

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса**

Направление 35.03.06 -Агроинженерия
Профиль Технологическое оборудование для хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции
Кафедра Машин и оборудования в агробизнесе

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Тема: Совершенствование технологии переработки органических отходов
с разработкой конструкции биогазовой установки

Шифр ВКР 35.03.06.184.18.ПБУ.00.00.00 ПЗ

Студент 244 группы Зарипова А.А.
подпись Ф.И.О.

Руководитель доцент Нафиков И.Р.
ученое звание подпись
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол №__ от _____ 20__ г.)
Зав. кафедрой _____

_____ ученое звание подпись
Ф.И.О.

Казань – 2018 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

_____/_____/_____
« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Зариповой Алсу Аглямовны

Тема ВКР Совершенствование технологии переработки органических отходов с разработкой конструкции биогазовой установки

утверждена приказом по вузу от «24» мая 2018 г. № 169

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 20.06.2018

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 04.05.2018**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	1 раздел	21.05.18	100%
2	2 раздел	4.06.18	100%
3	3 раздел	18.06.18	100%

Студент _____ (Зарипова А.А.)

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 Обзор устройств для получения биогаза.....	12
1.3 Типы существующих реакторов.....	20
1.4 Биогазовые установки, применительно к условиям Татарстана.....	22
1.4.1 Биогазовая установка с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева субстрата в реакторе.....	22
1.4.2 Малообъемная биогазовая установка.....	23
1.4.3 Мобильный биогазовый комплекс	25
1.5 Классификация биогазовых установок.....	27
1.6 Вывод по литературно-патентному обзору.....	30
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	31
2.1 Выбор технологии анаэробной переработки.....	31
2.2 Способы первичной очистки биогаза от вредных примесей.....	32
2.3 Расчет конструктивно-технологических параметров.....	36
2.4 Тепловой баланс.....	39
2.5 Постановка задачи конструкторской разработки.....	40
2.6 Основные мероприятия для улучшения охраны труда при утилизации навоза	40
3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ	43
3.1 Обоснование выбора темы.....	43
3.2 Выбор конструкции биогазовой установки.....	43
3.3 Обоснование схемы конструкции.....	47
3.4 Описание конструктивных узлов и принцип действия передвижной биогазовой установки.....	50
3.5 Конструктивные расчеты.....	51

3.6	Обеспечение безопасности в конструкции биогазовой установки..	56
3.7	Инструкция по охране труда при эксплуатации биогазовой установки.....	57
3.8	Физическая культура на производстве.....	58
3.9	Технико-экономическая оценка разрабатываемой конструкции.....	59
Заключение.....		66
Список использованной литературы.....		67
Приложения.....		70
Спецификация.....		75

Аннотация

На выпускную квалификационную работу Зариповой Алсу Аглямвной, выполненную на тему: «Совершенствование технологии переработки органических отходов с разработкой конструкции биогазовой установки».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 71 листах машинописного текста, включающую 3 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 Zaripova Alsou Aglyamovna, 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 71 sheets of typewritten text, including 3 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

За тысячу лет до нашей эры существовали примитивные биогазовые установки. Жившие в то время люди умели собирать и использовать для приготовления пищи и обогрева жилищ болотный газ, он же метан. Начиная с XVIII столетия, ученые изучали процесс анаэробного брожения и получения биогаза. В результате, в 1881 году, вблизи города Эксетер, Великобритания была построена первая экспериментальная биогазовая установка и в 1885 году фонари в одном из районов города стали снабжаться газом, полученным в этой установке. В настоящее время, в связи с постоянным ростом цен на энергоносители и истощением разведанных запасов нефти и газа, строительство и использование биогазовых установок для производства электроэнергии становится все более актуальным. Кроме производства электроэнергии, использование биогазовых установок решает ряд других проблем, актуальных в современном мире. Это утилизация и обеззараживание отходов сельскохозяйственного и животноводческого производства, пищевых отходов и сточных вод. Улучшение общей экологической обстановки на планете благодаря сжиганию газа метан. В результате анаэробного брожения кроме биогаза образуется гумус, ценное сырьё, используемое для удобрения сельскохозяйственных земель. Причём, необходимо заметить, что гумус не содержит болезнетворных бактерий, паразитов и семян сорняков. Все они погибают в результате анаэробного брожения [1]. Таким образом, становится очевидным, что в использовании альтернативных источников энергии, которые человечество в последние годы активно разрабатывает и внедряет, биогазовые технологии имеют шанс стать одними из основных способов производства энергии. Работа проводится с целью решения актуальных вопросов, связанных с созданием системы управления технологическим процессом получения биогаза в биогазовой установке. Целью выпускной квалификационной работы является разработка конструкции биогазовой установки. Для достижения цели необходимо изучить биогазовые установки, методы получения биогаза, технологические процессы.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Общие сведения о биогазе

Биогаз это смесь метана и углекислого газа, который является продуктом метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения, возникающие при анаэробных бактерий различных физиологических групп.

Ежегодное количество органических отходов как в сельском хозяйстве так и в производстве Российской Федерации превышает от 250 млн. тонн из них 150 млн. тонн приходится животноводство и птицеводство, 100 млн. тонн на растениеводство в пересчете на абсолютно сухое вещество. Концентрация огромного количества в современных условиях требует применения технологий утилизации отходов с получением товарной продукции биогаза, высококачественных органических удобрений и кормовой добавки для животных [2].

Современное сельское хозяйства наносит окружающей среде не меньший ущерб, чем промышленные предприятия. Животные потребляют до 45% мирового урожая зерновых, выбрасывают в атмосферу 16% образующегося в природе метана, влияющего на процесс глобального потепления сильнее, чем углекислый газ [6].

В наши дни отходы животноводства – настоящий бич аграрного бизнеса. Не будет преувеличением сказать, что большинство молочных и мясных хозяйств буквально завалены навозом и пометом. А ведь эти субстанции представляют собой ценное удобрение. Но все осложняется тем, что сразу вносить навоз в почву нельзя по причине токсичности. В мире разработано немало технологий переработки органических отходов, но многие из них не избавляют окружающую среду от загрязнения. Однако эти технологии применяются далеко не всегда. По информации Союза животноводов России, не менее 45% сельхозпредприятий даже не вывозит на близлежащие поля

образующийся навоз. Отходы жизнедеятельности животных и птицы остаются вблизи ферм, нередко расположенных недалеко от естественных водоемов.

С незапамятных времен навоз использовали как удобрение. Но микробиологическая конверсия навоза в биогаз получает все более широкое распространение. С ее помощью, кроме производства высококачественного топлива, удастся избежать потерь азота и перевести его в минеральные формы, полностью разрушить семена сорных растений и яйца гельминтов.

Существует способ преобразования отходов, особенно жидкого навоза и стоков, в дешевую электроэнергию с помощью так называемых биогазовых установок. Процесс утилизации навоза с последующим получением биогаза основан на метановом брожении (гниении) органических веществ. Он протекает в метантенках, заселенных бактериями, питающимися метаном. При гниении 90% органических веществ превращается в метан и углекислый газ. Эти два компонента образуют биогаз. Его используют для освещения, отопления, приготовления пищи, работы электрогенераторов и других механизмов. Получение биогаза экономически оправдано при переработке постоянно возникающих отходов. Помимо газа, после разделения навоза на фракции образуются жидкие стоки и твердая субстанция. Первые представляют собой обеззараженную жидкость с азотом, окисями фосфора и калия, пригодную для использования в качестве удобрения, последняя – концентрированное органическое удобрение [21].

Получение биогаза возможно в установках разных размеров, но особенно эффективно в агропромышленных комплексах, в которых осуществляется полный экологический цикл. Биогаз используют для освещения, отопления, приготовления пищи, приведения в действие механизмов, транспорта, электрогенераторов (рисунок 1.1) [7].

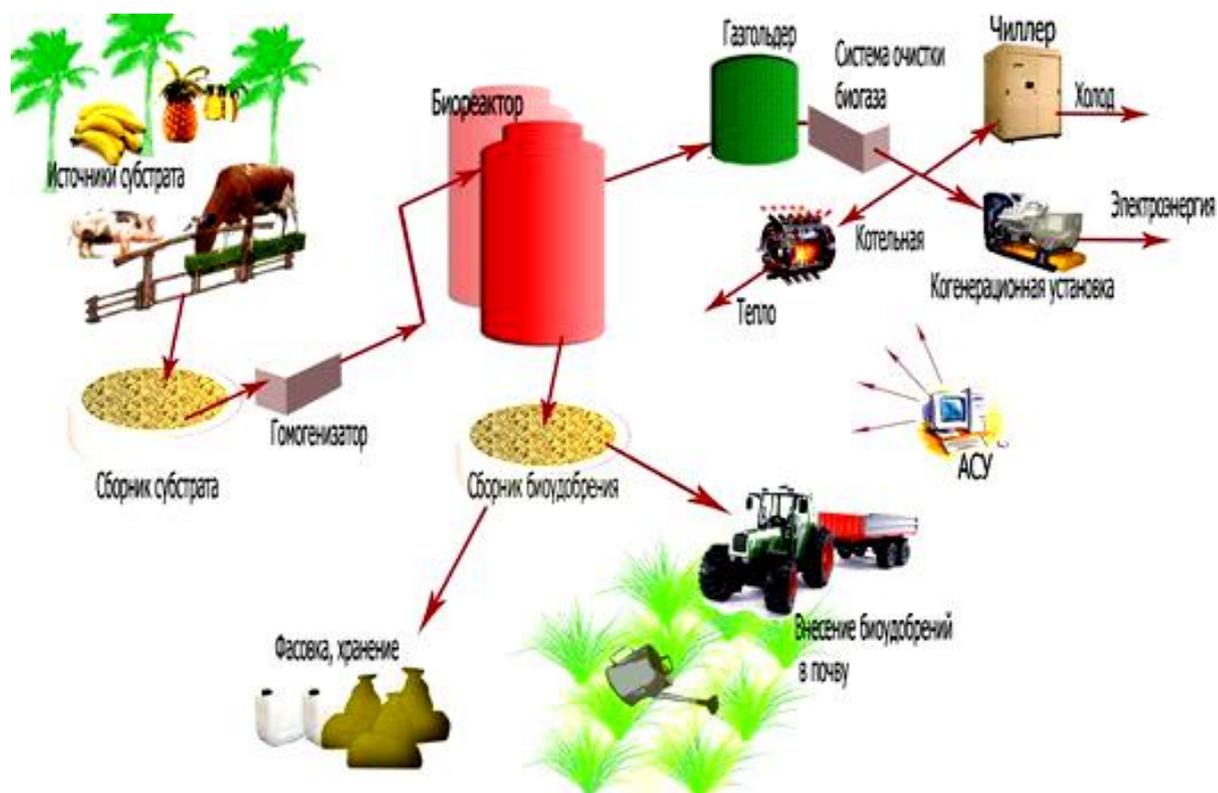


Рисунок 1.1 – Схема получения биогаза

Полученное, в результате переработки субстрата биоудобрение, обладает большой эффективностью по сравнению с традиционным перегноем, т.к. в процессе анаэробного сбраживания большая часть азота переходит в связанное состояние и лучше усваивается растениями. Биоудобрение можно сразу вносить в почву, в нем отсутствуют вредители, семена и вредные микроорганизмы. При необходимости его можно расфасовать для хранения или продажи.

Эффективность биогазовых установок в основном зависит от количества произведенного биогаза. Исследования зарубежных и отечественных специалистов показали, что выход биогаза зависит от состава субстрата для сбраживания, его предварительной подготовки, соблюдения оптимальных параметров и режимов процесса анаэробного сбраживания (таблица 1.1).

Таблица 1.1 -Выход биогаза из различных видов сырья

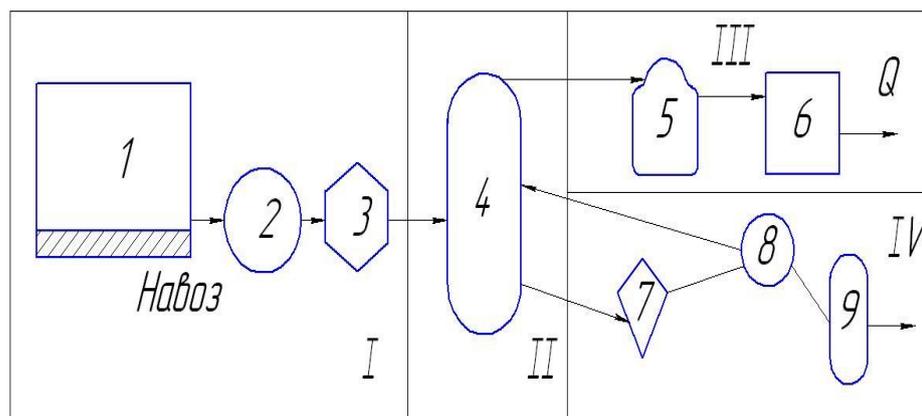
Вид исходного сырья	Содержание сухого вещества, %	Выход биогаза. м ³ /т
Навоз КРС	10	23
Свиной навоз	8	25
Птичий помет (твердый)	20	78
Солома: ячмень	85	300
пшеница	85	280
Силосная масса: трава	35	200
кукуруза	40	210
Кукурузная зерностержневая смесь (содержание клетчатки 5%)	70	415
Трава (луговая)	20	98

По расчётам годовая потребность в биогазе для обогрева жилого дома достигает до 45 м³ на 1 м² жилой площади, суточное потребление биогаза при подогреве воды для 100 голов крупного рогатого скота (КРС) – 5,5 м³. Для сушки 1 т сена влажностью 40-45 % равно 100 м³, 1 т зерна – 15, а для получения 1 кВт·ч электроэнергии – 0,7...0,8 м³ биогаза потребляется [7].

1.2 Обзор устройств для получения биогаза

Для проектирования конструкторской разработки был произведен патентный поиск по устройствам для получения биогаза.

Принципиальная схема любой биоэнергетической установки (рисунок 1.2) включает четыре блока: сбора и подготовки навозной массы, ее подогрева и сбраживания, хранения и использования биогаза, обработки и хранения сброженной биомассы [4].



I – блок сбора и подготовки навозной массы; II – блок подогрева и сбраживания навозной массы; III – блок хранения и использования биогаза; IV – блок обработки и хранения сброженной биомассы; 1 – помещение для скота; 2 – приемник навоза; 3 – измельчитель; 4 – бродильная камера; 5 – газгольдер; 6 – водогрейный котел; 7 – сепаратор; 8 – жидкая фаза; 9 – твердая фаза

Рисунок 1.2-Биогазовая установка

Поступающий в переработку навоз предварительно готовят. Он должен иметь равномерную консистенцию, длина отрезков содержащейся в нем соломы не должна превышать 1 см. Для этого навоз пропускают через измельчитель любой конструкции.

Подготовленный навоз загружают в бродильную камеру – герметичную емкость объемом 3..5 м³ (в зависимости от имеющегося количества навоза). Каждый килограмм навоза в результате брожения дает 0,5-0,8 м³ биогаза, состоящего из 70-75% метана и 25-30% углекислого газа. Процесс брожения до загрузки новой порции навоза занимает 10-14 дней. Бродильная камера снабжена жидкостным затвором, загрузочным и выгрузным люками. Изготовлена она из металла с учетом внутреннего конструкционного давления 0,5 бар и условий эксплуатации при температуре до 50° [5].

Образующийся в бродильной камере биогаз под собственным давлением (около 1015... 1300 мбар) поступает в газгольдер, а оттуда – в газовую горелку водогрейного котла. Полученное тепло частично используют для подогрева бродильной камеры, поскольку процесс брожения требует температуры 30-35°.

Отработавшую массу навоза разделяют на сепараторе: жидкую часть направляют обратно в бродильную камеру, а твердую – непосредственно на

удобрение или приготовление компостов. Ее можно также использовать как субстрат для выращивания дождевых червей и получения биогумуса.

Резкое повышение цен на энергоносители обусловило широкие исследования технологий получения биогаза при анаэробном сбраживании навоза. Десятки институтов и фирм, особенно в ФРГ, Дании, Италии, США, занимаются разработкой конструкции биоэнергетических установок и промышленным их производством.

Процесс анаэробного сбраживания навоза интенсивно изучается в нашей стране. Усилия исследователей в настоящее время направлены на снижение энерго и материалоемкости процесса, отработку оптимальных режимов и конструкций биоэнергетических установок, позволяющих интенсифицировать процесс, получать большое количество биогаза и качественного органического удобрения.

Применяемые установки для метанового сбраживания навоза отличаются размерами, формой, материалами из которых они сделаны, наличием или отсутствием приспособлений для его перемешивания, поддержания постоянной температуры, отвода и хранения получаемого газа. Особое внимание уделяется надежности и экономичности биогазовых установок.

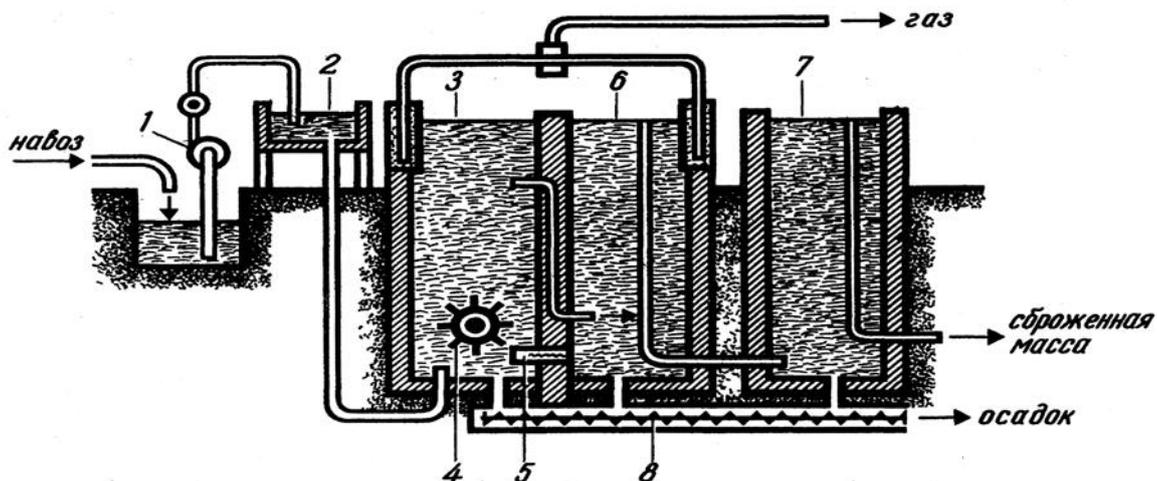
Во всех странах основное назначение биогаза – замена традиционных носителей энергии.

Понятно, что обязательные компоненты биогазовой установки – сам биореактор и газгольдер для сбора газа.

Теперь более подробно рассмотрим устройство некоторых видов биогазовых установок, уже применяющихся на практике.

Сейчас разработана и надежно действует двухкамерная биогазовая установка поточного типа изображенная на рисунке 1.3, где субстрат направляется сначала в одну часть резервуара (бродильную камеру), а затем самотеком поступает в другую часть (камеру дображивания). Для повышения эффективности работы такая установка снабжена перемешивающим

устройством в бродильной камере, нагревателем, шнеком для удаления крупных включений в осадке [10].

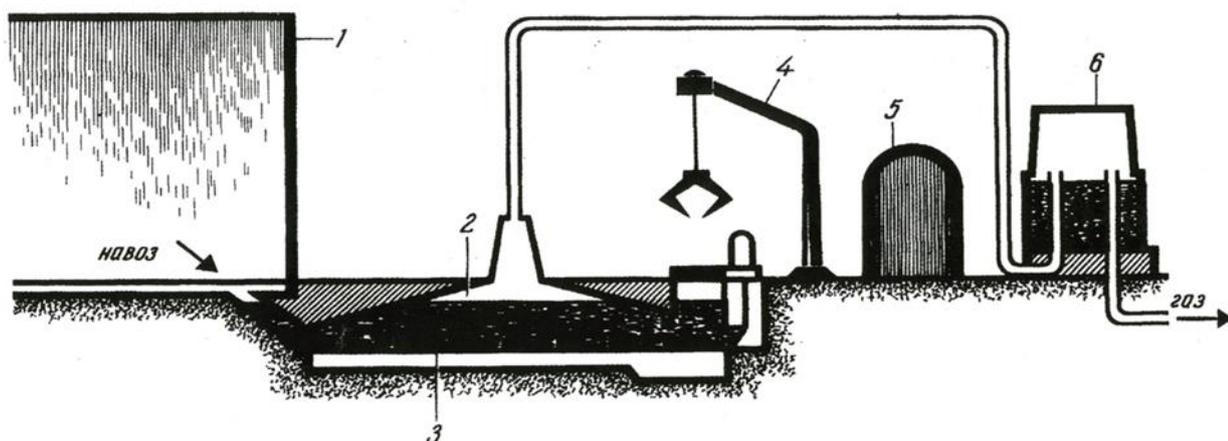


1 – насос; 2 – приемная камера; 3 – бродильная камера; 4 – перемешивающее устройство; 5 – нагреватель; 6 – камера пображивания; 7 – сборник сброженной массы; 8 – шнек.

Рисунок 1.3 - Двухкамерная биогазовая установка проточного вида

Все большее распространение получают транспортные биогазовые установки из ФРГ. Здесь прямо из помещения, где содержат животных, навоз, разведенный водой, идет в биореактор, в котором сбраживается.

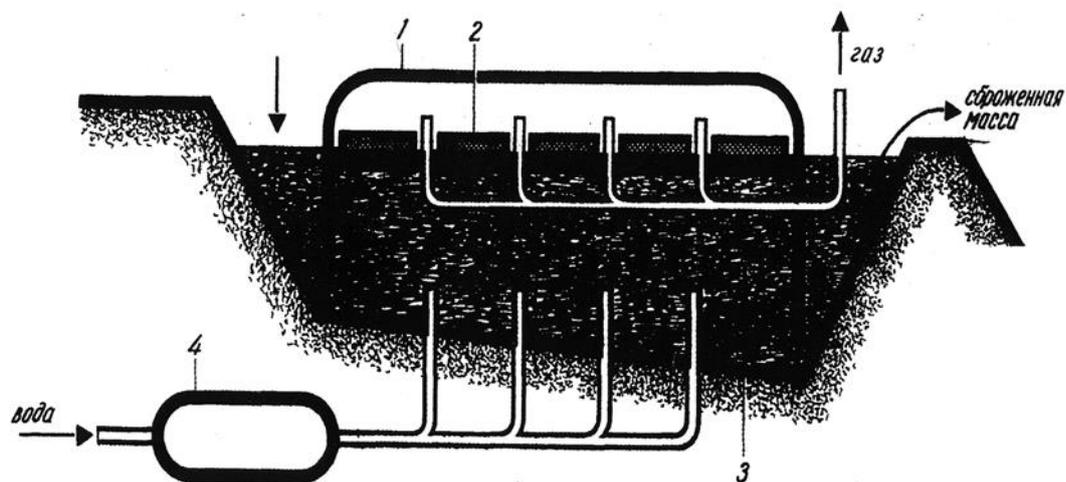
В установке предусмотрено механическое перемешивание субстрата и грейфер для погрузки сброженного навоза рисунок 1.4 [11].



1 – помещение для животных; 2 – биореактор; 3 – мешалка; 4 – грейфер; 5 – хранилище для сброженного навоза; 6 – газгольдер.

Рисунок 1.4 - Траншейная биогазовая установка (ФРГ)

В траншейной установке (США) приведенной на рисунке 1.5 свежий жидкий навоз поступает в бродильную камеру сверху, а подогретая вода – снизу. Газосборник установки эластичный, а на поверхности сброживаемого субстрата для теплоизоляции расположены пенопластовые плиты [10].



1 – эластичный газосборник; 2 – плиты из пенопласта; 3 – бродильная камера;
4 – нагреватель (бойлер)

Рисунок 1.5 - Траншейная биогазовая установка (США)

Обратим еще внимание на эластичный реактор, обычно используемый в странах Юго - Восточной Азии. Подобные реакторы делают из плотной прорезиненной ткани или из синтетических пленок. Для организации работы таких биореакторов их приходится либо заглублять в грунт рисунок 1.6, либо помещать внутри достаточно прочного «кругового» ограждения [12].

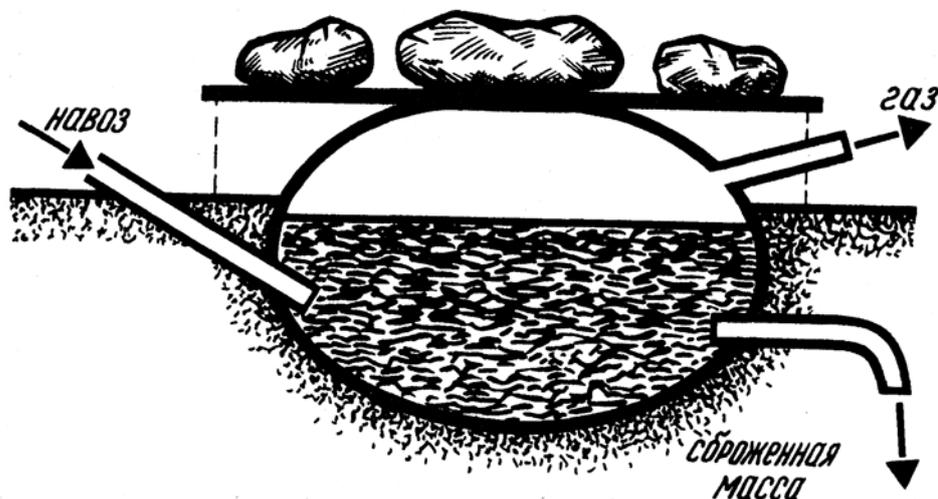
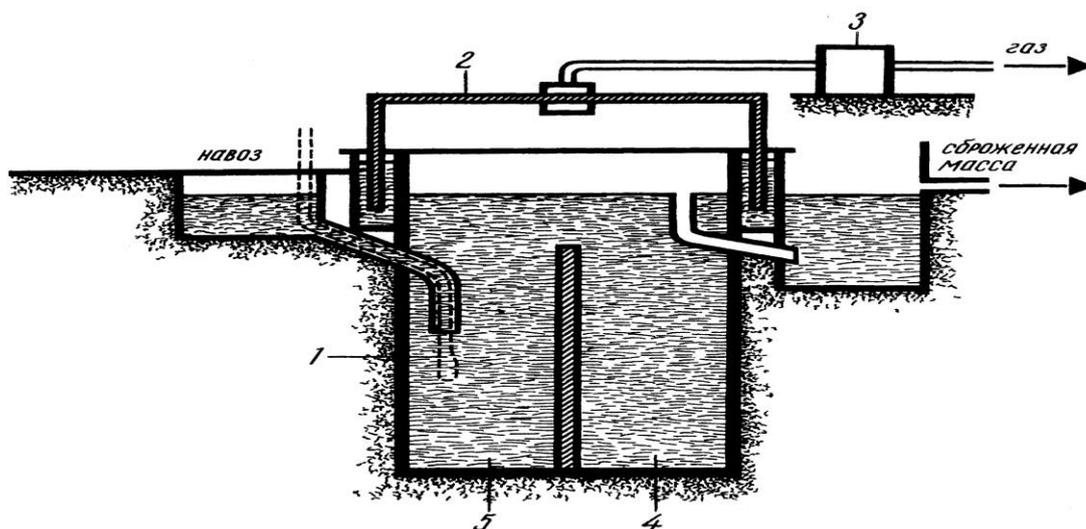


Рисунок 1.6 - Эластичный биореактор

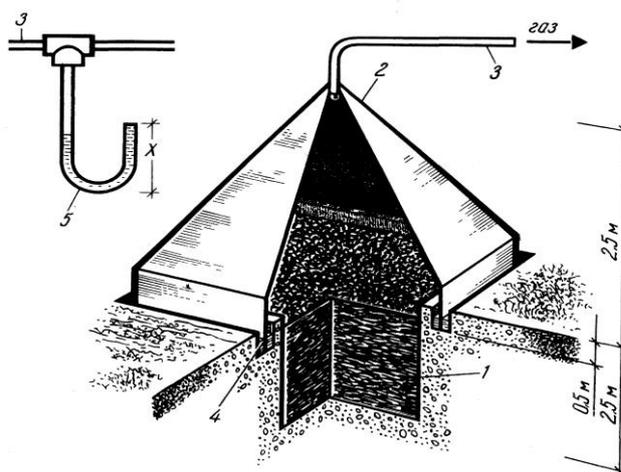
Для небольших реакторов с перемешивающими устройствами для обеспечения необходимой температуры субстрата вполне подходят доступные теплообменники, например шланги рисунок 1.7, через которые прокачивается горячая вода [10].



1 – трубчатый теплообменник; 2 – газгольдер; 3 – фильтр очистки от сероводорода; 4 – камера дображивания; 5 – бродильная камера.

Рисунок 1.7 - Простейшая биогазовая установка с нагревателем

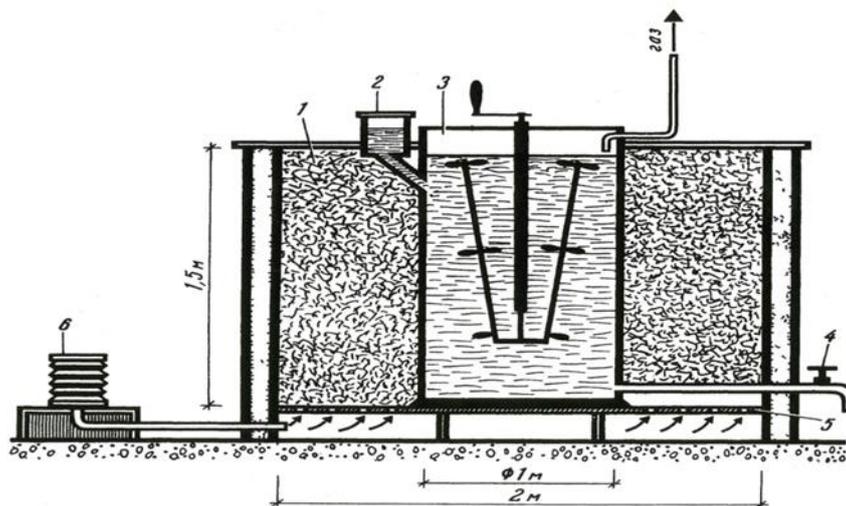
Теперь рассмотрим совсем несложную биогазовую установку, разработанную в Румынии рисунок 1.8 [13].



1 – бродильная камера; 2 – газовый колокол; 3 – трубопровод; 4 – канавка - затвор; 5 – U – образная трубка для слива конденсата.

Рисунок 1.8 - Простейшая биогазовая установка с нагревателем

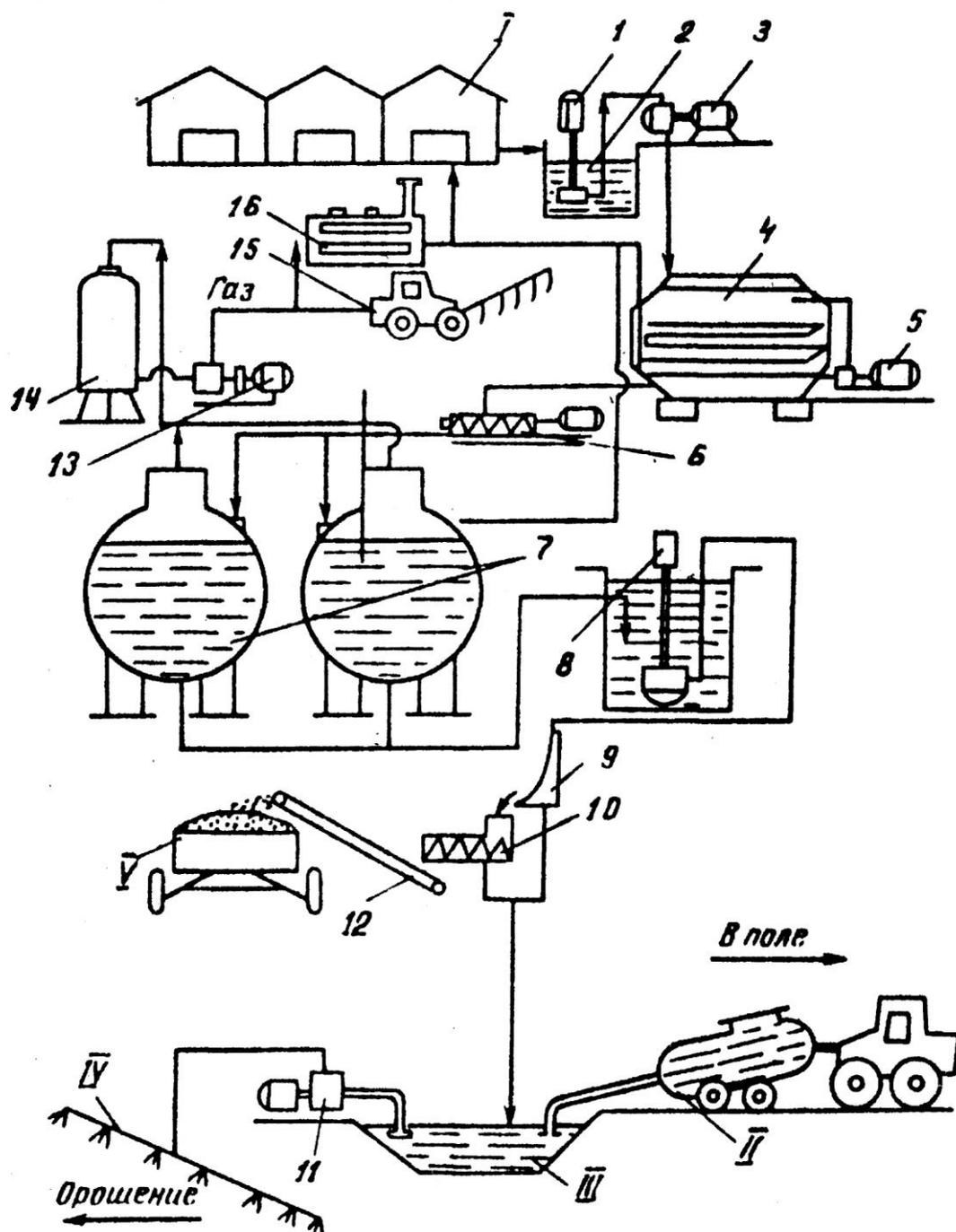
В случаях, когда по каким-либо причинам нет возможности поддержания теплового режима сбраживания в бродильной камере с помощью теплообменников, рекомендуется установка, где для подогрева субстрата используется тепло аэробного (с доступом воздуха) разложения навоза животных рисунок 1.9 [16].



1 – аэробный ферментер; 2 – заливная горловина метатенка; 3 – метатенк; 4 – сливной кран; 5 – решетчатый пол; 6 – воздуходувка.

Рисунок 1.9 - Биогазовая установка с «собственным» подогревом

В нашей стране создано несколько типов биогазовых установок. Однако серийно выпускается Минавтосельхозмашем (Шумихинский машзавод) только оборудование «Кобос» (комплекс оборудования биологической обработки стоков), разработанное КТИСХмом (г. Запорожье). Технологическая схема приведена на рисунке 1.10 [6].

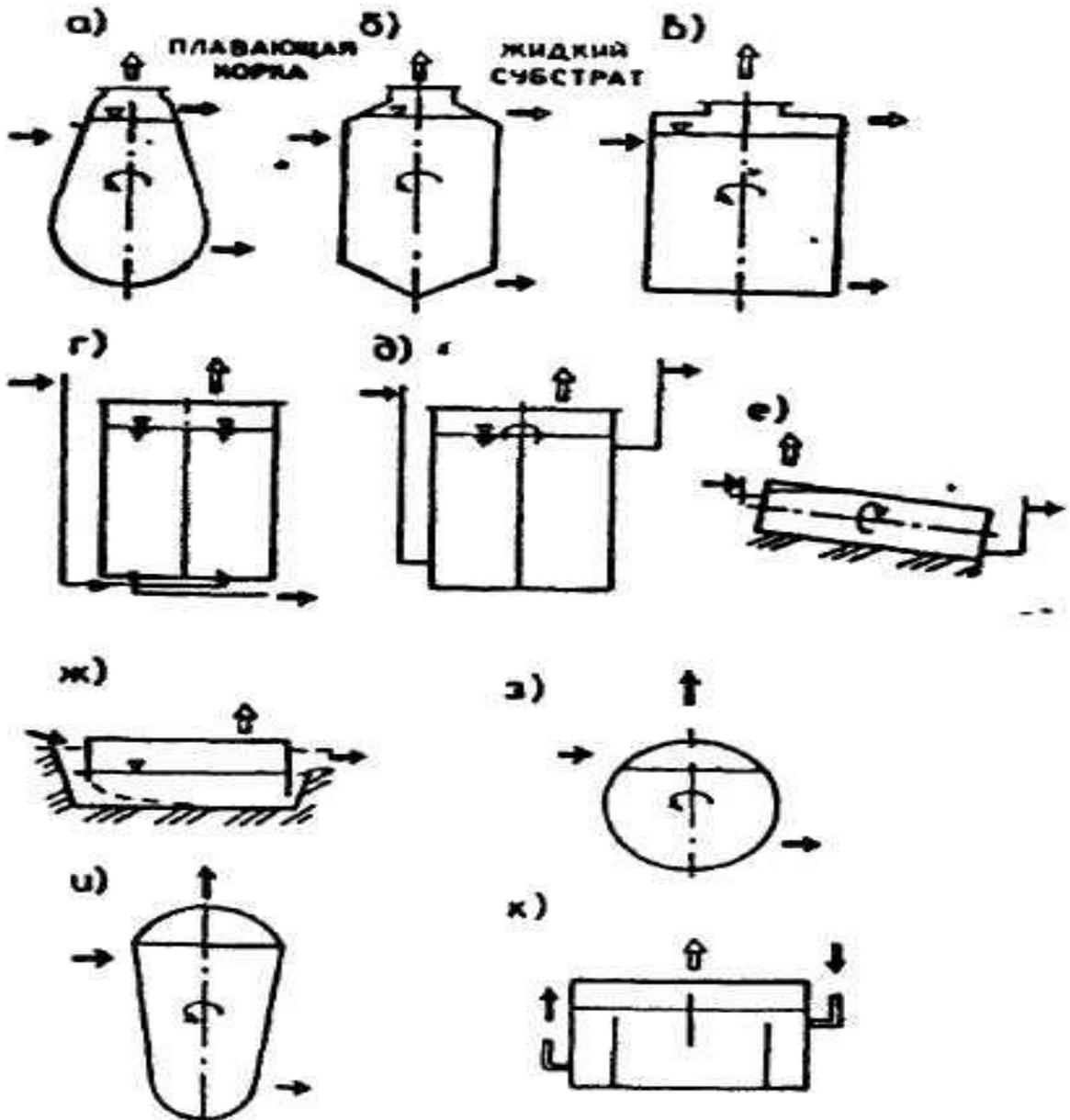


I – ферма; II – цистерна жиже­разбрасыватель; III – навозохранилище; IV – оросительная система; V – прицеп.

1 – насос для жидкого навоза; 2 – коллектор; 3 – измельчитель; 4 – подогреватель – выдерживатель; 5, 8 – фекальные насосы; 6 – винтовой насос; 7 – реактор; 9 – дуговое сито; 10 – пресс-фильтр; 11 – насос; 12 – транспортер; 13 – компрессор; 14 – газгольдер; 15 – ДВС, работающий на биогазе; 16 – котел

Рисунок 1.10 - Технологическая схема

1.3 Типы существующих форм биореакторов



а - яйцеобразная с расширенным дном; б - цилиндрическая вертикальная с коническим днищем; в - цилиндрическая, вертикальная с загрузкой и выгрузкой из верхней зоны; г - цилиндрическая вертикальная с загрузкой и выгрузкой из нижней зоны; д - цилиндрическая вертикальная двухсекционная с загрузкой в нижней зоне и выгрузкой верхней зоны второй секции; е - цилиндрическая горизонтальная с наклоном; ж - траншейная с плавающим покрытием; з - шарообразная; и - яйцеобразная с расширенной верхней частью; к - горизонтальная секционная.

Рисунок 1.11 - Конструктивные формы биореакторов

Однако из-за трудностей в изготовлении крупные установки делаются цилиндрической формы из бетона или металла (рисунок 1.11 а, з). 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 материала. Вмонтированное в эту перегородку нагревательное устройство 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 сбразивания' и осуждения шлама [17].

Установки этого типа не позволяют получать высокую степень разложения субстрата» так как в них не обеспечивается ни равномерное перемешивание массы, ни управление загрузкой рабочего объема реактора и временем пребывания массы в реакторе» что необходимо для максимального выхода газа. Разрушение плавающей корки и осадка связано с большими экономическими затратами. В горизонтальном резервуаре (рисунок е) субстрат перемещается в продольном направлении. Наклонное расположение

продольной оси резервуара облегчает стекание шлама по направлению к выгрузному отверстию. Такая конструкция удобна для размещения простейшего перемешивающего механизма. Биореактор в виде вырытой в грунте траншеи (рисунок ж) позволяет обрабатывать большие количества субстрата. В качестве строительного материала используют, как правило, бетон. Наиболее прост в изготовлении и эксплуатации биореактор цилиндрической формы, установленный горизонтально (рисунок к). Всю емкость можно разделить на несколько камер, исключив тем самым возможность контакта свежего навоза с выгружаемым шламом, что очень важно для защиты окружающей среды.

1.4 Биогазовые установки, применительно к условиям Татарстана

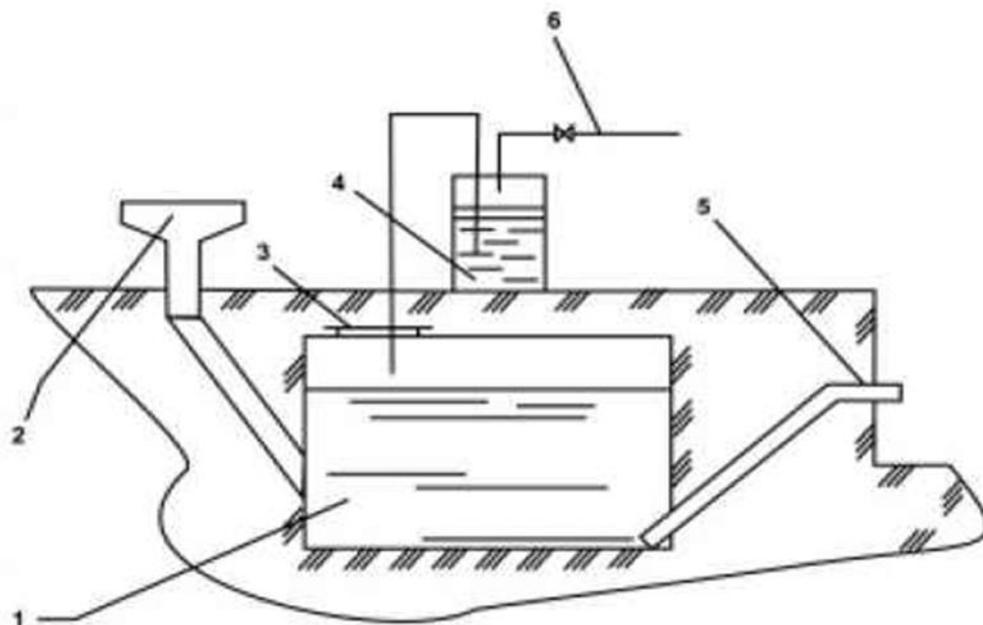
Традиционно биогазовые установки широко используются в странах с теплым климатом. Для климатических условий Татарстана, да и России в целом, биогазовые установки эффективно могут быть использованы в летний период или путем использования систем обогрева.

С учетом климатических условий, в Татарстане и России могут быть рекомендованы следующие биогазовые установки.

1.4.1 Биогазовая установка с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева субстрата в реакторе

Биогазовая установка предназначена для небольших фермерских хозяйств. Объем реактора установки от 1 до 10 м³ рассчитан на переработку 50 - 200 кг навоза в сутки. Установка содержит оборудование для обеспечения переработки навоза и получения биоудобрений и биогаза: реактор, бункер загрузки свежего субстрата, устройства отбора и использования биогаза, устройство выгрузки сброженного субстрата.

На рисунке 1.12 приведена схема биогазовой установки с ручной загрузкой без перемешивания и без подогрева субстрата в реакторе [14].



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

Рисунок 1.12 - Схема биогазовой установки с ручной загрузкой, без перемешивания и без подогрева субстрата в реакторе

Биогазовая установка может быть использована в южных районах без подогрева и перемешивания и предназначена для работы в психофильном режиме от 5°C до 20°C. Сброженная масса удаляется из реактора через выгрузочную трубу в момент загрузки очередной порции субстрата или за счет давления биогаза в реакторе установки. Выгружаемая сброженная масса попадает в емкость для временного хранения, которая по объему должна быть не менее объема реактора.

1.4.2 Малообъемная биогазовая установка

Для небольших фермерских хозяйств предлагается применять малогабаритную биогазовую установку с подогревом и перемешиванием субстрата, разработанную в Казанском ГАУ (рисунок 1.13). Анализируя литературные источники и зарубежный опыт конструирования биогазовых установок на базе Казанского государственного аграрного университета разработана конструкция малогабаритной биогазовой установки [19]. Она

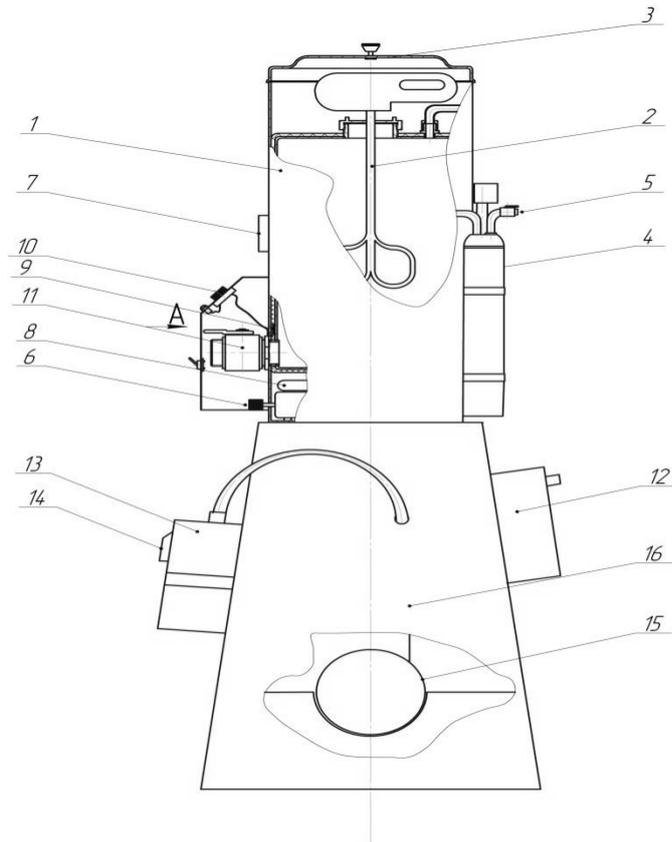
работает в мезофильном и термофильном температурных режимах. Малогабаритная биогазовая установка содержит минимум составных частей для обеспечения процесса переработки навоза КРС и свиней, помета куриц и пищевых отходов. Загрузка субстрата осуществляется через загрузочное отверстие. А сброженная масса удаляется из реактора через выгрузочную трубу в момент загрузки очередной порции сырья.



1 – реактор; 2 – газгольдер; 3 – горелка; 4 – включатель; 5 - термометр;
6 - водяной затвор; 7 – регулятор давления

Рисунок 1.13 - Малообъемная биогазовая установка

Схема этой установки показана на рисунке 1.14.



1 – реактор; 2 – мешалка; 3 – крышка; 4 – водяной затвор; 5 – манометр; 6 – включатель электрической плиты; 7 – термометр; 8 – плитка электрическая; 9 – терморезистор; 10 – переключатель режима электрической плиты; 11 – сливной кран субстрата; 12 – переключатель питания; 13 – газовый счетчик; 14 – показатели счетчика; 15 – компрессор; 16 – подставка биореактора

Рисунок 1.14 – малогабаритная биогазовая установка

Главным элементом биогазовой установки является реактор. Объем реактора составляет $V_p=18$ л. При запуске биогазовой установки необходимо заполнить реактор субстратом объема $V \leq 3/4$. Температура ферментации поддерживается при помощи электрической плиты от 15°C до 55°C [11].

1.4.3 Мобильный биогазовый комплекс

Биореактор можно условно разделить на три части: верхнюю - корку из крупных частиц, которые поднимаются пузырьками газа; среднюю - жидкую и нижнюю, в которой скапливаются выпадающие в осадок грязеобразные массы.

Реактор представляет собой подогреваемый и утепленный резервуар, оборудованный перемешивающим устройством.

В реакторе живут полезные бактерии, питающиеся биомассой. Продуктом жизнедеятельности бактерий является биогаз. Для поддержания жизни бактерий требуется подача корма, подогрев до 35-40 °С и периодическое перемешивание. Образующийся биогаз скапливается в хранилище (газгольдере), затем проходит систему очистки и подается к потребителям. Реактор работает без доступа воздуха, герметичен и неопасен [15].

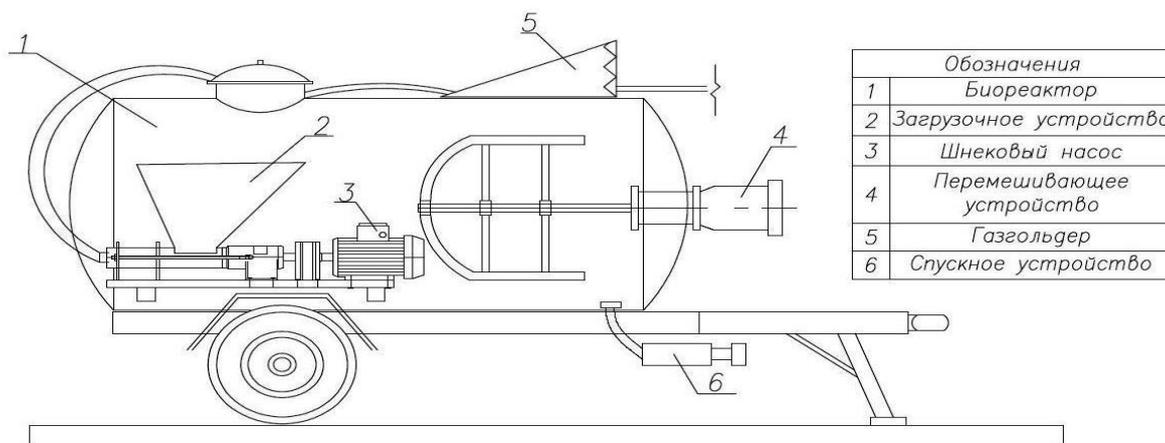


Рисунок 1.15 - Мобильный унифицированный биогазовый комплекс

Преимущество мобильного унифицированного биогазового комплекса:

- мобильность передвижного биогазового комплекса;
- интенсификация биогазового процесса твердофазной метангенерации;
- эффективное перемешивающее устройство;
- автоматизированная система загрузки и измельчения;
- современная система обогрева;
- качество метанового эффлюента;
- незначительные габариты установки.

Газовая система состоит из распределительного газового трубопровода с запорной арматурой, сборника конденсата, газгольдера, тройника, манометра, обратного клапана, фильтров CO₂, H₂S и потребителей биогаза (кухонные

плиты, нагреватели воды, водогрейные котлы и др.) Система монтируется только после установки биогазового реактора в рабочее положение.

Согласно опытных экспериментальных исследований процесса твердофазной метангенерации и расчетов выхода биогаза для малых фермерских хозяйств необходимый объем биореактора составляет 3,2-3,5 м³. В качестве биореактора применяем нестационарный горизонтальный цилиндрический корпус-прицеп, позволяющий оперативно перемещаться, как от места загрузки сырья до одного, либо нескольких потребителей, так и к месту выгрузки метанового эффлюента, что повышает эффективность работы биогазового комплекса в целом. Перемещение биореактора осуществляется транспортными средствами, например УАЗами или тракторами различных модификаций [20].

1.5 Классификация биогазовых установок

К настоящему времени в мире разработаны и применяются биогазовые технологии, основанных на использовании различных вариаций температурного режима, влажности, состава перерабатываемой массы, длительности протекания биореакций, а также разработаны различные виды биогазовых установок.

Согласно литературных данных [15], в настоящее время можно выделить следующую классификацию биогазовой технологии (рисунок 1.16):

1. По температурному режиму получения газа:
 - психофильный температурный режим (0÷25 °С);
 - мезофильный температурный режим (25÷40 °С);
 - термофильный температурный режим (40÷60 °С);
2. По влажности перерабатываемого субстрата:
 - твердофазная метангенерацию;
 - ферментация жидких органических отходов;
 - ферментация «супержидких» органических отходов;

Одной из основных и обширных классификаций биогазовой технологии является классификация по конструктивно-технологическому признаку. Данная классификация позволяет классифицировать биогазовые установки по следующему ряду признаков:

3. По объему биореактора

- малой мощности (5-20 м³, например, фермерские хозяйства);
- средней мощности (200-1000 м³, например, животноводческие комплексы);
- большой мощности (1000-10000 м³, например, промышленные заводы).

4. По разделению брожения на стадии (зоны брожения):

- а) без разделения на стадии;
- б) двухстадийные;
- в) трехстадийные.

5. По форме реактора:

- яйцевидные (овальная);
- цилиндрические (с конусом вверх; вниз; с обеих сторон);
- шаровидные;
- в виде траншеи.

В настоящее время более распространенными в малых предприятиях и сельских хозяйствах являются одноступенчатые установки. Формы конструкции метантенка и вид его установки относительно горизонта имеет свои недостатки и положительные стороны. Исходя из этого, были рассмотрены и проанализированы основные недостатки и достоинства различных конструкций одноступенчатых метантенков.

6. По типу перемешивания:

- механическое;
- гидравлическое;
- барботирование;
- отсутствие перемешивания.

7. По способу подогрева:

- водонагревательный котел;
- обмотка установки нагревательными элементами снаружи;
- электрический обогрев нагревательными элементами внутри установки.

8. По конструкции биореактора и газгольдера:

- отдельные;
- совмещенные.

Существует много различных конструкций биогазовых установок. Их различают по методу загрузки сырья, по внешнему виду и по составным частям конструкции и материалам, из которых они сооружаются.

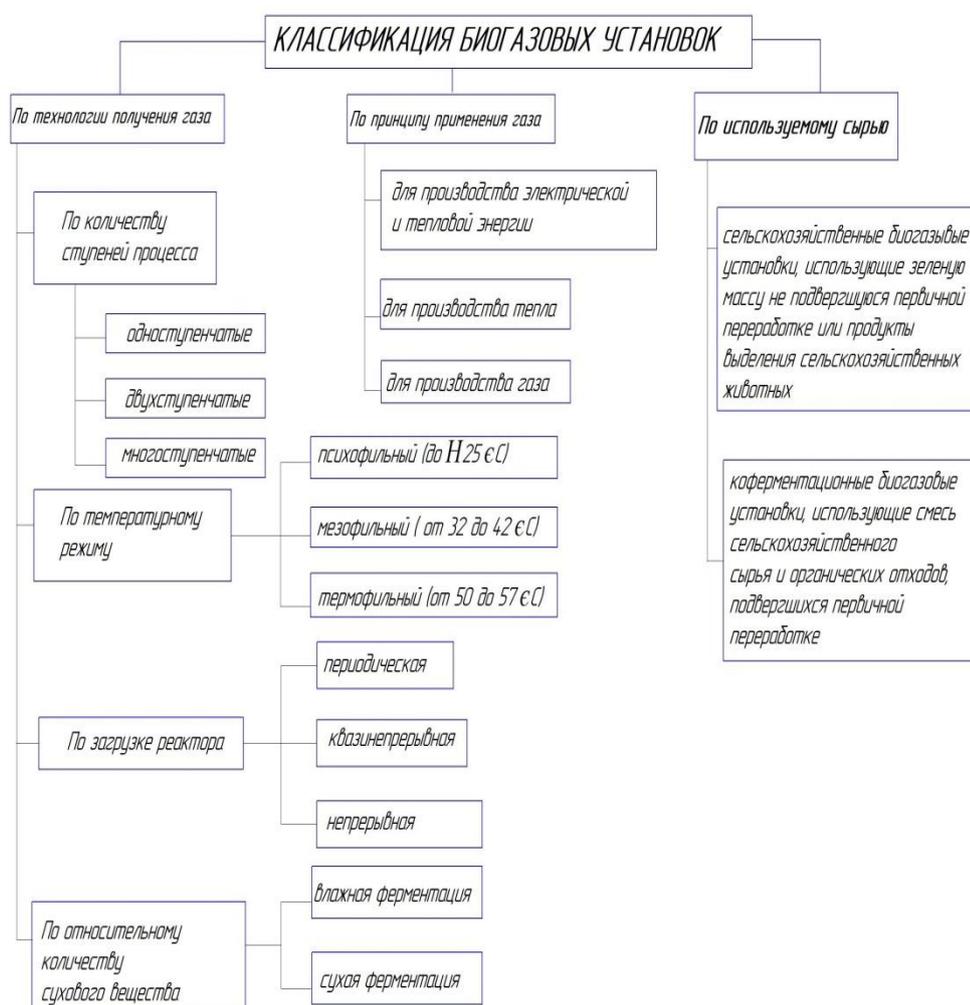


Рисунок 1.16 – Классификация биогазовых установок

Принцип работы всех биогазовых установок одинаков. После подготовки и доведения субстрата до нужной влажности он подается в биореактор. Процесс выхода биогаза и удобрений из субстрата называется сбраживанием.

Сбраживание происходит за счет жизнедеятельности микроорганизмов. Полученный биогаз очищают от углекислого газа и других незначительных примесей. Сырье, переработанное в биогазовом реакторе, превратившееся в высококачественные удобрения, выгружается через выпускной патрубок и вносится в почву как удобрение или можно использовать как кормовую добавку для животных [3]. Качество удобрений при термофильном сбраживании будет более высоким, так как при данном температурном режиме происходит полное обеззараживание приготавливаемых удобрений, чего не скажешь о других температурных режимах. Если иметь в виду качество удобрений по степени разложения органического вещества субстрата, то здесь необходимо придерживаться экспозиции сбраживания порции исходного сырья биоудобрений, но обеззараживание сырья не такое полное, как при термофильном режиме.

1.6 Вывод по литературно-патентному обзору

Изучив подробно конструкции вышеперечисленных биогазовых установок, проанализировав достоинства и недостатки, нами предложена конструкция передвижной биогазовой установки.

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 образуются 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) [7].

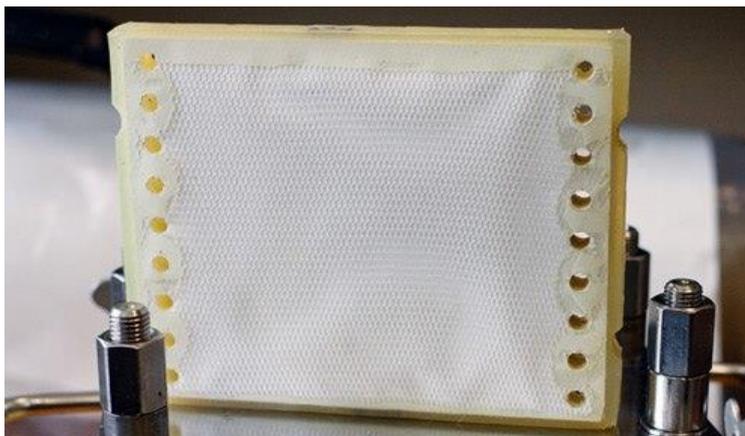


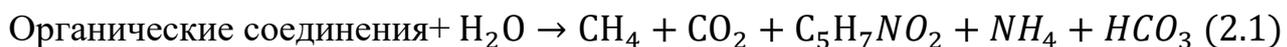
Рисунок 2.1 - Полимерная мембрана, запатентованная ИНХС РАН им. А.В. Топчиева

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 проходом 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 (CH₄) [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).

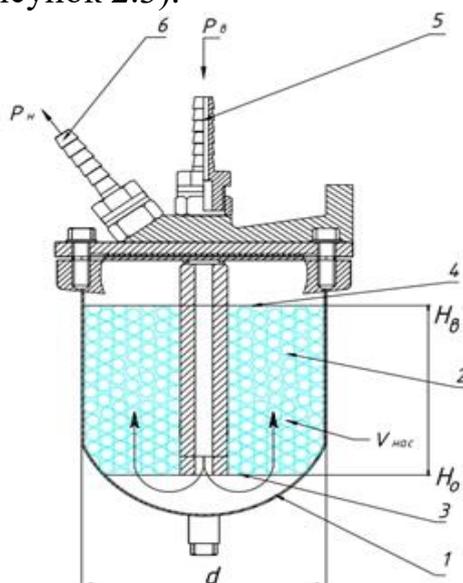
Для удаления сероводорода используется фильтр с загрузкой из металлической стружки [5]. Можно в емкость загрузить старые металлические мочалки. Очищение происходит точно также: газ подается в нижнюю часть заполненной металлом емкости. Проходя, он очищается от сероводорода,

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 С, Н, 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]:

$$g_{\text{экс.сут.}} = g + B + B_M \dots \dots \dots (2.3)$$

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

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

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

B_M – количество технологической воды в расчете на одно животное в сутки, кг.; $B_M = 5 - 15$ кг.

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

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

где $V_{\text{сут}}$ – суточный объем навозной массы, м³;

$\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность навоза, кг/м³;

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

Определение объема навозоприемника

Объем вычисляется по формуле:

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

где V – объем приемника, м³;

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:

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

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

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

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

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:

$$Q_{\text{ПОТ}} = kF(t_{\text{ПР}} - t_{\text{СР}}), \quad (2.10)$$

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

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

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 .

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

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

$$Q_{\text{ПОТ}}^M = 3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\text{ПОТ}} \cdot t_{\text{ЧМ}}, \quad (2.14)$$

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

$$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.15)$$

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

$V_{\text{МТ}}$ – объем метантенка, м^3 ;

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

$$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z = 50 \cdot 7,848 = 3,924 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \dots \dots \dots (2.16)$$

Переводим полученные значения в МДж/мес:

$$Q_{\text{МЕХ}}^M = 3,6 Q_{\text{МЕХ}} t_{\text{СУТ М}} = 3,6 \cdot 3,924 \cdot 30 = 411,8 \text{ МДж/мес} \dots \dots \dots (2.17)$$

2.4 Тепловой баланс

Рассчитываем потери теплоты с энтальпией уходящих газов:

$$q_2 = \frac{H_{\text{У.Г}} - H_{\text{В}}}{Q_{\text{Н}}^p} \cdot 100\%; \quad (2.18)$$

где: $H_{\text{У.Г}}$ - энтальпия уходящих газов, в $\text{kJ}/\text{м}^3$;

$H_{\text{В}}$ – энтальпия воздуха, $\text{kJ}/\text{м}^3$.

$H_{\text{У.Г}}$ - определяется из диаграммы $H-t$ по температуре уходящих газов, которые находятся в пределах $160 \dots 170$ $^{\circ}\text{C}$. Примем $t_{\text{У.Г}} = 165$ $^{\circ}\text{C}$.

Энтальпия воздуха рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{В}} = \alpha''_{\text{ЭК}} V_{\text{В}}^0 c_{\text{В}} t_{\text{В}}, \text{ kJ}/\text{м}^3; \quad (2.19)$$

где $t_{\text{В}}$ – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; принимаем $t_{\text{В}} = 30$ $^{\circ}\text{C}$.

$c_{\text{В}}$ – теплоемкость воздуха, в $\text{kJ}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$. При температуре $t_{\text{В}} = 30$ $^{\circ}\text{C}$ $c_{\text{В}} = 1,323 \text{ kJ}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$.

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

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 отданного газами в поверхностях нагрева, вводится расчетный расход топлива, вычисляемый с учетом химического недожога:

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

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 ГОСТ12.4.026, ГОСТ12.4.040, ГОСТ14202.
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 СНиП2.04.05, 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.

					<i>ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Передвижная биогазовая установка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Зарипова А.А.</i>					1	19
<i>Проб.</i>		<i>Нафиков И.Р.</i>				<i>Казанский ГАУ каф. МОА 244 группа</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Нафиков И.Р.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Халиллин Д.Т.</i>						

2. Производство биогаза (65-75% метана).

Основным продуктом биогазовой установки по своей ценности является биоудобрение. Оно является основой для ведения «экологического» земледелия. Продукция, выращенная только с использованием биоудобрений, является экологически чистой и имеет рыночную стоимость существенно выше продукции, выращенной с использованием различных искусственных химических удобрений и пестицидов. Урожайность выражаемых культур с применением биоудобрений выше на 20-100%, чем без них [1].

Принцип работы биогазовой установки

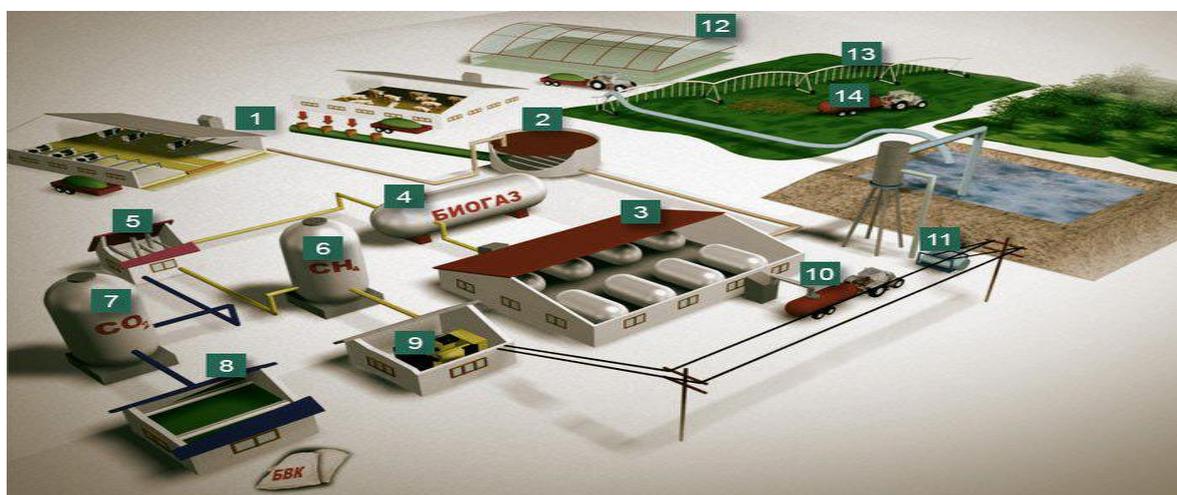


Рисунок 3.1 - Работа биогазовой установки

1. Животноводческие корпуса, оборудованные самосплавной системой навозоудаления.

Заготовка и доставка органического сырья, предназначенного для производства биогаза, осуществляется непосредственно в животноводческих корпусах, оснащенных самосплавными системами навозоудаления.

2. Приемный контейнер, в котором сырьевая масса подготавливается к переработке.

Хранение массы, приведение показателей сырья в соответствие с установленными нормами обеспечивается в приемном резервуаре.

3. Биогазовая установка.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ	Лист
						2
Изм	Лис	№ докум.	Подпись	Дат		

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 (CO₂) и на 55–70 % - из метана (CH₄). 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 удается 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.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Взам. инв. № дубл.	Взам. инв. № подл.	Подпись и дата	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ	Лист
															3

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. №	Взам. инв. №
	Подпись и дата

					ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		4

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.

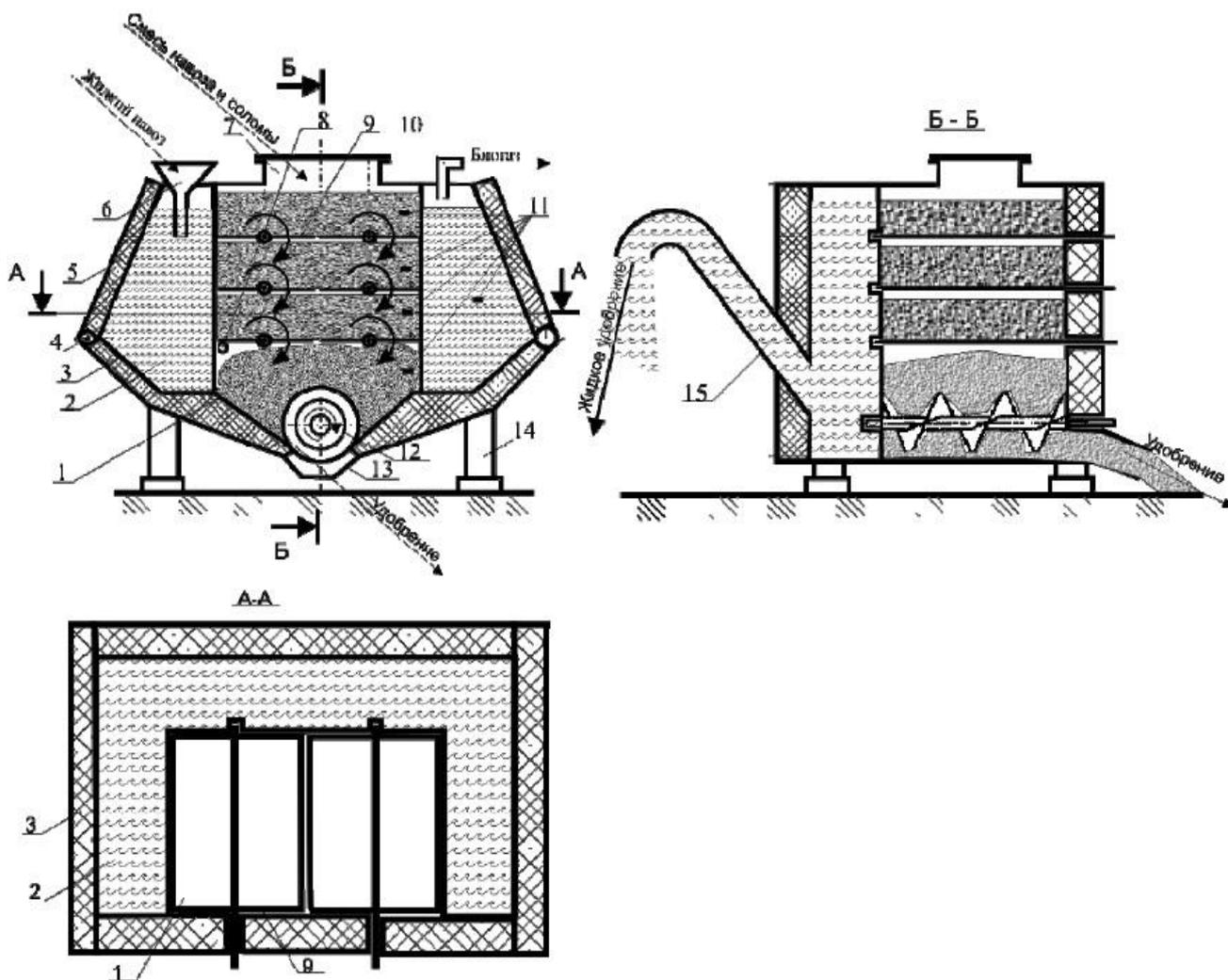


Рисунок 3.2 - Схема передвижной универсальной биогазовой установки

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

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

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист
6

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

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

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

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]:

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

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 газгольдоре,

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

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

Оставшийся газ идет к потребителям.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист

9

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:

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

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

$T_{\text{п}}$ – время перемешивания, $T_{\text{п}} = 1200$ 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.	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист

11

Мощность электродвигателя, кВт 3,0

Частота вращения электродвигателя, мин⁻¹ 3000

Расчет вала мешалки

Крутящий момент, действующий на вал, определяется соотношением:

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

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:

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

где $M_{кр}$ – момент на валу, Н·мм;

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

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

Полученный результат округляем по ГОСТ 6636-69: $d = 60$ мм.

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

Определим диаметр вала:

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

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

Определим осевую силу, действующую на вал мешалки, из соотношения

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

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. №	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ	Лист
											12

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

$$d_l = 0,8 \cdot 3,06 = 2,45 \text{ м.}$$

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

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:

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

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

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

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

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

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

по формуле:

$$A_{CM} = \sigma \cdot d_0, \dots \dots \dots (3.13)$$

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

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

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

$$[F_{CM}] = [\tau_{CM}] \cdot A_{CM}, \dots \dots \dots (3.14)$$

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

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

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

Таким образом, допускаемая нагрузка соединения $[F] = [F_{CM}] = 420 \text{ кН}$ ограничивается прочностью втулки на смятие. Такая нагрузка обеспечивает неплохой запас прочности соединения бруска–шнек.

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 контргаяк на 1,5 – 2 витка.

Инв. № подл.	Подпись и Дата	Взам. инв. №	Взам. инв. №	Подпись и Дата	Лист	14
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- 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.

3.9 Технико-экономическая оценка разрабатываемой конструкции

Для определения стоимости конструкции воспользуемся способом аналогии по сопоставимости массы:

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

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

M_1 , M_0 -масса проектируемой и существующей конструкции;

δ -коэффициент удешевления конструкции.

$$C_{61} = \frac{70000 \cdot 1300 \cdot 0,95}{900} \approx 96055 \text{ руб}$$

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

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

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						17

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$\text{Эе} = \frac{N \cdot T'_{\text{год}}}{W \cdot T_{\text{год}}}, \dots \dots \dots (3.16)$$

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.

$$\text{Эе}_0 = \frac{3 \cdot 1460}{7,5 \cdot 8760} = 0,066 \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^3}$$

$$\text{Эе}_1 = \frac{3 \cdot 1460}{12,5 \cdot 8760} = 0,04 \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^3}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

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

$$\text{Э}_{\text{ГОД}} = (1,624 - 1,427) \cdot 12,5 \cdot 8760 = 21571,5 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

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

$$\text{Е}_{\text{ГОД}} = (1,78 - 1,56) \cdot 12,5 \cdot 8760 = 24090 \text{ руб}$$

Срок окупаемости дополнительных вложений определяется по формуле:

$$T_{\text{ОК}} = \frac{\Delta K}{\text{Э}_{\text{ГОД}}}, \dots \dots \dots (3.19)$$

где ΔK - дополнительные капитальные вложения, руб

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

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$\text{Е}_{\text{ЭФ}} = \frac{1}{T_{\text{ОК}}}, \dots \dots \dots (3.20)$$

$$\text{Е}_{\text{ЭФ}} = \frac{1}{1,2} = 0,83$$

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						18

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:

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

где Сб- 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:

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

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

Лист

19

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

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, $\frac{руб}{м^3}$;

$C_{а}$ – 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:

$$C_{э} = C_{э} * Э_e, \quad (3.25)$$

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

$$C_{э0} = 5,38 * 0,066 = 0,355 \frac{руб}{м^3}$$

$$C_{э1} = 5,38 * 0,04 = 0,215 \frac{руб}{м^3}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяются по формуле:

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

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

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

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

ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ

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

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

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, $\frac{кВт * час}{м^3}$	0,066	0,04	60,6
Металлоемкость процесса, кг/м ³	0,0137	0,0119	86,9
Трудоемкость процесса, $\frac{ч * час}{м^3}$	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	-
Коэф. 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.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

ВКР 35.03.06.184.18.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.

Инв. № подл.	Подпись и дата				Взам. инв. №	Взам. инв. №	Подпись и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>ВКР 35.03.06.184.18.ПБЧ.00.00.00 ПЗ</i>		
					Лист		
					23		

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 смещения.

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 отличии 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. Абрамов Н.Ф. Сбор и утилизация биогаза на полигонах твердых бытовых отходов /Абрамов Н.Ф., Проскуряков А.Ф.// Обзорная информация. - Вып. 1 (30). - М.: ЦБНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1989.
2. Автоматизированная система коммерческого учета потребления энергоресурсов [Электронный ресурс] // Управа Красносельского района города Москвы – 2016 <http://krasnoselsky.mos.ru/reference/moscow-united-energy-company/automated-system-of-commercial-metering/> – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (17.03.2018).
3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский // – Изд. 2-е. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
4. Амерханов Р.А. Совершенствование методов оценки сельскохозяйственных энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии.: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.14.08/ Р.А. Амерханов. – Москва, 2004. – 40 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. М.: Машиностроение, 1978. - 557с.
6. Асадова Э.Р. Влияние концентраций субстрата на конверсию органических веществ в биогаз / Э.Р. Асадова, С.Х. Тапалцян, Е.С. Панцхава // Серия биологическая № 5. М.: 1987, С. 707-716.
7. Баадер В. Биогаз. Теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер // (Пер. с нем. и предисловие М.И. Серебряного. - М.: Колос, 1982. - 148 с.
8. Байдукин Ю.А. Использование отходов сельского хозяйства для получения энергии / Ю.А. Байдукин, А.Я. Бойко, А.Д. Пяева / М.: ВНИИТЭИСХ, 981. - 49 с.
9. 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.

10. 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 Казанского ГАУ. 2018.

11. Гайфуллин И.Х. Расчет теплового баланса и обоснование параметров малогабаритной биогазовой установки с мезофильным сбраживанием субстрата / И.Х. Гайфуллин, И.И. Кашапов, Б.Г. Зиганшин, А.И. Рудаков // Вестник Казанского ГАУ, 2016. - С. 63 - 67.

12. ГОСТ 12.2.033-90. ССТБ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

13. ГОСТ 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

14. Зарипова А.А. Классификация существующих биогазовых установок / А.А. Зарипова, И.Р. Нафиков, И.Х. Гайфуллин // Материалы студенческой (региональной) научной конференции. Изд-во Казанского ГАУ 2017. - С. 3-5.

15. Зарипова А.А., Классификация и обзор существующих биогазовых установок / Зарипова А.А., Нафиков И.Р., Гайфуллин И.Х. // Научные труды региональной научно-практической конференции 2018. - С. 344-347

16. Нафиков И.Р. Классификация конструкции малогабаритных биогазовых установок/ И.Р. Нафиков, Б.Л. Иванов, И.Х. Гайфуллин // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию образования Института механизации и технического сервиса: - Казань.

17. «Патент на полезную модель» РФ № 150764 МПК C02F 3/02 C02F 11/04 «Биореактор периодического действия для анаэробного сбраживания органических отходов / Рудаков А.И., Нафиков И.Р., Гайфуллин И.Х., Курочкин П.С. // (Россия) - №2014120276/05; Заявл. 20.05.2014. Опубл. 27.02.2015 Бюл. № 6.

18. Рудаков А.И. Математическая модель тепловых потоков в биореакторе биогазовой установки. /А.И. Рудаков, М.С. Нурсубин, С.А. Чапчин // Мат. методы в технике и технол. Сб. тр. XXI международная научная конференция: 10 т. Секция–11. ММТТ. - Саратов: 2008– С.135 - 137.

19. Рудаков А.И. Нуриев З.З. Переносная малогабаритная биогазовая установка. / А.И. Рудаков, З.З. Нуриев // Вестник Казанского ГАУ №4, Казань: изд-во Казанского ГАУ, 2012 – С. 37-40.

20. Рудаков А.И. Экспериментальная лабораторная установка для исследования процесса получения биогаза. / А.И. Рудаков, А.В. Карасев // Материалы 67 студенческой научной конференции «Студенческая наука для агропромышлен. комплекса, лесного хозяйства и эколог.». –Казань: Изд-во Казанский ГАУ, 2009.–Ч. 2.– С. 26-31.

21. СНиП 2.04.08-87. Газоснабжение.

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

ПРИЛОЖЕНИЯ

СПЕЦИФИКАЦИЯ