$$A_{см} = 80 \cdot 25 = 2000 \text{ мм}^2.$$

$$[F_{см}] = [\tau_{см}] \cdot A_{см}, \quad (3.14)$$

где $[\tau_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия, $[\sigma_{см}] = 210 \text{ МПа}$.

Определяем допускаемую нагрузку из расчета стенок отверстия во втулке на смятие:

$$[F_{см}] = 210 \cdot 10^6 \cdot 2000 \cdot 10^{-6} = 420 \text{ кН}$$

Таким образом, допускаемая нагрузка соединения $[F] = [F_{см}] = 420 \text{ кН}$ ограничивается прочностью втулки на смятие. Такая нагрузка обеспечивает неплохой запас прочности соединения брусков-шпек.

3.6 Обеспечение безопасности в конструкции биогазовой установки

1. Корпус электродвигателя насоса, рубильника и других металлических частей заземления для чего предназначены болты.
2. Для спуска в метантенк при монтаже и ремонте установки лестница.
3. Во избежание возможных ожогов все трубопроводы изолированы.
4. Пусковые установки, рукоятки, рубильник установлены так, чтобы исключить возможность самопроизвольного включения насоса для перекачки органического осадка.
5. Для исключения утечки газа метантенк оборудован герметично закрывающимся люком.
6. Соединительная муфта насоса надежно ограждена.
7. Фундаментные крепления болтов законтрены, стержни болтов выступают за поверхность контргайки на 1,5 – 2 витка.

$[F_{cm}] = 210 \cdot 10^6 \cdot 2000 \cdot 10^{-6} = 420 \text{ кН}$				
Таким образом, допускаемая нагрузка соединения $[F] = [F_{cm}] = 420 \text{ кН}$ ограничивается прочностью втулки на смятие. Такая нагрузка обеспечивает неплохой запас прочности соединения брусok-шпек.				
3.6 Обеспечение безопасности в конструкции биогазовой установки				
1. Корпус электродвигателя насоса, рубильника и других металлических частей заземления для чего предназначены болты.				
2. Для спуска в метантенк при монтаже и ремонте установки лестница.				
3. Во избежание возможных ожогов все трубопроводы изолированы.				
4. Пусковые установки, рукоятки, рубильник установлены так, чтобы исключить возможность самопроизвольного включения насоса для перекачки органического осадка.				
5. Для исключения утечки газа метантенк оборудован герметично закрывающимся люком				
6. Соединительная муфта насоса надежно ограждена.				
7. Фундаментные крепления болтов законтрены, стержни болтов выступают за поверхность контргаек на 1,5 – 2 витка.				
Инв. № подл.	Подпись и дата			
	Взам. инв. №			
Инв. № подл.	Взам. инв. №			
	Подпись и дата			
ВКР 35.03.06.189.21.ПБ4.00.00.00 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
				Лист
				14

Насос укомплектован приборами для контролирования нагнетания и всасывания.

8. В целях предупреждения о пуске насоса устроена звуковая сигнализация.

9. Оборудование биогазовой установки окрасить в желтый цвет.

3.7 Инструкция по охране труда при эксплуатации биогазовой установки

Общие требования безопасности

1. Допускать к работе можно только лиц знакомых с их устройством, правилами эксплуатации и прошедших инструктаж по технике безопасности, не моложе 16 лет.

2. Во время работы машин и механизмов неукоснительно соблюдать правила внутреннего распорядка. Категорически запрещается распитие спиртных напитков и курение на рабочем месте.

3. Ремонт и обслуживание машин проводить при полной остановке и отключении питания. Содержание вредных веществ и газов в воздухе согласно ГОСТ 12.1.005 – 76.

4. Выдавать своевременно и без задержек спец. одежду согласно инструкции о порядке обеспечения спец. одеждой.

5. Персоналу своевременно и грамотно оказать первую (доврачебную) помощь.

6. Ответственность за нарушение требований данной инструкции несет оператор.

Требования безопасности перед началом работы

1. Надеть спец. одежду, обувь, проверить показания приборов и визуально исправность механизмов, и исправность кожухов.

2. Не засорять территорию метантенка отходами производства и соломой.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	ВКР 35.03.06.189.21ПБ4.00.00.00 ПЗ					Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Требования безопасности во время работы

1. Содержать в порядке и чистоте рабочее место, не загромождать проходы, проезды, инструмент укладывать в отведенные для этого места. Во время работы, ремонта и обслуживания применять инструмент только из цветного металла.
2. Во время выгрузки ила транспортер надежно оградить.
3. Во время работы биогазовой установки категорически запрещается пользование открытым огнем и курение.
4. При возникновении аварийных ситуаций действовать согласно утвержденным инструкциям поведения при аварийных ситуациях.

Требования безопасности в аварийной ситуации

1. При возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к несчастным случаям, необходимо принять все меры по устранению и ликвидации последствий.
2. При необходимости оказать первую помощь пострадавшим.

Требования безопасности по окончании работы

1. В конце смены проверить показания приборов и рабочих механизмов. Убедиться в отсутствии поломок.
2. Снять спец. одежду, обувь сдать на хранение, принять душ.
3. Во время работы биогазовой установки ведется журнал, в который заносятся сведения о недостатках обнаруженных во время работы.

3.8 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков,

ВКР 35.03.06.189.21.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист

16

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

Для определения стоимости конструкции воспользуемся способом аналогии по сопоставимости массы:

$$C_{61} = \frac{C_{60} \cdot M_1 \cdot \delta}{M_0}, \quad (3.15)$$

Где C_{61} , C_{60} - балансовая стоимость проектируемой и существующей конструкции;

 M_1, M_0 — масса проектируемой и существующей конструкции, δ -коэффициент удешевления конструкции.

$$C_{\text{г1}} = \frac{70000 \cdot 1300 \cdot 0,95}{900} \approx 96055 \text{ руб}$$

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$\Xi e = \frac{N \cdot T'_{\text{год}}}{W \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.16)$$

где N - потребляемая конструкцией мощность кВт;

$W_{\text{час}}$ - часовая производительность, м³/час;

$T'_{\text{год}}$ - годовая загрузка мощности, час;

$T_{\text{год}}$ - годовая загрузка конструкций, час.

$$\Xi e_0 = \frac{3 \cdot 1460}{7,5 \cdot 8760} = 0,066 \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^3}$$

$$\Xi e_1 = \frac{3 \cdot 1460}{12,5 \cdot 8760} = 0,04 \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^3}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\Xi_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W'_{\text{час}} \cdot T'_{\text{год}}, \quad (3.17)$$

$$\Xi_{\text{год}} = (1,624 - 1,427) \cdot 12,5 \cdot 8760 = 21571,5 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}_1} - C_{\text{прив}_2}) \cdot W'_{\text{час}} \cdot T'_{\text{год}}, \quad (3.18)$$

$$E_{\text{год}} = (1,78 - 1,56) \cdot 12,5 \cdot 8760 = 24090 \text{ руб}$$

Срок окупаемости дополнительных вложений определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Xi_{\text{год}}}, \quad (3.19)$$

где ΔK - дополнительные капитальные вложения, руб

$$T_{\text{ок}} = \frac{96055 - 70000}{21571,5} = 1,2 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (3.20)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{1,2} = 0,83$$

Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Взам. инв. №				
	Взам. инв. №				
	Подпись и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	$\Delta e_1 = \frac{12,5 \cdot 8760}{12,5 \cdot 8760} = 0,04 \frac{1}{\text{м}^3}$
					Годовая экономия определяется по формуле:
					$\Delta_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W'_{\text{час}} \cdot T'_{\text{год}}, \quad (3.17)$
					$\Delta_{\text{год}} = (1,624 - 1,427) \cdot 12,5 \cdot 8760 = 21571,5 \text{ руб}$
Годовой экономический эффект определяется по формуле:					
$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}_1} - C_{\text{прив}_2}) \cdot W'_{\text{час}} \cdot T'_{\text{год}}, \quad (3.18)$					
$E_{\text{год}} = (1,78 - 1,56) \cdot 12,5 \cdot 8760 = 24090 \text{ руб}$					
Срок окупаемости дополнительных вложений определяется по формуле:					
$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta_{\text{год}}}, \quad (3.19)$					
где ΔK - дополнительные капитальные вложения, руб					
$T_{\text{ок}} = \frac{96055 - 70000}{21571,5} = 1,2 \text{ года}$					
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:					
$E_{\text{эф}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (3.20)$					
$E_{\text{эф}} = \frac{1}{1,2} = 0,83$					

					ВКР 35.03.06.189.21ПБ4.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В таблицу 3.1 заносим исходные данные для расчета.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

Наименование	Существующая	Проектируемая
Масса конструкции, кг	900	1300
Балансовая стоимость, руб	70000	96055
Потребляемая мощность, кВт	3	3
Количество обслуживающего персонала, чел	3	2
Разряд работы	III	III
Тарифная ставка, руб/чел час	80	80
Норма затрат на ремонт и ТО, %	10	10
Норма амортизации, %	8,33	8,33
Годовая загрузка, час	8760	8760
Производительность, м ³ /час	7,5	12,5

Фондоемкость процесса определяется по формуле:

$$Fe = \frac{C_6}{W_{\text{час}} * T_{\text{год}}}, \quad (3.21)$$

где C_6 - балансовая стоимость конструкций, руб.

$$Fe0 = \frac{70000}{7,5 * 8760} = 1,065 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

$$Fe1 = \frac{96055}{12,5 * 8760} = 0,877 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$Te = \frac{n * T_{\text{год}}}{W_{\text{час}} * T_{\text{год}}}, \quad (3.22)$$

где n - количество обслуживающего персонала, чел.

$$Te0 = \frac{2 * 1460}{7,5 * 8760} = 0,044 \frac{\text{ч} * \text{час}}{\text{м}^3}$$

$$Te1 = \frac{3 * 1460}{12,5 * 8760} = 0,04 \frac{\text{ч} * \text{час}}{\text{м}^3}$$

Уровень эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$S = C_{\text{эл}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рго}} + C_{\text{а}}, \quad (3.23)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Лист 19				
					ВКР 35.03.06.189.21.ПБ4.00.00.00 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

где $C_{зп}$ - затраты на оплату труда, $\frac{руб}{м^3}$;

$C_{э}$ - затраты на электроэнергию, $\frac{руб}{м^3}$;

$C_{рто}$ - затраты на ремонт и ТО, $\frac{руб}{м^3}$;

C_a – затраты на амортизацию, $\frac{руб}{м^3}$.

Затраты на оплату труда определяются по формуле:

$$C_{зп} = Z * T_e * K_g * K_{ст} * K_{от} * K_{сс}, \quad (3.24)$$

где Z - тарифная ставка, $\frac{руб}{ч * час}$;

$K_g, K_{ст}, K_{от}, K_{сс}$ - коэффициенты дополнительной оплаты труда, стажа, отпуска, социального страхования.

$$C_{зп0} = 80 * 0,044 * 1,2 * 1,1 * 1,1 * 1,2 = 1,3 \frac{руб}{м^3}$$

$$C_{зп1} = 80 * 0,04 * 1,2 * 1,1 * 1,1 * 1,2 = 1,185 \frac{руб}{м^3}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{э} = Ц_{э} * Э_e, \quad (3.25)$$

где $Ц_{э}$ - цена электроэнергии, $\frac{руб}{кВт * час}$

$$C_{э0} = 5,38 * 0,066 = 0,135 \frac{руб}{м^3}$$

$$C_{э1} = 5,38 * 0,04 = 0,082 \frac{руб}{м^3}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяются по формуле:

$$C_{рто} = \frac{C_{г} * H_{рто}}{100 * W_{га} * T_{год}}, \quad (3.26)$$

где $H_{рто}$ - нормы затрат на ремонт и ТО, в %.

$$C_{рто0} = \frac{70000 * 10}{100 * 7,5 * 8760} = 0,1 \frac{руб}{м^3}$$

$$C_{рто1} = \frac{96055}{100 * 12,5 * 8760} = 0,087 \frac{руб}{м^3}$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № дубл.	Взам. инв. № подл.	Подпись и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 35.03.06.189.21ПБЧ.00.00.00 ПЗ				
					Лист				
					Ж				

Затраты на амортизацию определяются по формуле:

$$Ca = \frac{C_6 * a}{100 * W_{\text{вх}} * T_{\text{зд}}}, \quad (3.27)$$

где a – норма амортизации, в %.

$$Ca0 = \frac{70000 * 8,33}{100 * 7,5 * 8760} = 0,089 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

$$Ca1 = \frac{96055 * 8,33}{100 * 12,5 * 8760} = 0,073 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

$$S0 = 1,3 + 0,135 + 0,1 + 0,089 = 1,624 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

$$S1 = 1,185 + 0,082 + 0,087 + 0,073 = 1,427 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

Уровень приведенных затрат определяется по формуле:

$$C_{\text{пр}} = S + E_n + K_{\text{уд}}, \quad (3.28)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,
 $E_n = 0,15$;

$K_{\text{уд}}$ – удельные капитальные вложения, $\frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$;

$$C_{\text{пр}0} = 1,624 + 0,15 * 1,065 = 1,78 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

$$C_{\text{пр}1} = 1,427 + 0,15 * 0,877 = 1,56 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$$

Все полученные результаты заносим в таблицу 3.2

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата													
<table border="1"> <tr> <td>Изм</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <i>ВКР 35.03.06.189.21.ПБЧ.00.00.00 ПЗ</i> <table border="1"> <tr> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td>21</td> </tr> </table>						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						Лист	21
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата													
Лист																	
21																	

Таблица 3.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

Наименование показателей	Существуемая	Проектируемая	Проект в % к существующей
Часовая производительность, м ³ /час	7,5	12,5	166
Фондоемкость процесса, руб/м ³	1,065	0,877	82,3
Энергоемкость процесса, кВт * час / м ³	0,066	0,04	60,6
Металлоемкость процесса, кг/м ³	0,0137	0,0119	86,9
Трудоемкость процесса, ч * час / м ³	0,044	0,04	90
Уровень экспл. затрат, руб/м ³	1,624	1,427	87,9
Уровень прив. затрат, руб/м ³	1,78	1,56	87,6
Годовая экономия, руб	-	21571,5	-
Годовой эконом. эффект, руб	-	24080	-
Срок окупаемости доп. капитальных вложений, лет	-	1,2	-
Кэф. эффек. доп. кап. вложений	-	0,83	-

Учитывая, что грамотно спроектированный и выполненный непрерывный процесс анаэробного сбраживания органических отходов в термофильном режиме является более интенсивным, чем мезофильный периодический процесс. Исходя из того, что органические отходы являются отличным субстратом для процессов анаэробного брожения, можно сделать вывод, что данный проект имеет практическое значение.

На основании всего выше изложенного следует, что основной целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии непрерывной утилизации органических отходов на основе жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.189.21.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист

22

Данная технология позволит:

- снизить до минимума напряжённую экологическую обстановку вокруг птицефабрик и комплексов;
- получать ценные, экологически чистые органические удобрения;
- сделать первый шаг на пути освоения безотходных технологий в сельском хозяйстве;
- получать биогаз - альтернативный природному газу источник энергии, расходующийся на энергетические нужды установки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
					<i>ВКР 35.03.06.189.21.ПБЧ.00.00.00 ПЗ</i>	23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист
						23

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе детального анализа литературных данных, собственных исследований и нововведений предложена усовершенствованная технология анаэробного сбраживания органических отходов, а именно:

1. С целью более полного исчерпания субстрата и интенсификации процесса способ его осуществления непрерывный, на основе тубулярного процесса, с организацией рециркуляции части потока, который используется в качестве посевного материала. Принципиальное отличие от уже имеющихся аппаратов заключается в том, что движение субстрата организовано в горизонтальном направлении, что значительно снижает гидравлическую нагрузку столба жидкости, имеющую место в аппаратах башенного типа.

2. Разделение реактора на секции с целью сбора различных фракций биогаза и предотвращения проскока несброженной и необеззараженной жидкой помётной массы, что присуще обычным ёмкостным реакторам полного смешения.

3. Интенсификация процесса за счёт применения многостадийной метангенерации (использование предварительного сбраживателя, где происходит, главным образом, начальная стадия процесса, а именно: гидролиз органических веществ) и термофильного режима сбраживания.

Данная технология позволит увеличить скорость переработки отходов и, как следствие, сократить время пребывания субстрата в реакторе до нескольких дней (в отличие от недель для мезофильных полупериодических режимов переработки, наиболее распространённых на сегодняшний день).

Расчёты показали, что более 90 % тепла, необходимого для поддержания термофильного режима, может быть получено при сжигании образующегося в данном процессе биогаза.

Библиографический список

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя. /В.И. Анурьев// М.: Машиностроение, 1978. - 557с.
2. Байдукин Ю.А. Использование отходов сельского хозяйства для получения энергии. /Ю.А. Байдукин, А.Я. Бойко, А.Д. Пяева/ М.: ВНИИТЭИСХ, 1981. - 49 с.
3. Бейли, Д. Основы биохимической инженерии. /Д. Бейли, Д. Оллис// Пер. с англ. В 2-х частях. Ч. 2. – М.: Мир, 1989. - 590с.
4. Бирюков, В.В. Основы промышленной биотехнологии. /В.В. Бирюков // М.: КолосС, 2004. - 296с.
5. Блянкман, Л.М. Ресурсо - и энергосберегающие технологии в АПК. /Л.М. Блянкман, Н.И. Анисимова// Минск Ураджай, 1990. - 156 с.
6. Брагинец, Н.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства. /Н.В. Брагинец, Д.А. Палишкин// М.: Колос, 1984. - 190 с.
7. Булгариев Г.Г. Методические указания по анализу хозяйственной деятельности предприятий в дипломных проектах (для студентов ИМ и ТС) /Г.Г. Булгариев, Абдрахманов Р.К., Калимуллин М.Н., Булатова Н.В.// Казанский государственный аграрный университет – Казань, 2011 – 35 с.
8. Гайфуллин И.Х. Использование малогабаритной биогазовой установки на семейной ферме / И.Х. Гайфуллин, И.Р. Нафиков, Рудаков А.И. Материалы 73-й студенческой (региональной) научной конференции. - Казань: Казанский ГАУ, 2015. – С.50-53.
9. Гайфуллин И.Х. Способы первичной очистки биогаза от вредных примесей / И.Х. Гайфуллин, А.А. Зарипова, И.Р. Нафиков / Материалы студенческой (региональной) научной конференции – Казань: Изд-во Казанский ГАУ
- Гайфуллин И.Х. Эффективность биогазовых технологий / И.Х. Гайфуллин, Б.Г. Зиганшин, И.Р. Нафиков // Материалы международной

научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016 С. 57-60.

10. Коба, В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства. /В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич// М.: Колос, 2000. - 525 с.

11. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. /С.В. Мельников// М.: Колос, 1978. - 639 с.

12. Нафиков, И.Р. Классификация существующих биогазовых установок/ И.Р. Нафиков, А.А. Зарипова, И.Х. Гайфуллин Материалы студенческой (региональной) научной конференции. Издательство Казанский ГАУ 2017 С. 3-5.

13. Нафиков, И.Р. Влияние температуры на нагрева субстрата / И.Х. Гайфуллин, Б.Г. Зиганшин, И.Р. Нафиков // Материалы VIII международной научно-практической конференции Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки. Том 2. –North Charleston, USA.

14. Нафиков, И.Р. Пути повышения эффективности биогаза / И.Х. Гайфуллин А.И. Рудаков, И.Р. Нафиков Материалы научно- практической конференции. - Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С.28-32.

15. Рудаков, А.И. Математическая модель тепловых потоков в биореакторе биогазовой установки. / А.И. Рудаков, М.С. Нурсубин, С.А. Чапчин// Математические методы в технике и технологиях Сб. трудов XXI междунар. научн. конф.: 10 т. Секция–11. Информатизация технологических систем и процессов ММТТ. – Саратов: 2008– с.135 - 137

16. Рудаков, А.И. Современные принципы разработки и совершенствования технических объектов в животноводстве. /А.И. Рудаков// - Казань: Изд - во Казан. Ун-та, 2002. - 304 с

СН 2.2.4/2.1.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки.

17. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.

18. Суханов, Е.Л. Комплектование и изображение систем автоматизации технологических объектов. /Е.Л. Суханов// Екатеринбург: УГТУ, 1993. – 34 с.
19. Установка БГУ-8л. /С.А. Зимин, М.А. Грошков, В.И. Великин и др.// Сб. матер. научно-практ. конф. аспирантов и молодых ученых 6 – 9 12 2005 г. 522 с.
20. Фокина, В.Д. Переработка навоза в биогаз. /В.Д. Фокина, А.Н. Хитров// М.: ВНИИТЭИСХ, 1981. – 44 с.
21. Чернышов, А.А. Совершенствование биогазовых установок для производства удобрений из навоза КРС. /А.А. Чернышов// Дисс... канд техн. наук /ГНУ ВИЭСХ - М., 2004. – 204 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

СПЕЦИФИКАЦИЯ