

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра «Машины и оборудования в агробизнесе»
Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия
Магистерская программа: Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С
ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ (КОМПЛЕКСНАЯ).

Магистрант



Батыршин Э.Г.

Научный руководитель,
д.т.н., професоор



Нуруллин Э.Г.

Рецензент, д.т.н., профессор



Хафизов К.А.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(Протокол № 7 от 1 февраля 2021 г.)

Заведующий кафедрой машин
и оборудования в агробизнесе к.т.н., доцент



Халиуллин Д.Т.

Казань – 2021 г.

АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)

Батыршина Эльвира Габдулфартовича

на тему: «Разработка и исследование комбинированного энергоснабжения
сельскохозяйственного предприятия с применением биогазовой установки»
(комплексная)

Выпускная квалификационная работа представляет собой пояснительную записку на 73 листах печатного текста и состоит из введения, четырёх разделов, выводов, списка литературы, который содержит 34 наименований.

В первом разделе проведен анализ состояния вопроса и задачи исследований. Рассмотрены технологические основы производства биогаза.

Во втором разделе описана методика обоснования выхода биогаза, методика выработки электрической энергии из биогаза, методика разработки номограммы для получения электрической энергии в зависимости от количества крупного рогатого скота, методика обоснования типа биогазовых установок для комбинированного энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий, методика технико-экономической и энергетической оценки биогазовой установки.

В третьем разделе проведены теоретические исследования по энергоснабжению сельскохозяйственных предприятий на основе биогазовой установки. Разработана номограмма для получения электрической энергии из биогаза.

В четвертом разделе проведена апробация результатов исследований в ООО «Маяк» Балтасинского района Республики Татарстан. Рекомендована биогазовая установка для внедрения. Предложены перспективы дальнейшей разработки темы.

Пояснительная записка завершается выводами.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
1.1 Значение биогаза для сельскохозяйственных предприятий.....	9
1.2 Технологические основы производства биогаза.....	17
1.3 Анализ существующих конструкций биогазовых установок	26
1.4 Краткие выводы. Цель и задачи исследования.....	33
2 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	35
2.1 Программа исследований.....	35
2.2 Методика обоснования выхода биогаза.....	36
2.3 Методика выработки электрической энергии из биогаза.....	37
2.4 Методика разработки номограммы для получения электрической энергии в зависимости от количества крупного рогатого скота.....	39
2.5 Методика обоснования типа биогазовых установок для комбинированного энергопотребления сельскохозяйственных предприятий.....	39
2.6 Методика технико-экономической и энергетической оценки биогазовой установки.....	41
3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ.....	42
3.1 Факторы, влияющие на эффективность извлечения биогаза.....	42
3.2 Теоретическое обоснование выхода биогаза.....	43
3.3 Теоретическое обоснование выработки электрической энергии из биогаза.....	45

3.4 Разработка номограммы для получения электрической энергии в зависимости от количества крупного рогатого скота.....	47
3.5 Теоретическое обоснование типа биогазовой установки для комбинированного энергопотребления сельскохозяйственных предприятий.....	51
3.6 Техничко-экономическая и энергетическая оценка биогазовой установки.....	53
 4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ООО “МАЯК” БАЛТАСИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН.....	57
4.1 Исходные данные.....	57
4.2 Результаты использования исследований при расчете комбинированного электрообеспечения животноводческого комплекса.....	58
4.3 Рекомендации по внедрению биогазовой установки.....	61
4.4 Перспективы дальнейших исследований темы.....	67
 ВЫВОДЫ.....	68
 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Энергоэффективность и энергоресурсосбережение – важнейшие проблемы во всех отраслях экономики, в том числе в сельскохозяйственном производстве.

Одним из направлений решения этих проблем в настоящее время во всем мире является производство энергии из нетрадиционных источников. Анализ исследований и практического опыта в данной области показывает, что наиболее рациональными источниками нетрадиционной энергии для сельскохозяйственного производства выступают биогазовая и ветровая энергия. Эти источники могут быть эффективно использованы, в том числе для автономного или комбинированного электроснабжения сельскохозяйственных предприятий.

Однако в настоящее время мало исследований в данной области, поэтому данные исследования направлены на решение этих задач.

Кроме производства электроэнергии, использование биогазовых установок решает и другие актуальные проблемы в современном мире.

Использование биогазовых технологий исключает загрязнение сточных вод, уменьшает выброс в атмосферу вредных веществ, снижает эпидемиологическую опасность от хранения.

Производство высококачественных биоудобрений с высоким содержанием азотной и фосфорной составляющей. Переброженная масса - это готовые экологически чистые жидкие и твердые биоудобрения, лишенные нитритов, семян сорняков, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, специфических запахов. При использовании таких сбалансированных биоудобрений урожайность повышается на 10-20%. Биоудобрения можно продавать. Эти удобрения по качеству выше минеральных, а их себестоимость равна практически нулю [1].

Цель работы. Повышение энергоэффективности сельскохозяйственного предприятия на основе электроснабжения с использованием биогазовой установки.

Объект исследования. Система электроснабжения сельскохозяйственного предприятия на основе биогазовой установки.

Предмет исследования. Структура системы электроснабжения сельскохозяйственных предприятий с применением биогазовой установки и и схемы взаимодействия её элементов.

Научная новизна.

1. Разработаны методологические основы комбинированного электроснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе биогазовых технологий.
2. Получены теоретические зависимости, позволяющие обосновать выход биогаза и электрической энергии из отходов животноводства.
3. Разработана методика и универсальная номограмма для определения выхода электрической энергии в зависимости от количества отходов сельскохозяйственных животных.

Методы исследований. Работа проводилась с применением теоретических исследований на основе общенаучных специальных и специфических методов исследований. В теоретических исследованиях использованы следующие методы исследований: анализ и синтез индукции и дедукции проектного, графического и математического моделирования. Также использованы положения и методы физики, математики, геометрии, компьютерных технологий.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы при моделировании комбинированного электроснабжения производственных предприятий разного вида деятельности на основе биогазовых технологий.

Степень достоверности. Достоверность научных положений и результатов теоретических исследований обеспечено их сравнением с результатами предыдущих исследований и практического опыта в области электроснабжения различных объектов производственной деятельности традиционными и нетрадиционными видами энергии.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались и одобрены на внутривузовских конференциях.

Результаты научно-исследовательской работы приняты к практическому использованию в ООО «Маяк» Балтасинского района Республики Татарстан.

Отдельные результаты используются при проведении занятий со студентами по направлению «Агроинженерия» в ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Результаты исследований возможности исследования биогаза для энергообеспечения сельскохозяйственного предприятия.
2. Теоретическое обоснование комбинированного электроснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе биогазовой установки.
3. Методика и универсальная номограмма для определения выхода электрической энергии в зависимости от количества отходов сельскохозяйственных животных.
4. Результаты апробации научных исследований.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 73 страницах машинописного текста, содержит 15 рисунков, 10 таблиц. Список литературы включает 34 в том числе – 3 на иностранных языках.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Значение биогаза для сельскохозяйственных предприятий

Потребление энергетических ресурсов в промышленности возрастает с каждым годом. Это связано с ростом количества предприятий и развитием технологий производства энергии. Вместе с этим возрастает также количество вредных выбросов. Чтобы решить проблемы потребления природных ресурсов, а также улучшить экологическое состояние окружающей среды возможно найти несколько вариантов действия:

- замена устаревшего оборудования современным с целью снижения потребления топливных ресурсов;
- использование возобновляемых энергетических ресурсов;
- производство искусственных топлив из отходов экологически чистых предприятий.

Для стран постсоветского окружения важен первый вариант, т.к. модернизация оборудования производится достаточно редко. В то же время данное мероприятие влечет за собой большие капитальные затраты, что в масштабах даже достаточно прибыльных предприятий может занимать несколько лет и повысит себестоимость производимой продукции, тем самым снижая ее конкурентоспособность.

Более привлекательным является второй вариант, однако существующие способы генерации энергии из возобновляемых источников производят недостаточное количество энергетических ресурсов для промышленности. Также встает вопрос себестоимости такой энергии. В настоящее время стоимость «зеленой» энергетики все еще находится на высоком уровне по сравнению со стоимостью энергии, получаемой от сжигания традиционных топлив.

Третий вариант в настоящее время обладает лучшими показателями себестоимости производимых энергетических топлив.

Поэтому необходимо проанализировать различные способы производства нового вида топлива - биогаза с целью дальнейшего использования его в энергетике.

Системы производства газового топлива из органических отходов сельскохозяйственных ферм [2] являются интересными. Такой газ получил название биогаза.

В процессе переработки органических отходов в биогазовых установках получают два основных продукта – биогаз и сброженную биомассу, которые можно использовать в сельском хозяйстве, в промышленности и в быту. Основным способом применения биогаза является превращение его в источник тепловой, механической и электрической энергии. Однако крупные биогазовые установки можно использовать для создания производств по получению ценных химических продуктов для народного хозяйства. Чрезвычайно важна утилизация биомассы в сельском хозяйстве, где на различные технологические нужды расходуется большое количество топлива и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях. Всего в мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60 разновидностей биогазовых технологий [3].

Биогаз - это смесь метана и углекислого газа, образующаяся в процессе анаэробного (без доступа воздуха) сбраживания в специальных реакторах - метантенках, устроенных и управляемых таким образом, чтобы обеспечить максимальное выделение метана. Энергия, получаемая при сжигании биогаза, может достигать от 60 до 90% той, которой обладает исходный материал. Очень важное - достоинство процесса переработки биомассы состоит в том, что в его отходах содержится значительно меньше вредных микроорганизмов, чем в исходном материале [4].

Метановое брожение протекает при средних (мезофильное) и высоких (термофильное) температурах. Наибольшая производительность достигается при термофильном метановом брожении. Для нормального протекания процесса анаэробного сбраживания необходимы оптимальные условия в реакторе: температура, анаэробные условия, достаточная концентрация питательных веществ, допустимый диапазон значений pH, отсутствие или низкая концентрация токсичных веществ [5].

Таблица 1.1–Содержание азота и соотношение C/N в различных отходах

Вид отходов	Содержание общего N (%)	Соотношение C/N
Животноводческие фермы		
Смесь отходов боен	8-12	2,2
Птичий помёт	5,4	-
Навоз овечий	3,9	-
свиной	3,9	-
лошадиный	2,5	26
коровий	1,9	19
Растительные отходы		
Солома	1,2	49
Отходы подсолнечника	1,1	57
Сырые опилки	0,27	210

Температура в значительной степени влияет на анаэробное сбраживание органических материалов [6]. Температурные режимы:

- психрофильный режим идет при температуре от 8С° до 25°С (оптимальная– 23 °С);
- мезофильный — при от 25С° до 40 °С (оптимальная – 37 °С);

- термофильный — при от 45 °C до 60 °C (оптимальная – 56 °C).
- Наилучшим образом сбраживание происходит при температуре 30-40°C (развитие мезофильной бактериальной флоры), а также при температуре 50-60°C (развитие термофильной бактериальной флоры).[7]

Этапы образования биогаза.

Биогаз является продуктом обмена веществ бактерий, образующийся вследствие разложения ими органической массы. Процесс разложения можно разделить на 4 этапа, в каждом из которых принимают участие множество разных групп бактерий: [8]

1. На первом этапе аэробные бактерии перестраивают высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) с помощью энзимов на низкомолекулярные соединения, такие как сахар, аминокислоты, жирные кислоты и воду. Энзимы, выделенные гидролизными бактериями, прикрепляются к внешней стенке бактерий (так называемые экзоферменты) и при этом расщепляют органические составляющие субстрата на малые водорастворимые молекулы. Полимеры (многомолекулярные образования) превращаются в одномеры (отдельные молекулы). Этот процесс, получивший название гидролиз, имеет медленное течение и зависит от внеклеточных энзимов как например целлюлоза, амилазы, протеазы и липазы. На процесс влияет уровень pH (4,5-6) и время пребывания в резервуаре.

2. Далее расщеплением занимаются кислотообразующие бактерии. Отдельные молекулы проникают в клетки бактерий, где они продолжают разлагаться. В этом процессе частично принимают участие анаэробные бактерии, употребляющие остатки кислорода и образующие тем самым необходимые для метановых бактерий анаэробные условия. При уровне pH 6-7,5 вырабатываются в первую очередь нестойкие жирные кислоты (карбоновые

кислоты - уксусная, муравьиная, масляная, пропионовая кислоты), низкомолекулярные спирты - этанол и газы - двуокись углерода, углерод, сероводород и аммиак. Этот этап называют фазой окисления (уровень pH понижается).

3. После этого кислотообразующие бактерии из органических кислот создают исходные продукты для образования метана, а именно: уксусную кислоту, двуокись углерода и углерод. Такие бактерии, понижающие количество углерода, являются очень чувствительными к температуре.

4. На последнем этапе образуется метан, двуокись углерода и вода в равных пределах как продукт жизнедеятельности метановых бактерий с уксусной и муравьиной кислоты, углерода и водорода. 90% всего метана вырабатывается на этом этапе, 70% происходит из уксусной кислоты. Таким образом, образование уксусной кислоты (т.е. 3 этап расщепления) является фактором, определяющим скорость образования метана. Метановые бактерии исключительно анаэробные. Оптимальный уровень pH составляет 7, амплитуда температурных колебаний может быть в пределах 6,6 – 8.

Получение биогаза экономически оправдано и является предпочтительным при переработке постоянного потока отходов (стоки животноводческих ферм, скотобоев, растительных отходов и т. д.). Экономичность заключается в том, что нет нужды в предварительном сборе отходов, в организации и управлении их подачей; при этом известно, сколько и когда будет получено отходов. [9].

На биогазе могут работать газо-сжигающие устройства, вырабатывающие энергию, которая используется для отопления, освещения, снабжения кормоприготовительных цехов, для работы водонагревателей, газовых плит и двигателей внутреннего сгорания.

Наиболее простым способом является сжигание биогаза в газовых горелках, так как газ можно подводить к ним из газгольдеров под низким

давлением, но более предпочтительно использование биогаза для получения механической и электрической энергии. Это приведет к созданию собственной энергетической базы, обеспечивающей эксплуатационные нужды хозяйств.

Таблица 1.2 – Состав и свойства биогаза

Показатель	CH ₄	Компоненты CO ₂	H ₂	H ₂ S	Смесь 60%CH ₄ + 40%CO ₂
Объемная доля, %	56-70	28-43	1,2	2	100
Объемная теплота сгорания, МДж/м ³	36,8	11,2	23,6	-	22,6
Температура воспламенения, °C	655- 755	-	575	-	655-755
Плотность: нормальная г/л критическая, г/л	0,74	1,99	0,08	1,64	1,3
	1,04	4,08	3,2	3,47	3,10

Газовые котлы на биогазе. Современные бытовые и промышленные газовые котлы, как правило, не предназначены для работы на низкокалорийном биогазе. Ситуация осложняется еще тем, что в биогазе может содержаться углекислый газ в значительных концентрациях. Одним из способов решения этой задачи применить специально разработанные щелевые подовые горелки для сжигания биогаза. При разработке конструкции горелок учтены специфические особенности горения биогаза (малые пределы устойчивости пламени и т.д.). Горелки изготавливаются из специализированных сталей, имеют съемные сопла, которые не подвержены сероводородной коррозии, а также имеют специальные устройства для стабилизации пламени.

Двигатели, работающие на биогазе. Биогаз можно применять в качестве топлива для автомобильных двигателей, причем эффективность его в этом

случае зависит от количества содержащегося метана и наличия примесей. На метане могут работать как карбюраторные, так и дизельные двигатели.

Газо-электрогенераторы. Опыт показывает, что биогаз экономически целесообразно использовать в газо-электрогенераторах, при этом сжигание 1 м³ биогаза позволяет вырабатывать от 1,6 до 2,3 кВт электроэнергии. [10].

Газовые горелки. Основой большинства бытовых приборов, в которых можно использовать биогаз, является горелка. В большинстве случаев предпочтительны горелки атмосферного типа, работающие на предварительно смешанном с воздухом биогазе. Потребление газа горелками сложно подсчитать заранее, поэтому конструкция и настройка горелок должны определяться для каждого индивидуального случая экспериментальным путём. По сравнению с другими газами биогазу нужно меньше воздуха для возгорания. Следовательно, стандартные газовые приборы нуждаются в более широких жиклерах для прохождения биогаза. Для полного сгорания 1 литра биогаза необходимо около 5,7 литров воздуха, в то время как для бутана – 30,9 литра и для пропана – 23,8 литра [11]. Потребление биогаза. Бытовые газовые горелки потребляют 0,2 – 0,45 м³ биогаза в час, а промышленные – от 1 до 3 м³ биогаза в час. Необходимый объем биогаза для приготовления пищи может быть определен на основании времени, ежедневно затрачиваемого на приготовление пищи.

Таблица 1.3 – Расход биогаза для бытовых нужд [12].

Горелка	Назначение	Использование биогаза, м ³
Бытовая	Приготовление порции пищи для одного человека	0,15 – 0,3
Бытовая	Кипячение воды	0,03 – 0,05
Бытовая	Отопление помещения	0,2 в сутки

Кроме основного продукта, биогаза, в процессе производства образуется побочный продукт компост, который является ценным для сельского хозяйства

– его используют в качестве удобрения. В ряде случаев стоимость компоста превышает стоимость получаемого биогаза, что создает дополнительные положительные условия окупаемости биогазовой установки.

Состав остатка, полученного при анаэробной переработке отходов, зависит от химического состава исходного сырья, загружаемого в реактор. В условиях, благоприятных для анаэробного сбраживания, обычно разлагается около 70% органических веществ, а 30% содержится в остатке.

Хранение биоудобрений:

- В жидком виде. Преимущество такого метода хранения – малые потери азота. Недостатки - капиталовложения для приобретения емкости для хранения. Так же при хранении удобрения в жидком виде появляется необходимость приобретения транспорта для его транспортировки к потребителю.

- Высушивание. Важным преимуществом такого метода является уменьшение объема и веса удобрения. Недостатком является потеря около 90% неорганического азота из удобрения, а это около 50% от общего содержания азота.[13]

- Компостирование. Главным преимуществом такого метода хранения является сокращение потерь ценных веществ удобрения по сравнению с высушиванием.[13].

После переработки в метантенках органические отходы превращаются в биомассу, содержащую значительное количество ценных веществ, которая может быть использована в качестве удобрения и кормовых добавок. Образующиеся при сбраживании гумусные материалы значительно улучшают физические свойства почвы, а минеральные вещества служат источником энергии и питанием для деятельности почвенных микроорганизмов, что способствует повышению усвоения питательных веществ растениями [14]. Получение и использование биогаза представлено на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Получение и использование биогаза.

Таким образом, полученный биогаз может использоваться как топливный материал для бытовых целей и сельского хозяйства, а также для выработки электроэнергии. Одновременно утилизация биогаза с полигонов позволяет улучшать экологическую обстановку на них, уменьшить загрязнение атмосферы и практически исключить самовозгорание отходов.

1.2 Технологические основы производства биогаза

Процесс получения газа из различных биологических продуктов проходит несколько стадий: жиры и углеводы в результате энергичного движения бактерий переходят в гидролизные бактерии в период гидролизной фазы, при этом образуются аминокислоты, глюкоза и жирные кислоты. Следующая фаза –

кислотообразующая, в которой образуются ферментные бактерии, такие как органические кислоты, спирты, альдегиды, водород, диоксид углерода, аммиак и сероводород. Третья фаза называется ацетогенной, в которой органические кислоты под действием ацетогенных бактерий преобразуются в уксусную кислоту, и последняя фаза – метаногинез. На последнем этапе уксусная кислота разлагается на метан, воду и углекислый газ, в свою очередь, водород и углекислый газ преобразуются в метан и воду [15,16]. Отсюда можно видеть, что получаемый биогаз состоит по большей части из природного газа и может быть использован в качестве его более дешевой альтернативы.

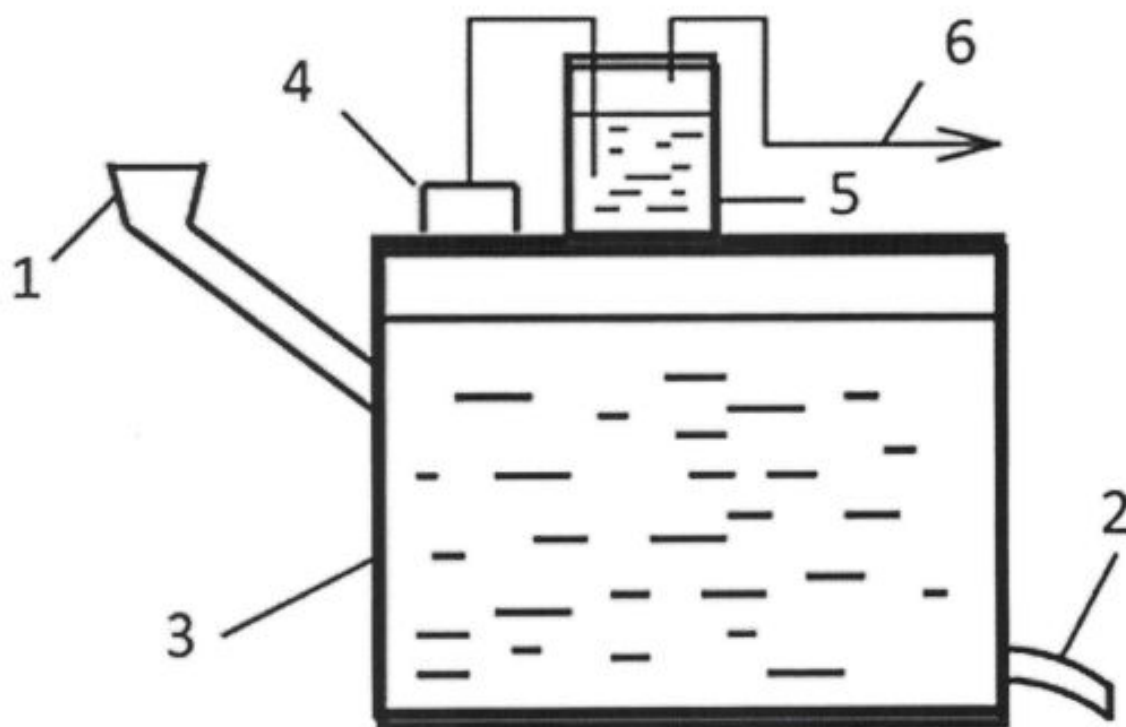
Имеются и такие способы выработки газа, как получение генераторных газов из угля. Однако в этом случае перерабатывается твёрдое энергетическое топливо, что не является экономически выгодным в сравнении с переработкой органического сырья, которое не используется в энергетике иным способом.

Для получения биогаза существуют различные способы и установки. В основу их работы заложено выполнение следующих основных операций [17]:

- загрузка субстрата (заранее подготовленное сырьё);
- поддержание требуемой температуры внутри установки;
- отвод газов;
- выгрузка отработанного вещества.

Сырьё, специально подготовленное и представляющее собой отходы сельскохозяйственного производства, смешанные с водой (обычно 60-70% жидкости) используются в производстве биогаза. Полученный субстрат размещают в яме либо в специальном реакторе. С целью обеспечения необходимых условий для жизни бактерий важным является поддержание требуемой температуры субстрата. Рекомендуемая температура составляет 35-40 °С. Процесс производства биогаза из смеси может занимать до двух недель. Это значит, что смесь в течение всего времени находится в реакторе и продвигается от начала технологической операции к этапу выгрузки сырья.

Такой способ получения биогаза называется проточным. Для него характерны последовательная подача сырья, непрерывный и стабильный процесс выработки газа. Недостатком такой установки является отсутствие перемешивающего устройства. Схема установки представлена на рисунке 1.2.

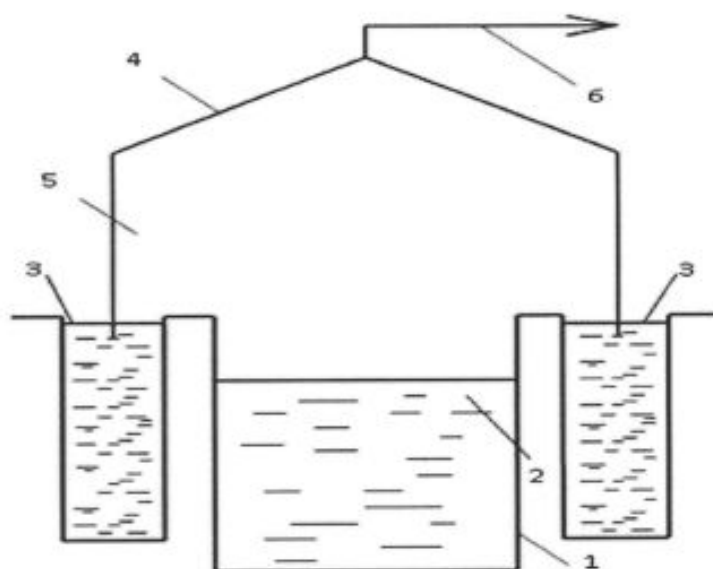


1– устройство подачи сырья; 2– выгрузка отработанного материала; 3– реактор для получения биогаза; 4– клапан выпуска газа из реактора; 5– гидрозатвор.

Рисунок 1.2–Технологическая схема установки непрерывного получения биогаза.

Другим вариантом работы установки для получения биогаза может быть периодическая подача сырья в реактор, при которой необходимо загружать и выгружать отработанное сырье за один раз целиком. Рабочая порция субстрата все время находится в реакторе, и дополнительно ничего не подгружается и не выгружается. В таком случае выход газа будет непостоянным, максимальный выход будет наблюдаться в середине процесса. К преимуществам периодической загрузки сырья можно отнести возможность загрузки твердых

сухих субстратов наряду с возможностью загрузки жидкого вещества. К недостаткам можно отнести отсутствие перемешивающего устройства. Схематичное изображение приведено на рисунке 1.3.



1 – реактор биогаза; 2 – субстрат; 3 – вода (гидрозатвор); 4 – купол; 5 – биогаз; 6 – выдача газа потребителю

Рисунок 1.3–Технологическая схема установки для получения биогаза с периодической загрузкой сырья.

Для всех случаев, как уже сказано, важным является поддержание требуемой температуры. Стенки реактора необходимо изолировать от внешней среды путем размещения его в специальных емкостях. Самым удобным вариантом поддержания заданной температуры по всему реактору является размещение его в воде, которая подогревается электрическим нагревателем [18]. Такой способ позволит распределить теплоту по всей поверхности реактора, не скапливая ее в одном месте, в случае использования только электрического нагревателя. Вместе с тем обе установки оборудованы специальным устройством для перемешивания субстрата – миксером.

Также известны другие способы получения биогаза. Так, например, известен метод полного смешивания субстрата внутри генератора [19].

Такой тип газогенераторов чаще встречается в сельской местности. При такой подаче сырья поступающий субстрат полностью смешивается с уже реагирующим материалом, этим исчезает необходимость в затравливании, и реактор может работать, как только вносится субстрат.

Возможность получения продукта практически из любого сырья является большим преимуществом биогаза. В табл. 1 приведены данные об удельном выходе биогаза с одной тонны различного органического материала.

Таблица 1.4—Удельный выход биогаза с одной тонны различного органического материала

Субстрат	Выход биогаза, м ³ /т
Навоз крупного рогатого скота (КРС)	60
Навоз свиней	65
Птичий помет	70-130
Силос кукурузный	200-300

Важно отметить состав получаемого газа. По большей части полученное топливо состоит из метана, что позволяет использовать его в различных теплотехнологических агрегатах.

Когда реактор правильно работает, состав получаемого биогаза бывает постоянным, в случае изменения состава газа необходимо обратить внимание на работу установки.

Получаемый с таким составом газ можно использовать в качестве замены природному газу. Но биогаз также содержит сероводород (H₂S). Несмотря на то, что доля H₂S находится на низком уровне, менее 1%, удаление данного

компонента из газа необходимо, так как сероводород является агрессивным веществом, вызывающим коррозию. Поэтому перед использованием биогаз необходимо очистить от сероводорода и, при необходимости, от двуокиси углерода. Это позволит повысить теплоту сгорания полученного газа.

Очистка биогаза включает несколько операций:

- удаление воды (разувлажнение);
- удаление серы (десульфурация);
- удаление двуокиси углерода и аммиака.

Есть различные способы очистки полученного газа от двуокиси углерода. Самые распространенные из них: очистка газа напором воды, мембранными процессами, адсорбцией с колебаниями давления, процессом Selexol и другими. Когда используем растворы на основе воды и специальных химических соединений, возможна одновременная очистка газа от H_2S и CO_2 . Например, моноэтаноламин, являясь слабым основанием, обратимо взаимодействует с H_2S и CO_2 [20].

Когда очищаем биогаз от двуокиси углерода мокрым способом, газ получается излишне влажным, что плохо сказывается на теплоте сгорания. Для увеличения теплоты необходимо удалить влагу одним из известных способов.

Для очистки газа от H_2S также возможно применение нескольких различных способов. Один из наиболее известных способов – подача воздуха в газовую зону ферментатора. При этом происходит окисление бактериями сероводорода и становится возможным удаление серы вместе с жидкостью из реактора. Специалистами [21] разработан метод очистки, который основан на взаимодействии серы с оксидом железа. Преимуществом данного метода является практически полное удаление H_2S из потока биогаза независимо от его накопления в исходном газе, а также полная инертность хемосорбента к основным компонентам биогаза (CH_4 и CO_2). Метод не требует больших капиталовложений, обеспечивает работоспособность в широком диапазоне

давлений и позволяет удалять и другие сернистые соединения. Недостатком метода является периодичность работы модуля. Но более полная очистка достигается с использованием активированного угля.

Само по себе отделение CO_2 является также экономически выгодным в случае дальнейшего использования либо продажи двуокиси углерода [22]. Область его применения широка: от «сухого льда» до сварки (в качестве инертной атмосферы), в пожарном деле и др.

Для крупных производств необходимо иметь высокие теплоты сгорания. При очистке биогаза от серы и других вредных веществ теплота сгорания полученного газа может колебаться в диапазоне от 15 до 27 МДж/м³, при содержании метана на уровне 55-85 %. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров [23].

Существуют достаточно простые способы регулирования и поддержания требуемой теплоты сгорания и давления. Для повышения давления газа при использовании эластичной крышки газгольдера возможно размещение на нем груза. При избыточном давлении газа необходимо включать в газовую магистраль дроссельные устройства.

В бытовом секторе, где наблюдается преимущественно невысокое потребление газа при его низком давлении, может использоваться биогаз. Типовыми потребителями газа могут выступать:

- отопительные установки жилых домов;
- водонагреватели;
- газовые и духовые плиты;
- газовые обогреватели;
- газопоршневые генераторы для выработки электроэнергии, насосы;
- автомобили (следует отметить обязательную перенастройку работы газобаллонного оборудования на такой тип газа).

В каждом конкретном случае необходимо производить экономический расчет использования биогаза как альтернативного топлива. Для электрификации, а именно использования биогаза в качестве топлива в генераторах электрической энергии, в качестве нижней границы мощности агрегатов для рационального получения электроэнергии таким способом неоднократно называлась цифра 100 кВт [22]. Поэтому получение такой электроэнергии будет экономически обоснованным только для небольших поселков либо ферм, но не для частного использования.

Известно, потребление биогаза в течение суток носит неравномерный характер, в то же время производство газа зачастую осуществляется с постоянным выходом газа. Для потребления всего произведенного продукта необходимо использовать газгольдеры, электрогенераторы и другие устройства, способные хранить либо использовать газ в то время, когда потребление находится на минимальном уровне. Газгольдер может быть выполнен в виде гибкой расширяемой емкости либо другой жесткой металлической емкости, но в этом случае необходимо предусмотреть систему заправки емкости с определенным избыточным давлением. Зачастую для хранения газа могут применять мокрые либо сухие газгольдеры низкого давления, до 5 кПа. Также следует отметить, что при использовании газгольдеров и генераторов рекомендуется иметь дополнительный источник энергии, как электрической, так и топливной.

Получаемый газ, с теплотехнической точки зрения, обладает достаточной энергетической ценностью для использования его в качестве топлива в нагревательных печах.

К преимуществам биогаза можно отнести его октановое число, равное 100. Для сравнения: октановое число природного газа равно 135 единицам. Такой показатель позволяет использовать биогаз в двигателях внутреннего сгорания с высокой степенью сжатия.

При использовании биогаза, несмотря на многие его преимущества, есть некоторые ограничения. Так, например, при использовании его в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания биогаз обязательно необходимо очищать от H_2S . Вместе с тем у биогаза достаточно низкие скорости распространения пламени. Данный факт накладывает некоторые ограничения на использование биогаза в промышленности, а также ставит специальные требования к газогорелочным устройствам. Во избежание срыва пламени необходимо уменьшать нагрузку на биогазовую горелку, снижать скорости истечения газа. Но даже при таких значениях скоростей большая часть горелок, работающих на природном газе, могут работать и с биогазом без модернизации.

Биогаз в исходном виде хранить в значительных объемах невозможно из-за дороговизны такого решения. Проблема состоит в том, что биогаз невозможно сжать до высоких давлений, характерных для хранения природного газа, без предварительной очистки до биометана. Углекислый газ, содержащийся в биогазе, не дает возможности сжать его до 200 атм. Так как при сжатии двуокись углерода переходит в твердую фазу и не позволяет производить компримирование. А при сжатии всего лишь до нескольких атмосфер объем, занимаемый биогазом, уменьшается незначительно. Как указано выше, заправка потребителей высоким давлением возможна только после очистки биогаза от двуокиси углерода, сероводорода и других примесей. Очистка биогаза от углекислого газа является достаточно сложным процессом. Из-за потребности в большом количестве реагентов и большом выходе отходов реакции химические методы очистки неприемлемы. А метод растворения углекислого газа в воде, применяемый в промышленности, требует достаточно сложного и дорогого оборудования. Такое оборудование выпускается серийно, но для больших суточных объемов. Поэтому очистка биогаза и сжатие биометана – процедура, доступная только владельцам крупных биогазовых установок. Но и в этом случае биометан обычно не хранят длительное время, а

регулярно используют для заправки автомобильного транспорта либо отправляют в общую газовую сеть. Общая газовая сеть в данном случае и служит накопителем, куда можно загонять газ летом и отбирать зимой. Такой способ хранения газа является экономически более выгодным, чем сооружение собственных газовых хранилищ.

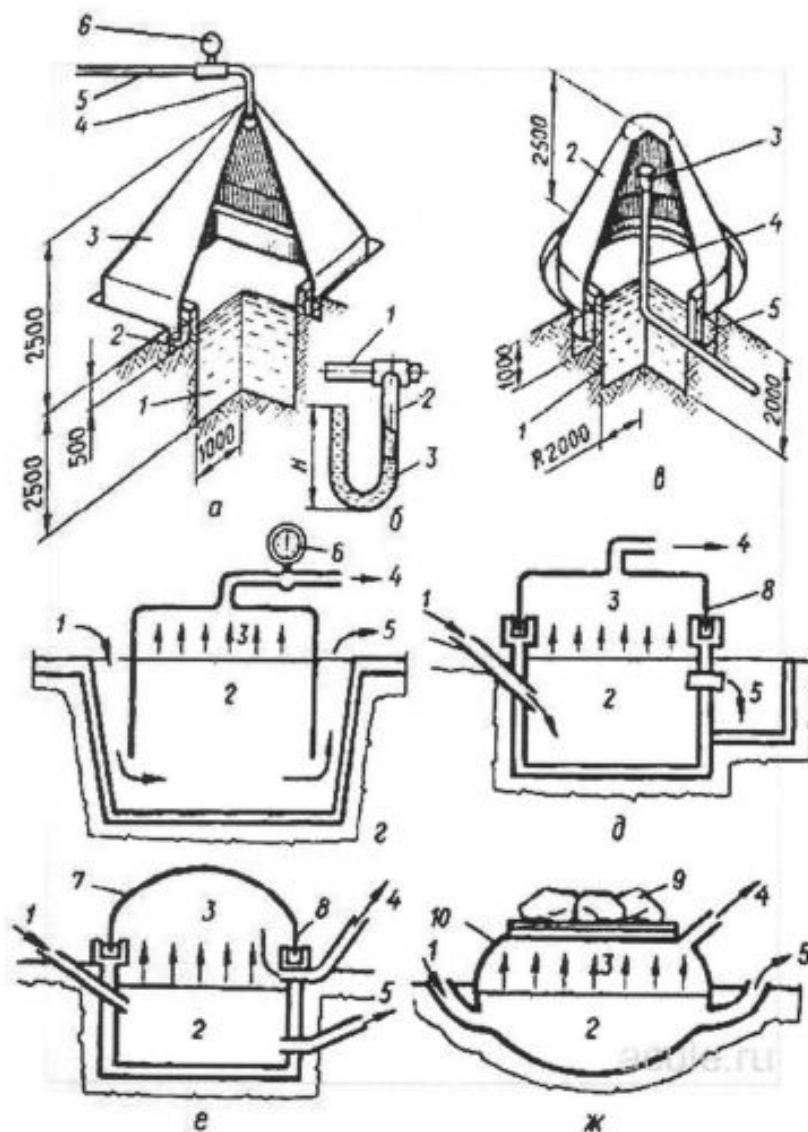
Из литературы известно, что одна корова дает 30-45 кг органических отходов в сутки. Можно сделать вывод, что для отопления небольшого частного дома площадью 70 м² потребуется хозяйство, состоящее минимум из 11-ти коров. Для крупных фермерских угодий такой способ отопления более рентабелен и целесообразен. Это также подтверждается в ряде литературных источников, в которых приведены сведения о целесообразности построения биогазовой установки для ферм с поголовьем не менее 300 дойных коров [23].

1.3 Анализ существующих конструкций биогазовых установок

Существуют различные виды биогазовых установок. Биоэнергетические установки активно внедряют в ряде стран Европы, Америки, Азии. В Западной Европе более 10 лет назад начали массово применять малообъемные биогазовые установки. Обширное применение такой техники получило в Китае. [24]

Рассмотрим рисунок 1.4. – конструктивно-технологические схемы простейших малогабаритных биогазовых установок.

На территории любой фермы можно оборудовать малообъемную биогазовую установку (рисунок) 1-а. Яма облицована железобетонными плитами толщиной 10-15 см и для герметичности покрыта смолой. Из металлического материала сделан колокол высотой 3 м, в верхней части которого будет накапливаться газ. Чтобы защитить от коррозии, колокол нужно периодически красить двумя слоями масляной краски.



- а) с пирамидальным куполом: 1-яма для сырья; 2- канава гидрозатвора; 3-колокол для сбора биогаза; 4,5 – патрубок для удаления биогаза; 6-манометр.
- б) устройство для удаления конденсата: 1-трубопровод; 2-колокол; 3- U-образная труба для конденсата; 3-конденсат.в) с коническим куполом: 1- яма для сырья; 2- колокол; 3-часть птрубка; 4-труба для удаления газа; 5- гидравлический затвор.г,д,е,ж) схемы вариантов простейших биогазовх установок: 1-подача субстрата; 2-резервуар для субстрата; 3-место сбора биогаза; 4- выпускной патрубок для биогаза; 5- отвод ила; 6-манометр; 7 - пленочный купол; 8 - гидрозатвор; 9-груз; 10 – полиэтиленовый мешок.

Рисунок 1.4–Конструктивно–технологические схемы простейших малогабаритных биогазовых установок.

Вокруг ямы-ферментатора предусмотрена бетонная канавка для гидрозатвора (2), которую наполняют водой и в которую погружают нижний бортик колокола на глубину 0,5 м. Из-за замерзания накопленной воды, чтобы трубка не разрывалась, применяют простое устройство (рисунок 1-б): U-образная трубка (2) присоединена к трубопроводу (1) в самой нижней точке. Водяной конденсат (3) сливается через свободный конец трубки, при этом не происходит утечки биогаза.

Во втором варианте биогазовой установки (рисунок 1-в) яму (1) диаметром 4 м и глубиной 2 м охватывают изнутри железом, листы которого плотно сваривают. Внешняя поверхность сварного резервуара покрывается смолой для антикоррозионной защиты. С наружной стороны верхней кромки резервуара из бетона предусмотрена канава в виде кольца (5) глубиной до 1 м, который заливают водой. В нее свободно устанавливается вертикальная часть купола (2), который закрывает резервуар. Таким образом, канава с залитой водой служит гидрозатвором. Газ собирается в верхней части купола и через выпускной патрубок (3) по трубопроводу (4) подается к месту использования.

Конструктивные схемы простейших малообъемных биогазовых установок показаны на рисунках 1-г, д, е, ж. Стрелками обозначено перемещение исходного биогаза. Купол может быть железным или пленочным. Железный купол можно сделать с длинной цилиндрической частью для полного погружения в перерабатываемую массу «плавающим» (рисунок 1-г) или вставлять в гидрозатвор (рисунок 1-д). Пленочный купол можно так же вставить в гидрозатвор (рисунок 1-е) или изготовить в виде целиком склеенного большого мешка (рисунок 1-ж). В последнем примере на пленочный мешок складывают тяжесть (9), чтобы пленка не очень раздувалась, а также для образования под пленкой достаточного давления [24]. Биогаз накапливается под куполом или пленкой и поступает по газопроводной трубе к месту использования. Для безопасности пользования газом на выпускном

патрубке нужно установить предохранительный клапан. Однако, опасность взрыва биогаза маловероятна, так как при значительном повышении давления биогаза под куполом клапан будет приподнят в гидрозатворе на критическую высоту и опрокинется, выпустив при этом биогаз.

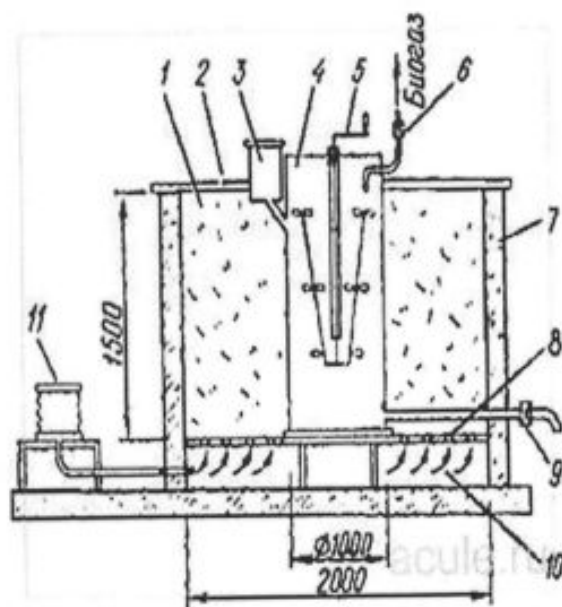
Выход биогаза понижается из-за того, что на поверхности субстрата в биореакторе при его брожении образуется корка. Чтобы избавиться от этого, субстрат в биореакторе периодически перемешивают. Перемешивание происходит металлическими вилками. Купол поднимается в гидрозатворе на определенную высоту при накоплении биогаза и опускается по мере его использования. Из-за регулярного передвижения купола сверху-вниз, вилки купола будут разрушать корку.

Высокая влажность и наличие в незначительной степени сероводорода приводят к увеличению коррозии металлических частей биогазовых установок, поэтому все металлические элементы замазывают защитными маслами.

На рисунке 1.5 приведена биогазовая установка с подогревом сброживаемой массы с помощью тепла, которое выделяется при разложении навоза в аэробном реакторе. Установка имеет цилиндрическую форму и металлическую емкость с горловиной (3) для заливки и краном (9) для слива, механической мешалкой (5) и патрубком (6) отбора биогаза. Реактор (1) можно сделать из деревянных материалов. Для выгрузки сброженного субстрата боковые стенки сделаны съемными. Пол ферментатора - решетчатый, через технологический канал (10) воздух продувают из воздуходувки (11). Сверху ферментатор закрывают деревянными щитами (2), чтобы уменьшить потери подаваемого тепла, стенки и днище изготавливаются из теплоизоляционного материала (7).

Установка работает следующим образом. В реактор (4) через отверстие (3) заливают предварительно подготовленный жидкий субстрат влажностью 85-95 %. Аэробный ферментатор (1) через верхнюю открывающуюся часть

заполняется навозом влажностью 60-70 %. При подаче воздуха в ферментаторе начнет разлагаться органическая масса и выделяться тепло, его достаточно для подогрева содержимого реактора, в результате чего начинает выделяться биогаз. Скопление биогаза происходит в верхней части реактора, и через выпускной патрубок (6) его принимают, в процессе сбраживания массу в биореакторе перемешивает мешалкой (5).

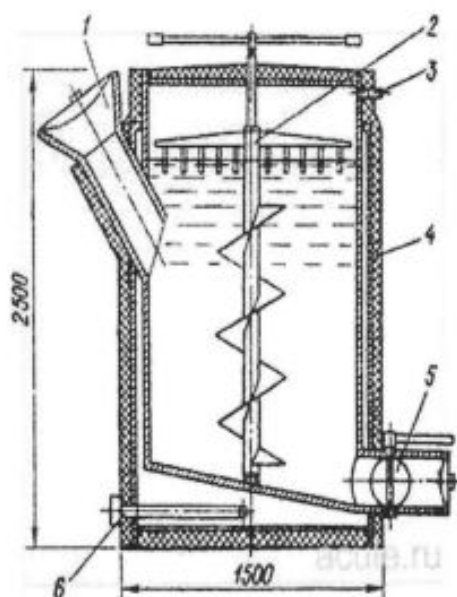


1 - ферментатор; 2 - деревянный щит; 3 - горловина для заливки; 4 - метантанк; 5 - мешалка; 6 - выпускной патрубок биогаза; 7 - теплоизоляционный материал; 8 - решетка; 9 - сливной кран; 10 - канал для подачи воздуха; 11 - воздуходувка.

Рисунок 1.5—Схема биогазовой установки с подогревом

На рисунке 1.6 представлена индивидуальная биогазовая установка (ИБГУ-1) для семьи, имеющей от 5 до 10 голов скота или 20-50 свиней, или до 300 голов птиц. ИБГУ-1 ежесуточно может перерабатывать до 300 кг органических отходов и производит 100-300 кг экологически чистых биоудобрений и 5-12 куб.м биогаза [26]. Чтобы приготовить пищу на семью из

трех-четыре человек нужно сжигать 3-4 куб.м биогаза в сутки, а для отопления дома площадью 50-60 кв.м сжигается 10-12 куб.м. биогаза. Такая установка может работать в любой климатической зоне.



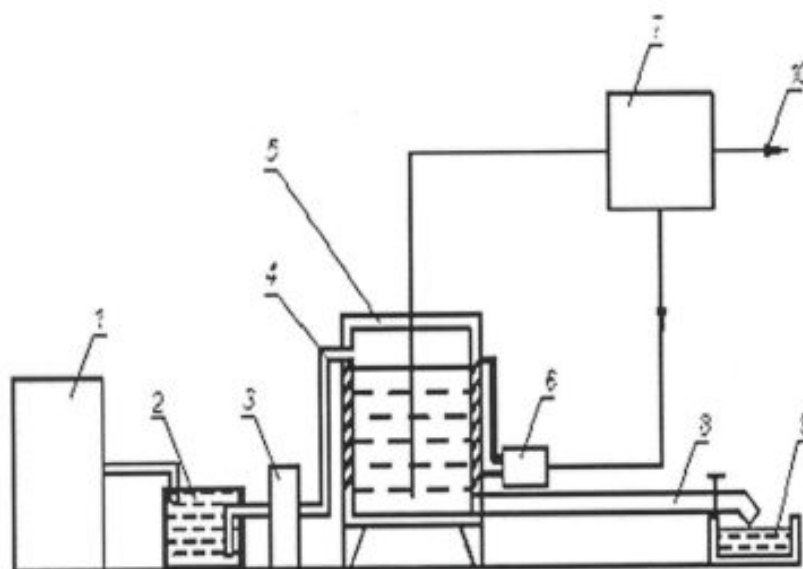
1 – горловина для загрузки; 2 – мешалка; 3 – выпускной патрубок для биогаза; 4 – теплоизоляция; 5 – выпускной патрубок с краном для выгрузки органических удобрений; 6 – термометр.

Рисунок 1.6—Схема индивидуальной биогазовой установки (ИБГУ-1)

Опыт эксплуатации установок показал, если использовать в качестве субстрата смеси различных органических отходов, то выделение биогаза больше, чем в случае использования одного из компонентов. Влажность используемого субстрата рекомендуется уменьшать зимой до 88—90% и увеличивать летом до 92—95%, при этом вода, которая используется для разбавления, должна быть теплой. Субстрат загружается порциями, по крайней мере, один раз в сутки. После первой загрузки реактора иногда вырабатывается биогаз, содержащий более 60% углекислого газа, и поэтому он не горит. Углекислый газ удаляют в атмосферу, и в течение трех дней установка начнет функционировать нормально.

В настоящее время разработаны биогазовые установки с различными конструктивными и технологическими особенностями.

Конструктивно все биогазовые установки практически не отличаются друг от друга, и представляет собой герметично закрытую емкость, в которой при определенных условиях происходит сбраживание органического субстрата с образованием биогаза и биоудобрений. Основными компонентами биогазовой установки являются биореактор, в котором происходит сбраживание, и газгольдер для сбора получаемого биогаза, также установка может содержать системы подогрева, перемешивания, устройства КИП и автоматики.[26,27,28] Общая схема биогазовой установки представлена на рисунке 1.7.



1 – источник отходов; 2 – приемный бункер; 3 – бункер загрузки исходного субстрата; 4 – входной патрубок; 5 – биореактор; 6 – система подогрева; 7 – газгольдер; 8 – патрубок слива готового удобрения; 9 – хранилище удобрения; 10 – газ потребителю.[25]

Рисунок 1.7–Общая схема биогазовой установки

Анализ конструктивных решений биогазовых установок показал, что большинство из них имеют одноступенчатый реактор цилиндрической формы вертикального исполнения, работают в непрерывном режиме с механическим перемешиванием и подогревом через нагревательные элементы.

1.4 Краткие выводы. Цель и задачи исследования.

Анализ современных технологий производства энергии из возобновляемых источников показывает, что наиболее перспективным с энергетической и экологической точки зрения является производство биогаза. Биогаз является газообразным продуктом, получаемый в результате анаэробной ферментации различного вида биомасс. Содержит около 60% метана, который в последующем используется для производства тепловой и электрической энергии.

Вторым немаловажным фактором актуальности биогазовых технологий является то, что они позволяют предотвратить выбросы метана в атмосферу.

Третьим важным фактором актуальности переработки органической массы в биогаз является возможность использования отходов процесса в качественные органические удобрения, которые широко применяются в сельском хозяйстве. Это в свою очередь позволяет снизить применение химических удобрений, соответственно сокращается отрицательная нагрузка на окружающую среду.

Биогазовые технологии – это эффективный способ обезвреживания и переработки различных биомасс, с одновременным получением тепловой и электрической энергии. Биотехнологическая переработка сельскохозяйственных отходов позволяет одновременно решать и энергетические, и экологические задачи. В основе биогазовых технологий лежат биореакторы, которые характеризуются различными технологическими схемами и конструктивными исполнениями.

Выполненный нами анализ показал, что биогаз может быть использован как дополнительный источник энергии в сельскохозяйственных предприятиях и в быту сельских жителей, наряду с традиционными источниками энергии и

другими видами возобновляемых источников энергии, например ветроэнергетики.

Однако, проведенный анализ в области биогаза показал, что в настоящее время мало исследований связанных с энергообеспечением сельскохозяйственного производства на основе автономного и комбинированного использования биогазовых установок. Поэтому, перед настоящей работой были поставлены следующие задачи:

1. Разработать методику и программу исследований.
2. Провести теоретические исследования по обоснованию электроснабжения сельскохозяйственных на основе биогаза.
3. Разработать методику и универсальную номограмму для определения выхода электрической энергии в зависимости от количества отходов сельскохозяйственных животных.
4. Провести апробацию результатов на примере конкретного сельскохозяйственного предприятия.

2 ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Программа исследований

Целью исследований является подтверждение и уточнение разработанных теоретических положений, а также соответствие параметров и режимов функционирования технических средств по сжиганию биогаза. Программой экспериментальных исследований предусмотрен сбор необходимой статистической информации для решения оптимизационной задачи, обоснования оптимальных параметров работы технических средств биогазовой установки.

При этом основными задачами исследований являлись:

- верификация теоретических принципов и утверждений, определяющих характер и структуру процессов проектирования;

- оценка адекватности разработанных моделей при оптимизации параметров предложенных технических решений и теоретическое подтверждение их эффективности.

Независимо от способа представления объекта, вида и характера его изменения основным при оптимизации систем является выбор наиболее подходящего решения. Для решения таких сложных задач необходимо применение методологии системного подхода, которая направлена на комплексное изучение объектов и процессов.

Характерной особенностью указанной методологии является применение моделирования систем и замещения на время анализа реального объекта подобной ему моделью. При проектировании моделей необходимо придерживаться некоторых принципов, соблюдение которых позволит получить адекватное и точное отображение исследуемого процесса. Теоретические основы проектирования следует строить не столько «снизу» за

счет индуктивного обобщения полученных инженерной наукой и практикой, сколько «сверху» по отношению к ним, то есть на основе сформулированных фундаментальных принципов целой системы более конкретных утверждений, раскрывающих структуру и содержание проектных операций синтеза, оптимизации и выбора решений.

2.2 Методика обоснования выхода биогаза

Пользуясь существующими данными, выполняем только теоретические исследования.

Выход биогаза обычно подсчитывается в литрах или кубических метрах на килограмм сухого вещества, содержащегося в навозе. В таблице показаны значения выхода биогаза на килограмм сухого вещества для разных видов сырья после 10-20 дней ферментации при мезофильной температуре.

Для определения выхода количества биогаза из свежего сырья с помощью таблицы сначала определяется влажность свежего сырья.

Таблица 2.1–Выход биогаза и содержание в нем метана при использовании разных типов сырья.

Тип сырья	Выход газа (м ³ на кг сухого вещества)	Содержание метана(%)
Навоз КРС	0,25 – 0,350	65
Свиной навоз	0,340 – 0,580	65 – 70
Птичий навоз	0,310 – 0,620	60
Конский навоз	0,200 – 0,300	56 – 60

Если влажность используемого в качестве сырья навоза КРС равна 85%, то 1 килограмм сухого вещества будет соответствовать $100:(100 - 85)=$ около 6,6 килограмма свежего навоза. Из 6,6 килограмма свежего навоза мы получим 0,250

- 0,320 м³ биогаза, а с 1 килограмма свежего навоза КРС можно получить в 6,6 раза меньше и получили около 0,037 - 0,048 м³ биогаза с одного килограмма свежего навоза.

На основании вышеизложенного составлена методика определения выхода биогаза:

1. Определение суточного выхода навоза. Это среднее количество навоза, получаемого от единицы крупного рогатого скота.
2. Определение поступления биомассы в сутки. Суточный выход навоза определяется из количества крупного рогатого скота и суточного выхода экскрементов КРС.
3. Определение объема метантенка. Для определения объема метантенка необходимо знать продолжительность брожения, поступление биомассы в сутки, а также плотность сбрасываемой массы.
4. Определение выхода биогаза, при полном разложении свежего органического вещества.
5. Определение объема полученного биогаза, при выбранной продолжительности метанового брожения.
6. Определение месячной выработки биогаза. Для определения месячной выработки биогаза необходимо, полученный объем биогаза умножить на количество дней в одном месяце.
7. Определение годовой выработки биогаза.

2.3 Методика определения выработки электрической энергии из биогаза

Биогаз является горючим, так как его основной компонент – метан, а следственно энергию его горения можно использовать для получения другой энергии – электрической. Как источник энергии биогаз дает возможность использовать газовые турбины, а они являются одним из самых лучших

современных средств энергетики. В турбине газ сгорает и приводит в движение генератор, который производит электроэнергию. Соответственно, продукты сгорания биогаза могут использоваться для получения дополнительной энергии. По подсчетам британских ученых, из 1 кубического метра биогаза можно получить около 2 киловатт-В-час электрической энергии.

Коэффициент получения электроэнергии из биогаза: $k = 2 \text{ кВт} \cdot \text{час}$.

Для определения выработки электрической энергии составлена следующая методика:

1. Определение суточного выхода навоза. Это среднее количество навоза, получаемого от единицы крупного рогатого скота.
2. Определение поступления биомассы в сутки. Суточный выход навоза определяется из количества крупного рогатого скота и суточного выхода экскрементов КРС.
3. Определение объема метантенка. Для определения объема метантенка необходимо знать продолжительность брожения, поступление биомассы в сутки, а также плотность сбрасываемой массы.
4. Определение выхода биогаза, при полном разложении свежего органического вещества.
5. Определение объема полученного биогаза, при выбранной продолжительности метанового брожения.
6. Определение месячной выработки биогаза. Для определения месячной выработки биогаза необходимо, полученный объем биогаза умножить на количество дней в одном месяце.
7. Определение годовой выработки биогаза.
8. Определение выработки электрической энергии из биогаза. Количество вырабатываемой электрической энергии находят с помощью показателей месячной или годовой выработки биогаза и коэффициента выработки электрической энергии из биогаза.

2.4 Методика разработки номограммы для получения электрической энергии в зависимости от количества крупного рогатого скота

Для разработки номограммы для получения электрической энергии из органического остатка крупного рогатого скота необходимо выполнить следующие этапы:

1. Определить суточный выход навоза.
2. Определить выход биогаза из полученного навоза.
3. Определить выработку электрической энергии из биогаза.

2.5 Методика обоснования типа БГУ для комбинированного энергопотребления сельскохозяйственных предприятий

Методика выбора биогазовой установки предполагает расчет необходимых параметров.

1. Определяют конструктивные параметры, в частности объем метантека, при заданной форме и материала реактора.
 2. Определение ожидаемого выхода биогаза.
 3. Определение энергетических показателей биогазовой установки.
1. Расчет параметров биогазовой установки производится в следующей последовательности:

Определяется необходимый объем метантека и объем загружаемой массы.

Расчет объема метантенка можно вести следующим образом.

- находят объем метантенка.
- полученное значение необходимо согласовать с объемом полной загрузки метантенка.

2. Определение ожидаемого выхода биогаза включает в себя следующие этапы:

2.1. Для определения объема загружаемой биомассы и выхода биогаза важно знать количество исходного сырья. Если рассматривать отходы животноводства, необходимо определить суточный выход навоза, загружаемого в метантенк.

Если навоз загружается с подстилкой, то необходимо применять поправочный коэффициент K , учитывающий органическую массу подстилки, остатки кормов и т.п.

2.2. Определяют объем полученного биогаза при выбранной продолжительности метанового брожения. По заданной массе исходного сырья определяют объем метантенка и ожидаемый выход биогаза.

3. Определение энергетических показателей биогазовой установки включает в себя следующие этапы:

3.1. Необходимо оценить полезно вырабатываемую энергию от биогаза, поскольку потребуется энергия на собственные нужды биогазовой установки.

3.2. Определяют количество теплоты, необходимое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки.

3.3. Определяют количество теплоты, теряемое субстратом в результате теплоотдачи через стенку реактора в окружающую среду за час.

3.4. Определяют затраты энергии на перемешивание биомассы. На основании экспериментальных данных затраты энергии на перемешивание механическими мешалками можно принять равными 30...60 Вт/м³ при режиме: 4 ч работы и 7 ч паузы.

3.5. Определяют потребную энергию на поддержание процесса брожения за сутки, по сути на собственные нужды.

3.6. Определяется полезный выход биогаза. При этом определяется количество биогаза для продажи, за вычетом из общего объема биогаза на собственные нужды.

3.7. Определяют потенциальные запасы энергии биогаза, выработанного за сутки.

3.8. Определяют полезную энергию от биогаза:

3.9. Определяют коэффициент товарности биогазовой установки.

2.6 Методика технико-экономической и энергетической оценки БГУ

Основные затраты для биогазовой установки являются капиталовложения, поэтому эффективность установки будет оцениваться не уровнем чистого дохода от ее эксплуатации, а себестоимостью получаемой электрической энергии.

Методика технико-экономической и энергетической оценки БГУ выполняется в следующей последовательности:

1. Определяют количество энергии, выработанной за год БГУ.
2. Годовые издержки на зарплату персонала.
3. Ежегодные амортизационные отчисления тыс.руб.
4. Суммарные издержки на БГУ, руб/год.
5. Суммарные капиталовложения в биогазовую станцию.
6. Годовые затраты на строительство БГУ.
7. Экономическая эффективность проектных решений:
 - ожидаемая прибыль;
 - налог на прибыль;
 - чистая ожидаемая прибыль;
 - срок окупаемости капитальных вложений.

Таким образом, разработанная нами методика позволяет оценить все возможности получения биогаза и выработки электрической энергии из экологически чистого газа, также, определить технико-экономические и энергетические оценки биогазовых установок.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

3.1 Факторы, влияющие на эффективность извлечения биогаза

На эффективность брожения влияют факторы:

- соотношение С : N : P;
- частота подачи субстрата;
- замедляющие вещества;
- стимулирующие добавки;
- влажность среды;
- площадь поверхности частиц сырья;
- температура;
- уровень pH;

Площадь поверхности частиц сырья. Принципиальным является, что чем меньше частички субстрата, тем лучше. Чем больше площадь взаимодействия для бактерий и чем более волокнистый субстрат, тем легче и быстрее бактериям разлагать субстрат. Кроме того, его проще перемешивать, смешивать и подогревать без образования плавающей корки или осадка. Измельченное сырье имеет влияние на количество произведенного газа через длительность периода брожения. Чем короче период брожения, тем лучше должен быть измельчен материал. При достаточно длительном периоде брожения количество выработанного газа снова увеличится. [36]

Температура. Наилучшим образом сбраживание протекает при температуре 35–40 °С (развитие мезофильной бактериальной флоры), а также при температуре 50–60 °С (развитие термофильной бактериальной флоры), однако все три режима имеют как свои преимущества, так и недостатки.

Режимы с более высокими температурами требуют существенных затрат энергии на поддержание оптимальной температуры, зато за счет сокращения продолжительности сбраживания удастся значительно уменьшить объем биореактора и таким образом увеличить производительность биогазовой установки.

Уровень pH. Для нормального протекания брожения субстрата нужна слабощелочная реакция среды (pH=7–8). При оптимальной (ровной) активности кислотообразующих и метановых бактерий (то есть при установившемся процессе брожения) значение pH поддерживается в желательных пределах «автоматически».

3.2 Теоретическое обоснование выхода биогаза

Теоретическое обоснование выхода биогаза выполняется согласно вышеизложенной методики в подразделе 2.2.

1. Определение суточного выхода навоза.

Среднее количество навоза, получаемого от единицы крупного рогатого скота, приведено в таблице 1.

2. Определение поступления биомассы в сутки по формуле [37]:

$$m_{\text{бм}} = \sum N * m \quad (3.1)$$

где $m_{\text{бм}}$ – поступление биомассы в сутки, кг/сут;

N - число КРС;

m - суточный выход экскрементов КРС, кг/на одно животное.

3. Определение объема метантенка по формуле:

$$V_{\text{мт}} = \frac{(0,7 \dots 0,9) * m_{\text{бм}} * t_{\text{б}}}{\rho_{\text{бм}}} \quad (3.2)$$

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

t_6 - продолжительность брожения, сут (жидкий навоз КРС 10-15 дней);

$\rho_{\text{бм}}$ - плотность сбраживаемой биомассы, $\text{кг}/\text{м}^3$ (т.к., влажность навоза обычно близка к 90 %, ρ принимают равной ρ воды = $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$).

4. Определение выхода биогаза, при полном разложении свежего органического вещества:

$$V_{\text{пол}} = m_{\text{бм}} \cdot n_{\text{эк}} \quad (3.3)$$

где $V_{\text{пол}}$ – выход биогаза при полном разложении свежего органического вещества, м^3 ;

$n_{\text{эк}}$ - выход биогаза из 1 кг свежего навоза.

5. Определение объема полученного биогаза, при выбранной продолжительности метанового брожения:

$$V_6 = V_{\text{пол}} \cdot \frac{nt}{100} \quad (3.4)$$

где V_6 – объём полученного биогаза, при полном разложении свежего органического вещества, м^3 ;

nt - доля выхода биогаза при данной продолжительности брожения, $nt = 50\%$.

6. Определение месячной выработки биогаза:

$$V_{\text{бм}} = 30 \cdot V_6 \quad (3.5)$$

7. Определение годовой выработки биогаза:

$$V_{\text{бг}} = 365 \cdot V_6 \quad (3.6)$$

Таким образом, полученные формулы позволяют определить выхода биогаза.

3.3 Теоретическое обоснование выработки электрической энергии из биогаза

По подсчетам британских ученых, из 1 кубического метра биогаза можно получить около 2 киловатт-В-час электрической энергии. Соответственно, коэффициент получения электроэнергии из биогаза: $k_3 = 2 \text{ кВт*час}$.

Определение выработки электрической энергии из биогаза выполняется по следующей последовательности:

1.Определение суточного выхода навоза.

Среднее количество навоза, получаемого от единицы крупного рогатого скота, приведено в таблице 1.

2.Определение поступления биомассы в сутки по формуле [37]:

$$m_{\text{бм}} = \sum N * m \quad (3.1)$$

где $m_{\text{бм}}$ – поступление биомассы в сутки, кг/сут;

N - число КРС;

m - суточный выход экскрементов КРС, кг/на одно животное.

3. Определение объема метантенка по формуле:

$$V_{\text{мт}} = \frac{(0,7 \dots 0,9) * m_{\text{бм}} * t_{\text{б}}}{\rho_{\text{бм}}} \quad (3.2)$$

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

$t_{\text{б}}$ - продолжительность брожения, сут (жидкий навоз КРС 10-15 дней);

$\rho_{\text{бм}}$ - плотность сбраживаемой биомассы, $\text{кг}/\text{м}^3$ (т.к., влажность навоза обычно близка к 90 %, ρ принимают равной ρ воды = $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$).

4.Определение выхода биогаза, при полном разложении свежего органического вещества:

$$V_{\text{пол}} = m_{\text{бм}} \cdot n_{\text{эк}} \quad (3.3)$$

где $V_{\text{пол}}$ – выход биогаза при полном разложении свежего органического вещества, м^3 ;

$n_{\text{эк}}$ – выход биогаза из 1 кг свежего навоза.

5. Определение объема полученного биогаза, при выбранной продолжительности метанового брожения:

$$V_{\text{б}} = V_{\text{пол}} \cdot \frac{nt}{100} \quad (3.4)$$

где $V_{\text{б}}$ – объем полученного биогаза, при полном разложении свежего органического вещества, м^3 ;

nt – доля выхода биогаза при данной продолжительности брожения, $nt = 50\%$.

6. Определение месячной выработки биогаза:

$$V_{\text{бм}} = 30 \cdot V_{\text{б}} \quad (3.5)$$

7. Определение годовой выработки биогаза:

$$V_{\text{бг}} = 365 \cdot V_{\text{б}} \quad (3.6)$$

8. Количество электрической энергии (КВт):

$$\mathcal{E} = V_{\text{б}} \cdot k_{\mathcal{E}} \quad (3.7)$$

где $\mathcal{E}$ – количество электрической энергии;

$V_{\text{б}}$ – объем полученного биогаза,

$k_{\mathcal{E}}$ – коэффициент получения электроэнергии из биогаза.

Таким образом, полученные формулы позволяют определить выработку электрической энергии из биогаза.

3.4 Разработка номограммы получения электрической энергии в зависимости от количества крупного рогатого скота

1. Суточный выход навоза зависит от количества поголовья скота и от поступления биомассы от одного крупного рогатого скота.

$$M_{\text{бм}} = f(\sum N * M) \quad (3.8)$$

2. Выход биогаза в сутки зависит от суточного выхода навоза. По литературным источникам известно, что из 1 кг свежего навоза можно получить 0,04 м³ биогаза. Таким образом, мы получаем коэффициент выделения биогаза из 1 кг свежего вещества $k_3 = 0,04$.

$$V_{\text{б}} = f(M_{\text{бм}} * k_3) \quad (3.9)$$

3. Для определения количества электроэнергии воспользуемся формулой (3.7).

$$\mathcal{E} = V_{\text{б}} * k_3$$

На основании вышеизложенной методики составляем таблицу 3.1. Для хозяйств от 1 до 2000 голов крупного рогатого скота.

Таблица 3.1–Данные для составления номограммы

Количество КРС	Суточный выход навоза, кг	Выход биогаза, м ³	Количество электроэнергии, кВт
1	35	1,4	2,8
50	1750	70	140
100	3500	140	280
200	7000	280	560
300	10500	420	840
400	14000	560	1120
500	17500	700	1400
600	21000	840	1680
700	24500	980	1960
800	28000	1120	2240
900	31500	1260	2520
1000	35000	1400	2800
1500	52500	2100	4200
2000	70000	2800	5600

Номограмма представляет собой координатную плоскость с горизонтальной и вертикальной осью (рис.3.1). На горизонтальной оси справа от вертикальной оси откладываем количество КРС в масштабе.

На вертикальной оси выше горизонтальной откладывается выход отходов животноводства в тоннах, также в масштабе. Далее строится график зависимости функции $m=f(N)$ с расчетными данными представленными в таблице 3.1 для известного количества коров (для примера принимаем 1000 голов).

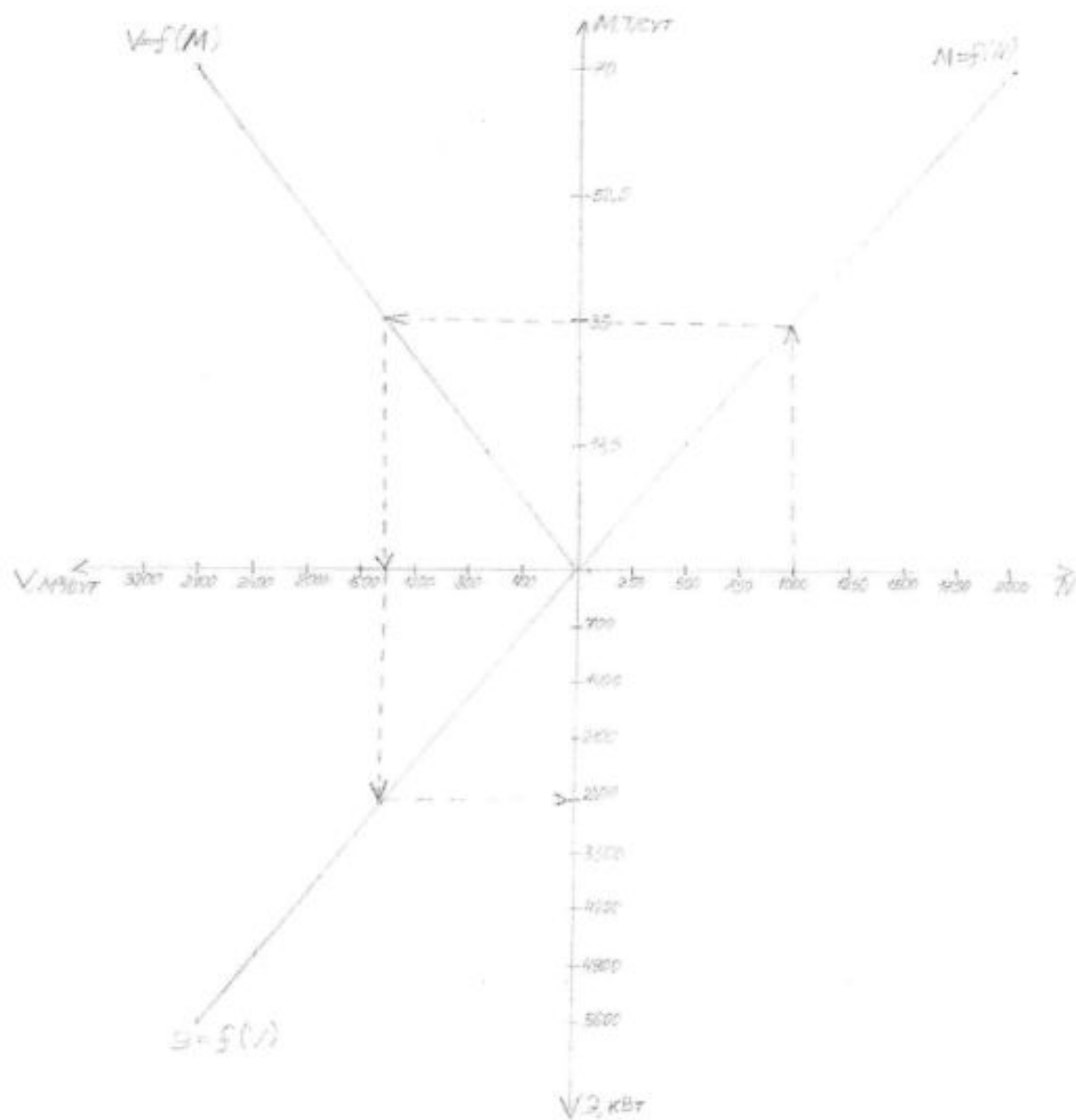


Рисунок 3.1 - Номограмма получения электрической энергии в зависимости от количества крупного рогатого скота

На горизонтальной оси слева от вертикальной оси откладываем в масштабе выход биогаза в кубических метрах. Далее строится график зависимости функции $V=f(m)$ с расчетными данными представленной в таблице 3.1 для известного количества коров.

На вертикальной оси ниже горизонтальной оси откладывается в масштабе количество электроэнергии вырабатываемое из единицы кубического метра газа. Далее строится график зависимости функции $\mathcal{E}=f(V)$ с расчетными данными представленной в таблице 3.1 для известного количества коров.

Номограмма работает следующим образом.

Шаг 1. На горизонтальной оси ON выбираем нужное количество КРС, затем вертикально поднимаемся до пересечения с графиком функции $M=f(N)$. С точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с осью OM и получаем выход навоза от определенного количества КРС.

Шаг 2. Далее проводим горизонтальную линию до пересечения с графиком функции с графиком $V=f(M)$. Затем опускаем вертикально до пересечения с осью OV и получаем объем выхода биогаза от данного количества КРС.

Шаг 3. Следующее, проводим вертикальную линию до пересечения с графиком функции $\mathcal{E}=f(V)$. С точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с ось OЭ и получаем количество электроэнергии, которое можно получить от заданного количества КРС.

3.5 Теоретическое обоснование типа биогазовой установки для энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий

Расчет параметров биогазовой установки (ожидаемый выход биогаза и объем метантенка) приведены в подразделе 3.2.

Энергетические показатели биогазовой установки.

Определяют количество теплоты, необходимое для подогрева загружаемой массы до температуры процесса брожения в сутки [38]:

$$Q_{\text{под}} = m_{\text{сут.эк}} * C_c * (T_{\text{пр}} - T_{\text{заг}}) * \frac{1}{\eta} \quad (3.10)$$

Где $Q_{\text{под}}$ - количество теплоты, МДж;

C_c - теплоемкость субстрата, МДж/кг⁰К;

$T_{\text{пр}}$ - температура процесса брожения, ⁰К;

$T_{\text{заг}}$ - температура загружаемого субстрата, ⁰К;

η - коэффициент полезного действия процесса.

Определяют количество теплоты, теряемое субстратом в результате теплоотдачи через стенку реактора в окружающую среду за час:

$$Q_{\text{пот}} = k * F * (T_{\text{пр}} - T_o) \quad (3.11)$$

где $Q_{\text{пот}}$ – количество теплоты, Вт;

k - коэффициент теплоотдачи, Вт/м² ⁰К;

T_o - температура окружающего воздуха, ⁰К;

F - площадь поверхности теплообмена метантенка, м².

Коэффициент теплоотдачи

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta i}{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.12)$$

где $1/a_1$ и $1/a_2$ - термическое сопротивление теплоотдачи от субстрата к внутренней поверхности стенки метантенка и от внешней поверхности теплоизоляции метантенка к окружающей среде соответственно; $\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - суммарное термическое сопротивление теплопроводности материала стенок метантенка ($d_{ст}/\lambda_{ст}$) и теплоизоляции ($d_{из}/\lambda_{из}$). В расчетах учитывается каждый слой в многослойной теплоизоляции.

Определяют затраты энергии на перемешивание биомассы. На основании экспериментальных данных затраты энергии на перемешивание механическими мешалками можно принять равными $30...60 \text{ Вт/м}^3$ при режиме: 4 ч работы и 7 ч паузы.

Определяют потребную энергию на поддержание процесса брожения за сутки, по сути на собственные нужды:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{под}} + 24 Q_{\text{пот}} + Q_{\text{мех}} * t_{\text{раб}} \quad (3.13)$$

где $Q_{\text{общ}}$ — потребная энергия, МДж/сут;

$t_{\text{раб}}$ - время работы механической мешалки в сутки, сут.

В заключении определяется полезный выход биогаза. При этом определяется количество биогаза для продажи, за вычетом из общего объема биогаза на собственные нужды.

Определяют потенциальные запасы энергии биогаза, выработанного за сутки:

$$Q_{\text{выр}} = V_{\text{б}} * H_{\text{б}} \quad (3.14)$$

где $Q_{\text{выр}}$ — потенциальные запасы, Мдж;

$H_{\text{б}}$ - теплотворная способность биогаза, МДж/м³.

Определяют полезную энергию от биогаза:

$$\mathcal{E}_6 = Q_{\text{выр}} - Q_{\text{общ}} \quad (3.15)$$

где $\mathcal{E}_6$ – полезная энергия, Мдж/сутки.

Определяют коэффициент товарности биогазовой установки:

$$K_{\text{бгу}} = \frac{\mathcal{E}_6}{Q_{\text{выр}}} = \frac{Q_{\text{выр}} - Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{выр}}} * 100\% \quad (3.16)$$

Таким образом, полученные формулы позволяют обосновать тип биогазовой установки для энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий.

3.6 Техничко–экономическая и энергетическая оценка биогазовой установки

1. Определяют количество энергии, выработанной за год БГУ.

$$W_{\text{год}} = P_{\text{уст}} \cdot T_{\text{max}} \quad (3.17)$$

где $W_{\text{год}}$ - количество энергии, выработанной за год в биогазовой установке, кВт/час;

$P_{\text{уст}}$ - установленная мощность биогазовой установки, кВт;

T_{max} - время часов использования максимума нагрузки в году.

2. Годовые издержки на зарплату персонала:

$$I_{\text{зп}} = 12 \cdot n \cdot N_{\text{э}} \cdot Z_{\text{пл}} \quad (3.18)$$

где $I_{\text{зп}}$ – годовые издержки на зарплату, тыс.руб;

n – штатный коэффициент на электростанции чел/МВт,

$N_{\text{э}}$ – электрическая мощность установки, МВт;

$Z_{\text{пл}}$ – ежемесячная зарплата одного штатного сотрудника, руб/месяц.

Отчисления от зарплаты:

$$I_{\text{о}} = 0,3 \cdot I_{\text{зп}} \quad (3.19)$$

где $I_{\text{о}}$ – отчисления от зарплаты.

3. Ежегодные амортизационные отчисления:

$$I_{\text{А}} = p_{\text{а}} \cdot \sum K \quad (3.20)$$

где $I_{\text{А}}$ – ежегодные амортизационные отчисления, тыс.руб.;

$p_{\text{ам}}$ – норма амортизационных отчислений (на капитальный ремонт/реновацию, расходы на эксплуатацию), от капиталовложений, принятый по формуле $p_{\text{ам}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}}$;

$T_{\text{сл}}$ – экономический срок службы оборудования (принимается 10 лет).

4. Суммарные издержки на БГУ:

$$\Sigma I_{\text{Б}} = I_{\text{зп}} + I_{\text{о}} + I_{\text{А}} \quad (3.21)$$

Объем капиталовложений в вариант системы электроснабжения от БГУ

зависят от следующих показателей: установленной мощности биогазовой установки, стоимость оборудования, расходы на строительные-монтажные, пуско-наладочные, проектно-изыскательские работы.

5. Суммарные капиталовложения в биогазовую станцию определим из формулы: [38]

$$K = K_{об} + K_{см} + K_{пр} + K_{пн} \quad (3.22)$$

где $K_{об}$ - затраты на оборудование биогазовой станции, тыс.руб;

$K_{см} = (0,15 \div 0,2) * K_{об}$ - стоимость строительного-монтажных работ, тыс.руб;

$K_{пр} = (0,05 \div 0,1) * K_{см}$ - затраты на проектные работы, тыс.руб;

$K_{пн} = (0,03 \div 0,05) * K_{об}$ - стоимость пуско-наладочных работ, тыс.руб.

Годовые затраты на строительство БГУ определяются из формулы:

$$Z_{БГУ} = \Sigma I_B + E \cdot \Sigma K \quad (3.23)$$

где $Z_{БГУ}$ - годовые затраты на строительство БГУ, тыс.руб.;

E - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

1. Экономическая эффективность проектных решений.[39,40]

Ожидаемая прибыль:

$$\Pi_{бг} = C_1 \cdot M_{бг} \quad (3.24)$$

$$\Pi_{бу} = C_2 \cdot M_{бу} \quad (3.25)$$

где C_1 - себестоимость одного м³биогаза, 3 руб.;

$M_{бг}$ - производственная мощность, м³/год;

C_2 - себестоимость 1 кг биоудобрения, 55 руб;

$M_{бу}$ - производительная мощность, м³/год.

Налог на прибыль:

$$H_{\text{пр}} = P_{\text{ож}} \cdot K_{\text{н}} \quad (3.25)$$

где $P_{\text{ож}}$ – ожидаемая прибыль, руб.;

$K_{\text{н}}$ – 20 % налог на прибыль.

Чистая ожидаемая прибыль:

$$P_{\text{ч}} = P_{\text{ож}} - H_{\text{пр}} \quad (3.26)$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = K \div P_{\text{ч}} \quad (3.27)$$

Таким образом, выполненные нами теоретические исследования позволяют произвести апробацию результатов на примере любой животноводческой фермы.

4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ООО “МАЯК” БАЛТАСИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРТСТАН

4.1 Исходные данные

В качестве исходных данных для апробации результатов исследований приняты фактические данные по затратам электроэнергии в целом по предприятию и по подразделениям ООО “Маяк” Балтасинского района Республики Татарстан. Затраты животноводческого комплекса мегафермы составляют 223367,7 кВт* час в год (таблица 4.1).

Таблица 4.1–Исходные данные.

№ п/п	Наименование здания	Потребление энергии,кВтч
1.	Административное здание	40400
2.	Котельная	151500
3.	Животноводческий комплекс	223 367,7
4.	Машинно-тракторный парк	555500
5.	Зерноток	50500
6.	Жижесборник	

Молочный комплекс является современным агропромышленным комплексом, оснащенным высокотехнологичным оборудованием фирмы «DeLaval» и укомплектованным высокопродуктивным поголовьем скота, ввезенного из Эстонии и Вологодской области.

Комплекс полностью автоматизирован, включая систему учета поголовья и продуктивности скота. Современная химико-биологическая лаборатория обеспечивает контроль качества кормов и произведенного молока.

Численность работающих на молочном комплексе составляет 62 человека.

Численность КРС: 1609 голов.

В среднем за сутки из одного крупного рогатого скота получают 31 кг навоза, соответственно из 1609 голов КРС получают 49,879 т навоза.

Расходы на электроэнергию за 2017 год составляют 1 300 000 рублей при тарифной ставке 5,82 руб. на 1 Квт*ч. (223 367,7 Квт*час).

Расходы на потребление теплоты за 2017 год составляют 600 000 рублей при тарифной ставке 5,66 руб. 1 м³. (106 007 м³).

Эти исходные данные будут использованы при расчете комбинированного электроснабжения животноводческого комплекса.

4.2 Результаты использования исследований при расчете комбинированного электроснабжения животноводческого комплекса

Для определения выработки и количества электроэнергии в условиях ООО “Маяк” воспользуемся универсальной номограммой представленной в подразделе (рисунок 3.1). Среднее количество навоза, получаемого от единицы крупного рогатого скота, в агрокомплексе составляет 35 кг. Используя исходные данные по номограмме определяем количество электроэнергии. Номограмма для расчета в условиях ООО “Маяк” представлена на рисунке 4.1.

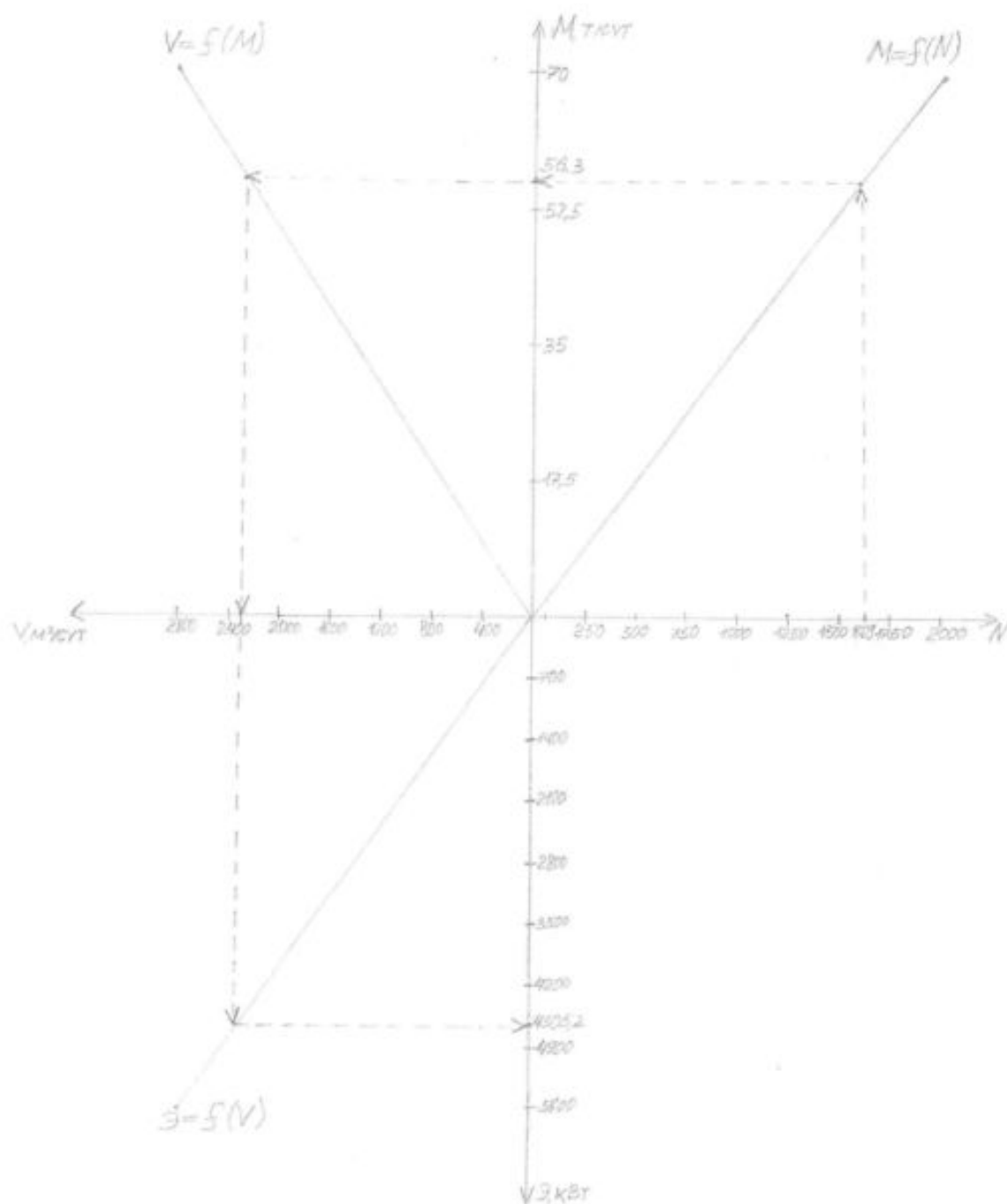


Рисунок 4.1 - Номограмма для расчета в условиях ООО "Маяк"

Для этого необходимо выполнить следующие этапы:

Шаг 1. На горизонтальной оси ON выбираем нужное количество КРС, в данном случае 1609 голов. Затем вертикально поднимаемся до пересечения с графиком функции $M=f(N)$. С точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с осью OM и получаем выход навоза 56,3 т/сутки.

Шаг 2. Далее проводим горизонтальную линию до пересечения с графиком функции с графиком $V=f(M)$. Затем опускаем вертикально до пересечения с осью OV и получаем объем выхода биогаза 2252,6 м³/сутки.

Шаг 3. Следующее, проводим вертикальную линию до пересечения с графиком функции $\Xi=f(V)$. С точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с осью OЭ и получаем 4505,2 кВт*час электроэнергии в сутки.

Результаты полученные при составлении номограммы заносим в таблицу 4.2.

Таблица 4.2–Результаты полученные по номограмме.

№	Показатели	Значения
1.	Суточный выход навоза из одного КРС.	35 кг
2.	Поступление биомассы в сутки.	56,3 т/сутки
3.	Объем биогаза	2252,6 м ³ /сутки
4.	Выработка электроэнергии из биогаза.	4505,2 кВт*час в сутки

Полученные расчеты позволяют выработать рекомендации по внедрению биогазовой установки, спроектировать генеральный план комбинированного электроснабжения животноводческого комплекса ООО Агрокомплекс “Ак Барс”, также разработать конструкторскую документацию предложенной установки.

4.3 Рекомендации по внедрению биогазовой установки

Имея производительность отходов 56,3 т за сутки, мы должны подобрать биоэнергетическую установку. Из всех рассмотренных биоэнергетических установок нам подходит Биоустановка БИО-50 компании “Агробиогаз”.

Биоустановка БИО-50 перерабатывает навоз крупного рогатого скота и производит из навоза биоудобрения. Производительность установки составляет 50 тонн навоза в сутки.[41]

Выход биогаза по проекту – 4500 м³/сутки

· Количество вырабатываемой эл.энергии -13000 кВтч/сутки

Производство биоудобрений по проекту 15 т/сутки

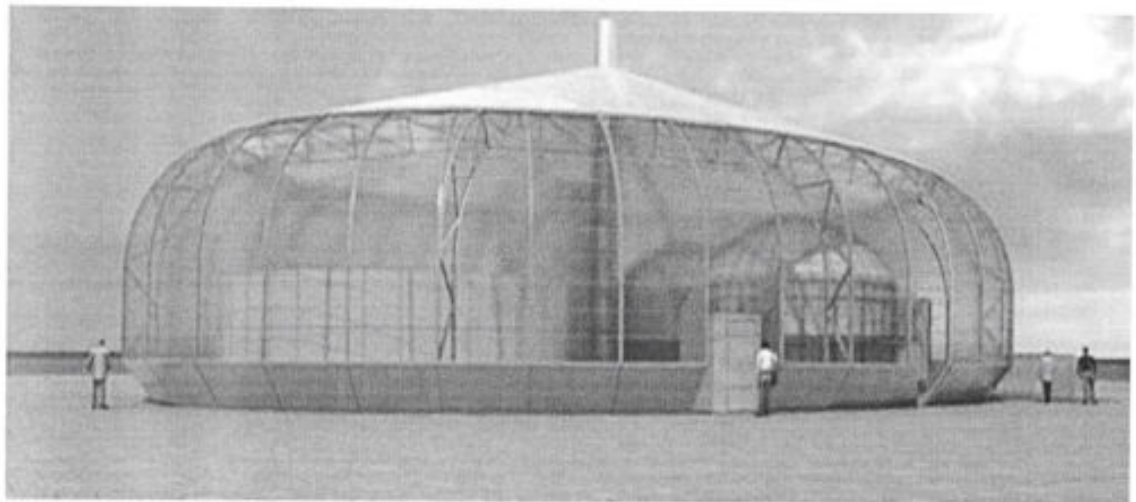


Рисунок 4.1–Биоустановка БИО -50.[41]

В состав БИО-50 входит:

- Приемная емкость;
- Гидролизная емкость №1;
- Ферментатор №1;
- Гидролизная емкость №2 ;
- Ферментатор №2 ;
- Газгольдер низкого давления ;
- Газгольдер среднего давления ;

- Газовый водогрейный котел;
- Газопоршневая электростанция ;
- Диспетчерская с системой АСУ;
- Цех фасовки биоудобрений;

Компания «Агробιοгаз» поставляет комплексные установки и Мини-ТЭС, работающие на биогазе. Это станции предназначены для выработки электроэнергии и тепла. Станция укомплектована газопоршневым агрегатом, теплообменником, шумоглушителем, каталитическим газонейтрализатором, имеет систему очистки газа, дополнительную систему последующей очистки , если есть необходимость. Вся система уже установлена в контейнер и поставляется в таком виде заказчику, что позволяет тратить меньше времени на монтаж и установку.

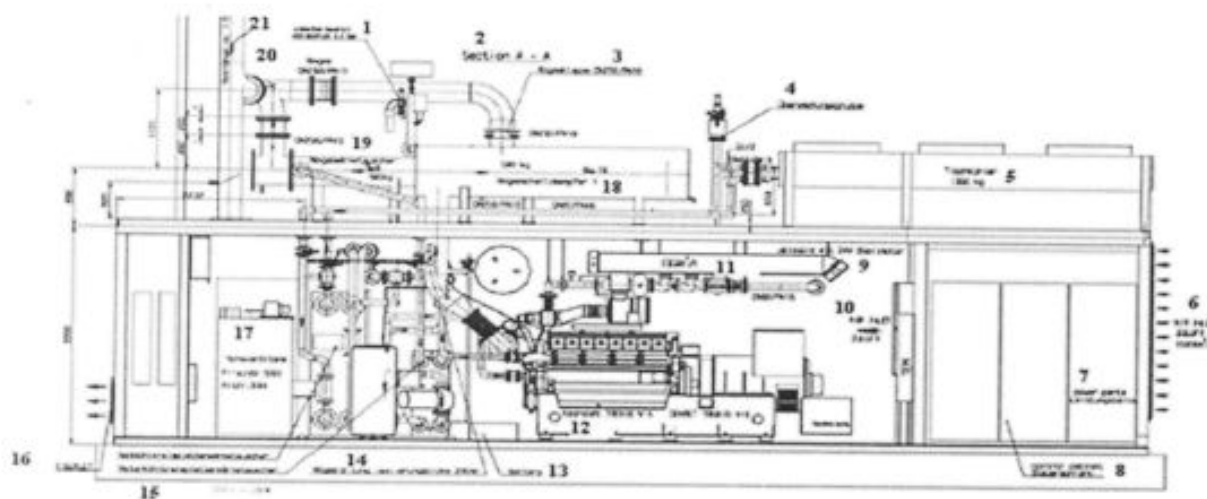


Рисунок 4.2–Контейнер Мини – ТЭС [41]

1. Предохранительный клапан, отсек А – А;
2. Заслонка для отработавших газов;
3. Группа контроля;
4. Радиатор;
5. Приточный воздух, 15000 м³/ч;

6. Силовые части;
7. Шкаф управления;
8. Жалюзи с сервоприводом 24 В;
9. Приточный воздух;
10. Канал воздуха для горения 2300 м³/ч;
11. Газопоршневой агрегат;
12. Аккумуляторная батарея;
13. Трубопровод отработавшего воздуха, толщина изоляции 200 мм;
14. Пластинчатый теплообменник контура аварийного охлаждения;
15. Выпуск воздуха;
16. Бак смазочного масла (свежее масло: 500л, отработанное масло: 300л);
17. Глушитель шума отработавших газов;
18. Теплообменник отработавших газов;
19. Отработавшие газы;
20. Длина трубы: прибл. 7,0.

Сельскохозяйственный производственный цикл с утилизацией образующейся биомассы образует замкнутый круг. Остатки, образовавшиеся в процессе анаэробного сбраживания, не имеют запаха, и их можно разбрасывать на полях в качестве биоудобрения в течение всего года.

Растения немедленно всасывают биоудобрения, поэтому они не загрязняют почву или грунтовые воды. Эти растения используются, например, в качестве корма животных, а жидкий навоз от животных утилизируется в установке на биогазе.

По методики изложенной в подразделе определяем суммарные приведенные затраты на строительство биоэнергетической установки.

Объем капитальных затрат на строительство Российских биогазовых установок производства ООО «Агробиогаз».

Таблица 4.3–Технические характеристики БИО -50

Производительность биоустановки по объёму переработки навоза, т/сутки	Производственная мощность, Вт	Объем биогаза, м3/сутк и	Кол –во вырабатываемой эл. энергии, кВтч/сутк и	Стоимость биоустановки и без когенератора, тыс.руб.	Стоимость биоустановки и с когенераторной станцией*, тыс.руб.
50	17146	4500	13000	25442	44882

Основные затраты для биогазовой установки являются капиталовложения, поэтому эффективность установки будет оцениваться не уровнем чистого дохода от ее эксплуатации, а себестоимостью получаемой электрической энергии.

1. Определяем количество энергии, выработанной за год БГУ по формуле (3.15) :

$$W_{\text{год}} = 500 * 5000 = 2500000 \text{ кВтч}$$

где $P_{\text{уст}}$ - 500 кВт; T_{max} - 5000 часов.

2. Годовые издержки на зарплату персонала определяем по формуле (3.16):

$$I_{\text{зп}} = 12 * 0,4 * 2500 * 20000 = 240\,000 \text{ руб}$$

где $n=0,4$ чел/МВт; $N_3=2500$ МВт; $Z_{пл}=20000$, руб/месяц.

Отчисления от зарплаты находим по формуле (3.17):

$$I_o = 0,3 \cdot 240000 = 72000 \text{ руб}$$

3. Ежегодные амортизационные отчисления находим по формуле (3.18):

$$I_A = 0,1 \cdot 57000100 = 5700,01 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на БГУ находим по формуле (3.19):

$$\Sigma I_B = 240000 + 72000 + 5700,01 = 317700,01 \text{ руб.}$$

Объем капиталовложений в вариант системы электроснабжения от БГУ зависят от следующих показателей: установленной мощности биогазовой установки, стоимость оборудования, расходы на строительно-монтажные, пуско-наладочные, проектно-изыскательские работы.

4. Суммарные капиталовложения в биогазовую станцию определяем из формулы (3.20):

$$K = 44882000 + 8976400 + 897600 + 2244100 = 57000100 \text{ руб}$$

где $K_{об} = 44882000$ руб;

$$K_{см} = (0,15 \div 0,2) \cdot 44882 = 8976400 \text{ руб};$$

$$K_{пр} = (0,05 \div 0,1) \cdot 8976,4 = 897600 \text{ руб};$$

$$K_{пн} = (0,03 \div 0,05) \cdot 44882 = 2244100 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на строительство БГУ определяем из формулы (3.21):

$$Z_{БГУ} = 317700,01 + 0,15 \cdot 57000100 = 8867715,01 \text{ руб.}$$

5. Экономическую эффективность проектных решений находим по

формулам (3.22),(3.23),(3.24),(3.25):

Ожидаемая прибыль:

$$\Pi_{\text{ож}} = 3 * 17146 = 51438 \text{ руб}$$

$$\Pi_{\text{ож}} = 55 * 17506 = 962830 \text{ руб}$$

При переработке навоза выход на каждые 1000 м³ газа 1021 кг удобрения, отсюда получаем:

$$M_{\text{бу}} = \frac{1021 * 17146}{1000} = 17506_{\text{Вт}}$$

Налог на прибыль:

$$H_{\text{пр}} = 1014268 * 0,20 = 202853,6 \text{ руб}$$

Чистая ожидаемая прибыль:

$$\Pi_{\text{ч}} = 1014268 - 202853,6 = 811414,4 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = 57000100 \div 811414,4 = 5,8 \text{ лет.}$$

Таблица 4.4–Результаты технико–экономической оценки установки

Показатели	Значения
Количество энергии, выработанной за год БГУ	2500000 кВтч
Суммарные капиталовложения	57000100 руб.
Чистая прибыль	811414,4 руб
Срок окупаемости капитальных вложений	5,8 лет

Исходя из результатов теоретических исследований была рекомендована биоустановка БИО - 50. Внедрение такой установки позволяет полностью покрыть расходы на электроэнергию, а также эффективно и безопасно утилизировать отходы, которые получаются в ходе производства. Разработаны сборочные чертежи общего вида спроектированной биогазовой установки и перемешивающего устройства и их спецификации.

Спроектированная биогазовая установка легко встраивается в систему электроснабжения ООО "Маяк". Нами предлагается к использованию генеральный план ООО "Маяк" с включением разработанной биогазовой установки в систему электроснабжения животноводческого комплекса.

4.4 Перспективы дальнейшей разработки темы

Биогазовые технологии – это эффективный способ обезвреживания и переработки различных биомасс, с одновременным получением тепловой и электрической энергии. Биотехнологическая переработка сельскохозяйственных отходов позволяет одновременно решать и энергетические, и экологические задачи.

Перспективами дальнейших разработок являются исследования, направленные:

- на производство высококачественных удобрений, которые широко применяются в сельском хозяйстве;
- на утилизацию животноводческих отходов III и IV класса опасности;
- на снижение расходов на содержание жижесборника;
- на создание новых технологий и технических средств, позволяющих обеспечить полностью все расходы по электроэнергии и по теплоснабжению.

ВЫВОДЫ

1. Одним из перспективных направлений сельскохозяйственных предприятий является электроснабжение на основе биогазовой установки. По результатам анализа технологий, конструкций, теоретических исследований биогазовых установок выявлено, что биогаз, как дополнительный источник энергии может быть эффективно использован в сельскохозяйственной деятельности и в быту сельских жителей.

2. Разработаны методологические основы электроснабжения сельскохозяйственных предприятий на основе биогазовых технологий.

3. Проведены теоретические исследования по энергообеспечению сельскохозяйственных предприятий на основе биогазовой установки, на основе которой разработана универсальная номограмма для определения выхода электрической энергии в зависимости от количества отходов сельскохозяйственных животных.

4. Обоснованы тип и характеристика биогазовой установки для использования в конкретных сельскохозяйственных предприятиях. Установлено, что для электроснабжения потребности хозяйства при количестве 1500 – 2000 КРС удовлетворяет установка с мощностью 3000 – 4000 кВт.

5. Апробация результатов в условиях ООО «Маяк» показало, что внедрение биоустановки БИО – 50 позволит за год утилизировать 18 250 т навоза крупного рогатого скота, из которых можно выработать 455 МВт электроэнергии в год. Суммарные капиталовложения составляют 57 млн.рублей. Срок окупаемости проекта составляет 5,8 лет, а это значит что после 5,8 лет проект будет приносить большую прибыль, за счет экономии на электроэнергии, за счет безопасной утилизации отходов и за счет выпуска удобрений, что принесет дополнительный доход. Так же не мало важным

фактором является улучшение экологической ситуации на производстве и вблизи него. Минусом внедрения биоэнергетических установок является большие капитальные вложения на строительство, закупку оборудования, это связано с применением новых технологий и знаний в этой сфере, но технологический прогресс не стоит на месте и возможно в скором будущем большая часть сельскохозяйственного комплекса перейдет именно на такое автономное электроснабжение. В целом можно сказать что строительство биоэнергетической установки на предприятии ООО "Маяк" будет является целесообразным, эффективным, позволит сберечь энергетические ресурсы и в будущем станет источником дополнительного дохода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шомин А. А. Биогаз на сельском подворье. – Балаклея: Информационно-издательская компания "Балаклийщина", 2002 – 68с.
2. Актуальные проблемы энергетики АПК /Под ред. А.В. Павлова. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2013 – 378 с.
3. Тугов А. Н. Киловатты из мусора // Твердые бытовые отходы. -2007. - № 1. 11-16 с.
4. Колотырин К. П. Управление развитием эколого-экономических систем в сфере обращения с отходами потребления. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д. э. н. по специальности 08.00.05. -Саратов, 2010, - 39 с.
5. Шудегов В. Е. Обращение с отходами: проблемы законодательного обеспечения и государственное регулирование // Твердые бытовые отходы. - 2007. - № 1.- 4-9 с.
6. Принцип «отходы - в доходы» -наш принцип! // Твердые бытовые отходы. - 2010. - № 10. - 26-29 с.
7. Билитевски Б. Сжигание отходов: опыт Германии // Твердые бытовые отходы. - 2007. - № 1. - 4749 с.
8. Сурков Д. П. Британии придется импортировать мусор, чтобы «прокормить» новые перерабатывающие заводы //Рециклинг отходов. -2010. - № 4. 23 с.
9. Волкова, Г. П. Пекин через несколько лет ожидает «мусорный кризис» // Рециклинг отходов. - 2009. -№ 3. - 27 с.
10. Образовательный портал [электронный ресурс] / Лисичкин Г. В. Экологический кризис и пути его преодоления //Режим <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/686.html>, свободный (Дата обращения 24.03.2018)

11. Васильев С. Управление отходами: из опыта ближнего зарубежья // Рециклинг отходов. - 2009. - № 3. - 22-25 с.
12. Обзор рынка переработки отходов // Твердые бытовые отходы. -2010. - № 5. - 42-46 с.
13. Кравченко Д.Б. Экономико-экологическое управление системой утилизации твердых бытовых отходов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.э.н. Кравченко Д.Б.
14. Сена, Л.А. Единицы физических величин и их размерности: учебно-справочное руководство / Л.А. Сена : - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1998. - 432 с.
15. Yitayal, A.A. Enhancement and Optimization Mechanisms of Biogas Production for Rural Household Energy in Developing Countries //International Journal of Renewable Energy Development. – 2015 – Vol.4, Issue 3 – P. 189-196
16. Saravanan, M. Experimental Study on Biogas Production in Batch Type Digester with Different Feed Stocks / M. Saravanan, K. Manikandan// International Journal of Research in Environmental Science and Technology. – 2012 – Issue2 – P. 132-135.
17. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития / Л.С. Орси́к [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008 – 404 с.
18. Тихонравов, В.С. Ресурсосберегающие биотехнологии производства альтернативных видов топлива в животноводстве: Научно-аналитический обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011– 52 с.
19. Scott Frazier, R. Biogas Utilization and Cleanup: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://articles.extension.org/pages/30312/biogas-utilization-and-cleanup> (Дата обращения 16.10.2018)
20. Методы повышения качества биогаза В.Т. Джамулуев [и др.] // Вестник Чеченского государственного университета. – 2014 –№1, Ч.I. – С. 40-44.

21. Боровой, И.А. Разработка технологии очистки биогаза от сероводорода с помощью жидкого поглотителя в скрубберной схеме / И.А.Боровой, В.Г. Колобродов, Э.А. Винокуров //I Межд. конф. «Энергия из биомассы»: тез.доклада, 23-26 сентября, 2002 – Киев. –С. 185-187.

22. Некрасов, В.Г. Системы газоснабжения метаном на основе биогазовых установок // Газовая промышленность. – 2000 – №2. – С.36-38.

23. Компания «ДИО экспорт» / Биогазовые установки для животноводческих комплексов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrodio.com/state/АН:-1.200002242275>. (Дата обращения 10.12.2018)

24. Абзалова Л.А. Проблемы и перспективы развития биогазовых технологий/ Сборник материалов III Поволжской научно-практической конференции. – Казань: Редакционно-издательский отдел КГЭУ. – 2017. – Т. 2. – С. 189 -190

25. Сайт компании Siemens//Biofuel production.- [Электронный ресурс] Режим доступа-<http://www.industry.siemens.com /verticals/global/en/biofuelproduction/biogasplantspages/ default.aspx> (Дата обращения 16.12.2018)

26. Дубровский,В.Д. «Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов» / В.Д. Дубровский, У.А. Виестур, 1998, Рига «Зинатне».

27. Сариев В.Н. Пути достижения оптимального хозяйствования твердыми муниципальными отходами. М., 5, – 2005. – 73-75 с.

28. Бударин, В.А. «Определение воздействия жидких органических удобрений (ЖОУ) на черенкование и развитие некоторых видов растений» / В.А. Бударин, С.К. Кыдыралиев, В.И. Цветчих, Л.В. Бударина. Институт энергетики и электроники ЮО НАН КР, Институт биосферы ЮО НАН КР, Областной детский центр экологии, краеведения и технического творчества (ОДЦ ЭКиТТ), г. Джалалабад.

29. Дубровский,В.Д.«Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов» / В.Д. Дубровский, У.А. Виестур, 1998, Рига «Зинатне».

30. Лашинский А. А, Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник . Л.: Машиностроение, – 1991. – 382 с.
31. Кондауров П. П. Газоснабжение сельскохозяйственных предприятий с использованием альтернативного источника энергии биогаза в замкнутом цикле обработки и утилизации отходов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / СПбГАСУ.-СПб.: СПбГАСУ, 2007.- 21 с.
32. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин.- М.: Кнорус, 2010. - 228 с.
33. Кравченко Д.Б. Экономико-экологическое управление системой утилизации твердых бытовых отходов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.э.н. Кравченко Д.Б.
40. Сена, Л.А. Единицы физических величин и их размерности: учебно-справочное руководство / Л.А. Сена : - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1998. - 432 с
34. Сайт компании ООО “Агробιοгаз” // Свойства биоудобрений.- [Электронный ресурс] - [http://www. agrobiogaz.ru/properties.php](http://www.agrobiogaz.ru/properties.php) (Дата обращения 18.03.2019)



СПРАВКА о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Батыршин Эльвир Габдулфартович
Подразделение	кафедра машин и оборудования в агробизнесе
Тип работы	Магистерская диссертация
Название работы	Разработка и исследование комбинированного энергоснабжения сельскохозяйственного предприятия с применением биогазовой установки
Название файла	ВКР Батыршин Л.Г..docx
Процент заимствования	28.51 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	1.03 %
Процент оригинальности	70.45 %
Дата проверки	17:49:36 07 февраля 2021г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Модуль поиска "КГАУ"; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты НББ; Коллекция Патенты; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Переводные заимствования
Работу проверил	Нуруллин Эльмас Габбасович ФИО проверяющего
Дата подписи	07.02.2021г.  Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.