

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ИСЛАМА КАРИМОВА**

БИОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**



Ташкент 2019

Биогазовые технологии и установки: Методические указания к выполнению курсового проекта. Сост.: Умирова Н.Р. -Ташкент: ТашГТУ, 2019.

Методические указания составлены в соответствии с программой курса “Биогазовые технологии и установки” и предназначены для закрепления теоретических знаний, изложенных в лекционных курсах при выполнении курсового проекта.

Данный проект охватывает следующие разделы: расчеты параметров биогазовой установки для коровника–откормочника, Определение основных параметров и энергопроизводительности установки, расчеты технико-эксплуатационных и энергетических параметров, определение показателей энергосбережения от применения биогазовой установки, определение мощности системы отопления и приточной вентиляции коровника-откормочника и затраты топлива на теплоснабжение.

Методические указания рассчитаны на студентов – бакалавров направления 5312400 – “Альтернативные источники энергии”.

Печатаются по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова.

Рецензенты: профессор, д.т.н. Ш.Ж.Имомов (ТИИИиМСХ);
доцент, д.т.н. И.А.Юлдашев (ТашГТУ)

© Ташкентский государственный технический университет,
2019

ВВЕДЕНИЕ

В связи с истощением запасов органического топлива и его удорожанием добычи ведется поиск альтернативных путей энергообеспечения потребителей. Одним из таких направлений является внедрение энергосберегающих систем, использующих местные энергетические ресурсы.

Животноводческие помещения требуют значительного расхода топлива и электроэнергии, т.к. является энергоёмким. Навоз животных по определенной технологии может быть использован для получения биогаза и органического удобрения. Во многих случаях этот метод энергетического самообеспечения животноводческих ферм обладает рядом преимуществ.

На животноводческих фермах накапливается большое количество навоза, энергия которой может быть полезно использована потребителем, при этом снижается загрязнение окружающей среды. Анаэробное сбраживание обеспечивает обезвреживание навоза и сохранение его как удобрения при одновременном получении локального источника энергии – биогаза. Полученный биогаз можно использовать в системах теплоснабжения различных объектов. После дополнительной очистки биогаз можно использовать для работы газовых электрогенераторов, вырабатывающих электрическую энергию.

В дисциплине «Биогазовые технологии и установки» изучаются основные понятия и определения биоэнергетики, основы биоэнергетики, методы определения выхода биогаза, основные технические схемы и энергетические характеристики современных типов биогазовых установок, построение технологических и принципиальных схем биогазовых установок, определения конструктивно-технических параметров биогазовых установок, изучение принципа расположения биореакторов и особенности расчетов технических и экономических ресурсов альтернативных источников энергии в мире.

Курсовой проект представляет собой достаточно сложную задачу, связанную с проектированием и эксплуатацией биогазовых технологий.

Целью курсового проекта является изучение основных этапов метаногенеза, определение мощности системы отопления и приточной вентиляции коровника-откормочника и затраты топлива на теплоснабжение.

В курсовом проекте определена мощность системы отопления и приточной вентиляции коровника–откормочника и затраты топлива на теплоснабжение.

Произведен расчет параметров биогазовой установки, работающей в мезофильном режиме, а также полезный выход биогаза. Определены показатели энергосбережения в системе подогрева приточного воздуха и горячего водоснабжения коровника за счет использования вырабатываемого на ферме биогаза.

Приведены расчеты параметров биогазовой установки, работающей в мезофильном режиме, а также полезный выход биогаза. Определены показатели энергосбережения в системе подогрева приточного воздуха и горячего водоснабжения коровника за счет использования вырабатываемого на ферме биогаза.

Эффективность биогазовых установок существенно зависит от выбора технологической схемы переработки навоза, а также способа обогрева и термостатирования метантанков.

При выполнении курсового проекта студент должен самостоятельно научиться:

1. Производить расчеты параметров биогазовой установки для коровника–откормочника.
2. Определять основные параметры и энергопроизводительность установки.
3. Производить расчет технико-эксплуатационных и энергетических параметров.
4. Определять показатели энергосбережения от применения биогазовой установки.

В данном курсовом проекте биореактор

Эффективность биогазовых установок существенно зависит от выбора технологической схемы переработки навоза, а также способа обогрева и термостатирования метантанков.

В курсовом проекте студенты могут самостоятельно производить расчеты параметров биогазовой установки для коровника–откормочника на 1000 голов. Определены основные параметры и энергопроизводительность установки. Произведен расчет технико-эксплуатационных и энергетических параметров. Определены показатели энергосбережения от применения биогазовой установки.

При изучении данной работы студент также научится определять мощность системы отопления и приточной вентиляции коровника-откормочника и затраты топлива на теплоснабжение.

С экологической точки зрения, большой интерес для эко-предприятий предоставляет возможность путем брожения переработать азот на подходящее для хранения вещество. Аргументом в пользу строительства биогазовой установки может быть также создание рабочего места для будущего владельца хозяйства. Может быть важной возможностью выведения своих сточных вод в биогазовую установку вместо подключения дорогой канализации. Принципиально при строительстве биогазовой установки стоит учесть такие аспекты:

- С помощью биогазовой установки нельзя оздоровить предприятие, переживающее кризис. Биогазовые установки, однако, могут помочь поддержать эффективным предприятиям оставаться такими же эффективными.

- Инвестиция в биогазовую установку связана с долгосрочным капиталовложением. Поэтому строительство установки должно быть хорошо рассчитано с учетом перспективы!

- В связи с возрастанием количества биогазовых установок, в некоторых регионах возникает нехватка посадочных площадей для выращивания субстрата, что в свою очередь увеличивает цену аренды земли. Для владельцев установок, непосредственно зависящим от аренды либо покупки сырья это значит большой риск. Поэтому важно провести расчеты по долгосрочному доступу к сырьевой базе.

- Рентабельность установок, несмотря на высокое вознаграждение за выработанную энергию все равно легко потерять. Поскольку покупка электроэнергии является гарантированной, кроме затрат на сырье и цены за аренду, решающее значение может иметь и использование тепла. Поэтому стоит разрабатывать концепции с высокой эффективностью использования тепловой энергии.

- Метановые бактерии требуют к себе такого внимания как животные в хлевах. Это значит, что успешная эксплуатация биогазовой установки требует специальных знаний. Именно поэтому стоит уделять внимание образованию и повышению квалификации обслуживающего персонала, созданию у него соответствующей заинтересованности.

- Эксплуатация невозможна без надзора и проведения профилактических работ.

- При вывозе навоза после установки на поля существует опасность потери аммиака. Поэтому стоит использовать специальную технику с подачей на грунт через шланги.

С учетом этих обстоятельств биогазовая установка может быть интересной и целесообразной при следующих условиях:

- Необходимо иметь навоз минимум от 100 голов КРС.

- Большая часть самостоятельно выполненных работ при строительстве помогает снизить потери и может существенно улучшить рентабельность и предоставит необходимые для будущего знания, которые пригодятся для устранения неполадок.

- Для установок, работающих лишь на возобновляемых ресурсах полезно иметь большие собственные площади для выращивания энергетических растений с целью избегания рисков, связанных с ценой аренды земли. Установка, работающая преимущественно на приобретаемом сырье либо на арендованной земле, может минимизировать эти риски путем заключения долгосрочных договоров на поставку и аренду.

- Если есть возможность дешево и на протяжении длительного времени получать соответствующие продовольственные отходы, то это может значительно повлиять на рентабельность установки и сэкономить на покупке удобрений. Рентабельность установки не должна пребывать в зависимости от поступления субстратов или, по крайней мере, должна быть гарантирована долгосрочными контрактами.

- Коммуны и фирмы, имеющие проблемы с утилизацией жидких органических отходов, могут их решить с помощью биогазовой техники.

- Если есть потребность в установке резервуаров для навоза, то их с успехом можно использовать для производства биогаза.

- Фермеры, имеющие проблемы с эмиссией неприятных запахов при хранении и вывозе гноя на поля, могут иметь большую выгоду от биогазовой установки.

- Площади сельскохозяйственного применения на территориях проведения водозабора могут легче защититься от попадания нитратов в грунтовые воды.

- Фермеры, работающие в секторе экологического сельского хозяйства, безотходного хозяйства, длительного использования сельскохозяйственных ресурсов, защиты окружающей среды - получают в свое распоряжение наилучший инструмент для этого.

Технологическая схема биогазовой установки приведена на листе 2 графической части.

Варианты курсового проекта выбираются на основе порядкового номера по классному журналу в соответствии таблицы 1.

Таблица 1.

Варианты курсового проекта

№	c_i (л/ч)	n_i (шт)	k	c_1 (л/м ³)	c_2 (л/м ³)	$t_{ГВ}$ (°С)	$t_{ХВ}$ (°С)
1	47	1000	1	2	0,3	60	6
2	47	1100	1	2	0,31	62	6
3	47	1200	1	2	0,32	64	8
4	47	1300	1	2	0,33	66	8
5	47	1400	1	2	0,34	68	10
6	47	1000	1	2	0,35	70	10
7	47	1100	1	2	0,36	72	12
8	47	1200	1	2	0,37	74	12
9	47	1300	1	2	0,38	76	14
10	47	1400	1	2	0,39	78	14
11	47	1500	1	2	0,4	80	16
12	47	1600	1	2	0,41	82	16
13	47	1700	1	2	0,42	84	18
14	47	1800	1	2	0,43	86	18
15	47	1900	1	2	0,44	88	20
16	47	2000	1	2	0,45	90	20

Некоторые сведения о процессах и сырье для метанообразования

1. Цели использования биогазовой технологии

- Производство высококалорийной энергии
- Производство высококачественных удобрений
- Уменьшение интенсивности запахов
- Уменьшение агрессивного разъедающего действия
- Улучшение показателей текучести
- Уменьшение загрязнения воздуха аммиаком и метаном
- Предотвращение потери питательных веществ
- Уменьшение вымывания нитратов
- Лучшая приспособляемость к потреблению растениями
- Улучшение здоровья растений

- Гигиенизация гноя
- Уменьшение способности к прорастанию у семян сорняков
- Переработка органических отходов
- Экономия на затратах подключения к канализации.

1.1 Гидравлическое время брожения

Гидравлическое время брожения - это время, которое субстрат теоретически пребывает в ферментаторе. Для ферментаторов с полным смешиванием оно является рассчитываемой средней величиной. Для ферментатора, в котором продвижение субстрата происходит как движение единой пробки (тромба), теоретическое время более точно соответствует фактическому времени брожения, поскольку исходят из того, что большая часть внесенного субстрата проталкивается через весь ферментатор как одна пробка. Поэтому одни и те же субстраты требуют в системе полного смешивания более длительного времени брожения, чем в системах горизонтального протекания.

Время брожения субстрата в ферментаторе рассчитывается исходя из разлагаемости субстрата. Легко разлагаемые требуют более короткого времени нежели тяжело поддающиеся разложению субстраты.

В качестве единицы измерения для минимального времени разложения в ферментаторе служит время генерации соответствующего вида бактерий. Потому что если время для брожения будет выбрано настолько коротким, что они не успеют удвоить своей бактериальной массы, то соответственно теряется и нетто масса бактерий в ферментаторе и падает газообразование. Вот некоторые группы бактерий для удвоения своей бактериальной массы требуют до 10 дней, то есть этот промежуток времени и является нижней границей необходимого времени для брожения.

Верхняя граница времени для брожения определяется техническим и экономическим видением. Настает такой момент, когда количество вырабатываемого газа так мало, что увеличение объема ферментатора будет дороже чем добытый газ.

Время брожения субстрата в ферментаторе вместе с температурой брожения имеет большое влияние на степень разложения, выход газа и добычу газа. Краткое время брожения приводит к сильному **фугасному действию** (в соотношении на м³ бродильной камеры), поскольку в первую очередь разлагаются легко

поддающиеся субстраты. Но если посмотреть на все количество подаваемого органического субстрата, то короткое время брожения связано с плохим *выходом газа* (в отношении к кг орган.СВ) и с незначительной степенью разложения. При длительном времени разложения, наоборот, увеличиваются добыча газа и степень разложения, а фугасное действие на м³ ферментатора уменьшается. Влияние времени брожения на добычу газа, в отношении на количество органической сухой субстанции. Из него четко видно, что существует большая разница между субстратами, происходящими от разных животных. Птичий помет в термофильном режиме уже при 30 днях брожения считается значительно «потерявшим свои газообразующие свойства», в то время, как жидкий навоз скота и свиней для этого требуют около 40 дней, а твердый навоз - 50 дней. Далее по изменению кривой видно, что больше всего газа образуется на начальном этапе брожения, в то время, как на конечном этапе лишь небольшое количество. На практике отказываются от самых последних стадий с незначительным процентом добычи газа.

Похожая зависимость при брожении энергетических растений и других органических остатков.

Время брожения рассчитывается путем деления объема бродильной камеры на ежедневно подаваемое количество субстрата.

Среднее время брожения с 1985 г. возросло с 35 до 51 дня. Эти данные получены после внедрения федеративной программы по измерению длительности брожения на биогазовых установках, хотя в 2004 г. показатели были еще выше. Согласно этим исследованиям 55% установок работают в среднем с периодом брожения от 60 до 120 дней.

Конечно-же с экономической точки зрения целесообразно рассчитывать время брожения и связанный с этим размер ферментатора как можно точнее, поскольку это напрямую связано с затратами на строительство. И все-таки время брожения надо выбирать так, чтобы

- загрузка ферментатора не превышала 4 кг орган.СВ м³/день;
- изменения в составе и количестве субстрата оставались в определенных пределах;
- чтобы для установки оставался потенциал для расширения.

Поэтому при расчете размеров ферментатора надо учитывать дополнительных 20% размера резервуара.

Для субстратов, которые быстро разлагаются и склонны к

переокислению, а также для субстратов с высоким содержанием азота и способных вызвать аммиачную задержку в развитии бактерий, необходимо учитывать более длительное время брожения.

Для субстрата в виде жидкого навоза предварительно действуют такие сроки брожения:

- 20 - 25°C процессуальная температура, 60 - 80 дней брожения;
- 30 - 35°C процессуальная температура, 30 - 50 дней брожения;
- 45 - 55°C процессуальная температура, 15 - 25 дней брожения.

Для энергетических растений время брожения в ферментаторе должно составлять как минимум 42 дня. Субстраты, происходящие из отходов переработки агропромышленности, как правило, имеют более короткий период брожения от 20 до 35 дней.

В лабораториях газоанализа в основном через 4 -6 недель, в зависимости от вида субстрата, заканчивают исследование по скорости газообразования, поскольку количество образованного газа после этого минимально. Если к этому периоду добавить еще запасных 2 недели, так как в лаборатории всегда удается создать лучшие рамочные условия, чем на практике, то минимальный срок 50 дней для сельскохозяйственной практики вполне реалистичен.

1.2. Состав и качество биогаза.

Поскольку только метан поставляет энергию из биогаза, целесообразно, для описания качества газа, выхода газа и количества газа все относить к метану, с его нормируемыми показателями. Объем газов зависит от температуры и давления. Высокие температуры приводят к растяжению газа и к уменьшаемому вместе с объемом уровню калорийности и наоборот. Кроме того, при возрастании влажности калорийность газа также снижается. Чтобы выход газа можно было сравнить между собой, необходимо их соотносить с нормальным состоянием (температура 0°C, атмосферное давление 1,01325 bar, относительная влажность газа 0%). В целом данные о производстве газа выражают в литрах (л) или м³ метана на кг органического сухого вещества (оСВ), это намного точнее и красноречивее нежели данные в м³ биогаза в м³ свежего субстрата.

Если не указано ничего иного, то данные для расчетов, указанные в этой книге приводятся именно в таком измерении. В прошлом не всегда обращали внимание на эту взаимосвязь, что привело к малой пригодности старых данных о производстве газа, в них попросту отсутствуют данные о температуре, атмосферном

давлении, содержании метана, содержании сухого вещества и органического сухого вещества.

Даже в лабораторных условиях при исследовании одинаковых субстратов получаются разные результаты по производству газа. Причина этого кроется в разных методах, с помощью которых проводились такие измерения в лаборатории. Одни делали измерения для свежего субстрата, другие для сухого, одни с силосованным материалом, другие с несилосованным, в резервуарах от 0,5 литров до 10 литров и т.д. В зависимости от рамочных условий результаты отличались между собой. На сегодняшний день актуален вопрос о приведении к нормам используемых методов измерения. Именно из-за большой разницы в методах измерения при определении характерных параметров, таких как выход газа, уже на стадии планирования важно проверить действительность числовых величин и следить за тем, чтобы в основу закладывались реалистические показатели, которые бы соответствовали необходимым рамочным условиям.

Качество биогаза определяется в первую очередь содержанием метана либо соотношением горючего метана (CH_4) к «бесполезной» двуокиси углерода (CO_2). Двуокись углерода разбавляет биогаз и вызывает потери при его хранении. Поэтому важно стремиться к высокому содержанию метана и как можно низкому содержанию двуокиси углерода.

Достижимое обычно содержание метана колеблется между 50 и 75%. Как правило, содержание CO_2 измеряют с помощью прибора «Brigon» и после вычета небольшого количества остальных газов (2 - 8%) вычисляют содержание CH_4 .

Содержание метана в биогазе в первую очередь определяется следующими критериями:

- **Ведение процесса:** в то время как в одноступенчатых биогазовых установках весь процесс анаэробного разложения происходит в одном ферментаторе, одним этапом, и таким образом весь газ выделяется как смесь газов, в двуступенчатых установках, выработанный на первом этапе газ, состоит в большой степени из двуокиси углерода и других энергетически малоценных газов, выводящихся в окружающую среду. Вырабатываемый на втором этапе газ имеет высокий процент содержания метана, который может составлять и более 80%.

- **Состав питательных веществ субстрата:** количество и качество произведенного биогаза зависят от количества внесенных веществ и их состава. Протеины и жиры имеют более высокое содержание метана. Для богатых на углеводы субстратов, как, например, кукуруза можно рассчитывать на содержание метана в среднем 53%.

- **Температура субстрата:** на практике оказалось, что при высокой температуре ферментатора выход метана более плохой, чем при низких температурах. Это происходит через различия в растворимости и образованием газовой двуокиси углерода. Чем большее количество CO_2 перейдет в газовидную форму, тем меньшей будет процентная доля CH_4 в биогазе.

После метана и двуокиси углерода, **сероводород** (H_2S) является важнейшей составляющей газа. Сероводород очень агрессивен и вызывает коррозию, что в первую очередь вызывает проблемы с арматурой, газовыми счетчиками, горелками и двигателями. Поэтому необходимо очищать биогаз от серы. Очищенный от серы биогаз почти не имеет запаха.

Кроме того, в биогазе содержатся следы **аммиака**, элементарного **азота**, **водорода и кислорода** общим содержанием от 6 до 8%. Сероводород и аммиак можно легко замерять с помощью трубки Дрегера. Такие трубки можно использовать многократно.

Газ, только что поступивший из биогазовой установки, насыщен водным паром. Возможно, что пар содержит также следы еще малоисследованных растворенных веществ, способных вызывать проблемы при сжигании биогаза в котлах и двигателях. Например, на биогазовой установке в Рипперсхаузене непонятным образом образовывались пушистые хлопья, которые создавали в сжигательной камере котла толстые наслоения. Потребовалось длительное время, чтобы установить, что эта «белая сажа» является оксидом кремния, возникающим вследствие коферментации силиконосодержащих косметических мазей как результат сложных химических реакций (образование силанов). Сушка биогаза является очень важным этапом по обогащению газа. С помощью конденсированной воды сепарируют также большое количество содержащегося в биогазе аммиака, вызывающего коррозию и эрозию металлических поверхностей, а также большие повреждения двигателей, особенно на подшипниках из цветных металлов.

1.3 Субстраты.

О пригодности субстрата для брожения нельзя судить лишь по одному выходу биогаза. Наоборот, необходимо принимать во внимание целый ряд дополнительных факторов.

Если, например, использовать биоотходы, то строительство и эксплуатация установки должны согласовываться с правилами работы с отходами. Это значит, что необходимо соблюдать особые условия. Например, разделение на чистые и нечистые половины (поставка и вывоз). Такие особые правила имеют влияние не только на составление документации, но и на затраты и рентабельность установки, и должны быть поэтому своевременно хорошо продуманы.

Похожие правила действуют для субстратов как то сепарированный жир или отходы продуктов питания. Они хоть и дают большой выход метана, но вызывают частично очень высокие требования, связанные с разрешениями от государства и техническими потерями, поскольку все они попадают по классификации под требования к побочным продуктам (ЕС №. 1774/2002).

Субстраты с высоким содержанием воды, к каковым относятся барда, достаточно неэффективно занимают ферментаторы, требуют места для хранения и приносят по сравнению с количеством вносимого материала небольшое количество газа.

Субстраты с большой плотностью энергосодержащих веществ, то есть с большим содержанием сухого вещества (напр. (остатки зерна) являются наиболее эффективными как с точки зрения хранения, так и занимаемого места в ферментаторе, но быстро вызывают биологические нарушения в процессе и поэтому не могут быть использованы в больших количествах.

Быстроразлагаемые субстраты - сахарная свекла, отходы продуктов питания и др., приводят к стремительному переокислению ферментатора, поэтому мало подходят для брожения в чистом виде. Поэтому стоит их использовать в смеси с другими субстратами.

Необходимо также учесть их способность к хранению, консервированию и затраты на хранение и подачу таких субстратов. Например, свеклу длительное время можно хранить в подкисленном состоянии, если хотите сохранить ее высокое качество. Такие требования, в свою очередь, тоже требуют больших

капиталовложений в технические средства. Хранение силосной кукурузы, наоборот, с технической точки зрения очень простое, но требует больших площадей.

Также следует следить за чистотой субстратов. Кормовая и сахарная свекла заносит в ферментатор прикрепившиеся к ним землю и камни, так что для них необходимо предусматривать очистку от выпадающих осадков.

В субстратах, происходящих от агропромышленности и сопутствующих перерабатывающих предприятий, могут содержаться вредные вещества. При использовании таких материалов необходимо проводить соответствующие (регулярные) исследования с целью обеспечения надежности процесса.

Для возобновляемого сырья, кроме выхода газа, важную роль играет также экономически оправданное его выращивание; это включает в себя факторы как производительность посевных площадей под культуры, урожайность и содержание питательных веществ, уровень производительности, затраты на подготовку (урожай и его транспортировка), а также цена аренды посевных площадей.

Длительная доступность субстратов требует планирования. Если будут использоваться косубстраты, то гарантией их поставок должны являться как можно более длительные контракты на поставки. Установки, слишком зависящие от арендованных земель, более подвержены риску, нежели установки, работающие преимущественно на сырье со своих полей. По этой причине необходимо заключать как можно более долгосрочные контракты аренды.

Не в последнюю очередь бонусная система Закона ЕС о возобновляемых источниках энергии, влияет на выбор субстратов. Все субстраты, которые специально не производятся для биогазовых установок, теряют бонус для возобновляемых источников энергии в размере 6 центов/кВт/час. Если провести оценку допущенных к использованию в сельскохозяйственных биогазовых установках субстратов, то выгодные с экономической, правовой и биологической точки зрения, наиболее подходящими окажутся группы промышленно производимых удобрений и возобновляемых энергоресурсов.

Резюмируя, при выборе субстрата необходимо учитывать такие аспекты:

- Влияние на получение разрешения и законодательные требования к строительству и эксплуатации

- Влияние на технику и эксплуатационные затраты
- Хранение и консервирование
- Производительность площадей, затраты на производство и хранение
 - Загрузка пространства бродильной камеры и эффективность
 - Биологические факторы, влияющие на процесс
 - Плата за произведенную электроэнергию
 - Доступность субстрата

1.4 Использование биогаза.

В первую очередь необходимо стремиться использовать содержащуюся в биогазе энергию настолько эффективно, насколько это возможно, а особенно его способность производить высокие температуры и энергию. Для превращения в тепло с низкой температурой, применять биогаз неэффективно, поскольку его можно получать и от коллектора солнечных батарей или от тепла работы двигателя.

Сжигание. Использование исключительно с целью термоэффекта при помощи горелки Бунзена или паяльной горелки, то есть, например, приготовление пищи на биогазе или применение для инфракрасного излучателя в отделении для выращивания молодняка сельскохозяйственных животных в нашей стране едва практикуется - несмотря на полное сгорание с небольшим выбросом вредных веществ. Приготовление пищи на биогазе получило распространение преимущественно в развивающихся странах (Китай, Индия, Непал и т.д.), в первую очередь из-за возрастающего сокращения горючей древесины. При использовании для инфракрасных излучателей колебания в качестве газа приводили к постоянным угасаниям пламени и к техническим проблемам по причине коррозии вызванной сероводородом.

Отопление биогазом. При отоплении биогазом различают отопительные котлы с атмосферными горелками небольшой мощности от 10 до 30 кВт, а также паяльные горелки для большей мощности. Отопительные котлы рассчитаны на работу одного накопителя, дающего тепло для дома, ферментатора, промышленного водоснабжения и по возможности для сушки соломы и зерна. Дешевой альтернативой котлу является перколятор (газовая колонка), работающий на одной атмосферной горелке и применяемый в первую

очередь для обогрева промышленного водоснабжения. Производительность пребывает в пределах 5-30 кВт. Для всех обогревательных устройств обязательно устанавливать предохранители (предохранитель от возгорания, контроля пламени), которые бы предотвращали вытекание несожженного биогаза.

Для применяемых сегодня преимущественно пленочных газгольдеров небольшого давления хоть и достаточно для работы самовсасывающих двигателей, но его недостаточно для котлов и перколяторов. В таких случаях требуется с регулятором давления. Для этого преимущественно используют кольцевые компрессоры с боковым каналом, которые работают тихо и с малым износом. Будь то насос с боковым каналом, центрифужный, ротационно-поршневой, винтовой или жидкостно-кольцевой, их применение будет зависеть от количества газа и его качества, а также от необходимой разницы в давлении. Согласно техническим нормам для защиты от взрывов, компрессоры для уплотнения газа должны либо газонепроницаемы или находиться в

Охлаждение при помощи биогаза. Тепло требуется в первую очередь в зимний период. Чтобы использовать избыток тепла также в летнее время, предлагаем использовать генераторы, вырабатывающие электроэнергию-тепло-холод. В них тепловая энергия в так называемых адсорбирующих установках трансформируется в холод и может потом применяться с целью охлаждения в больших ни установках. К сожалению, только их коэффициент действия очень мал. Такая форма использования почти не распространена.

Подача в сети общего пользования. Подача биогаза в сети общественного пользования открывает для производства биогаза новые перспективы. Это бы позволило использовать газ там, где он фактически нужен. Таким образом можно уменьшить большие потери из-за отсутствия использования избытка тепла двигателя и существенно улучшить общие показатели эффективности производства энергии. Директива ЕС создала правовые условия для открытости газотранспортных сетей общественного пользования для поступления в них биогаза и газа из биомассы (2001 г.). Однако, как и в случае с электроэнергией, существуют препятствия на национальном уровне, касающиеся транспортировки и потребления биогаза.

Первый шаг по очистке газа включает первичное фильтрование, после этого следует очистка от серы в отдельном устройстве, а третий

шаг (если удаление углекислого газа происходит сухим способом) будет включать обезвоживание и в конце-концов очистку от углекислого газа. Для очистки от углекислого газа или обогащения метана в биогазе можно применить следующие методы:

- Промывание
- Метод PSA (Pressure Swing Adsorption)
- Метод разделения мембраной
- Разжижение газа

Метод промывания под давлением базируется на разнице в растворимости углекислого газа и метана в воде. Углекислый газ под давлением всегда больше растворяется, чем метан и тем самым может быть отсепарирован. Это так называемое мокрое промывание газа является на сегодняшний день наиболее распространенным методом по очистке биогаза в Европе. Лишь в Швеции около 80% биогаза очищают при помощи этой технологии.

При использовании метода переменного давления речь идет о «адсорбировании» или так называемом «сухом методе» отделения углекислого газа. Биогаз при помощи компрессора (около 8-10 бар) прессуют в адсорбирующий резервуар. В нем углекислый газ остается на активированном угле или сите (молекулярные сита на основе углерода) и таким образом отделяется.

Еще одним вариантом является сепарация отдельных составляющих газа при помощи мембраны (метод разделения мембраной). Разная пропускная способность материала мембраны позволяет сепарировать как углекислый газ и диоксид серы вместе, но также и выборочно отдельно.

Если применять разжижение газа, этот метод еще называется сепарация биогаза при низких температурах, то используют разницу в температурах кипения для разных компонентов газа, чтобы разделить их как при дистилляции. Преимуществом разжижения газа является высокая степень очистки обогащенного газа. Этот метод был впервые испытан на биогазовой установке в Анкламе.

Дополнительно для подачи в общественную систему газопроводов, в зависимости от каждого отдельного метода очистки, применяют также другие технические средства:

- Подводящая линия для биогаза к линии газопровода общественного пользования
- Компрессорная установка
- Выверенный газомер

- Выверенный прибор измерения качества
- По возможности смесители газа, позволяющие например подмешивать высококалорийные газы (пропан, бутан)

Рентабельность очистки газа до качества природного газа оправдывает себя лишь при большом расходе топлива. Считается, что система очистки оправдывает себя для установок, производящих газа от 250 м³/час. До настоящего времени собрано еще мало практического опыта. В Австрии первая установка подает газ с 2005 г. очищенный газ в общественные газовые сети.

Если биогаз подавать в общественную систему газопроводов, то хоть и отпадает потребность в дорогостоящем генераторе, но в то же время требуется другое оборудование (либо рассчитанный на тепловые потребности генератор) для обеспечения процесса теплом.

Далее приводится вариант решения курсового проекта, расчеты воздухообмена и тепловой мощности системы отопления на ферме 1000 голов крупнорогатого скота.

Методические указания к курсовому проекту

2. Расчет параметров отопительно-вентиляционной установки и энергозатрат на теплоснабжение коровника

2.1 Расчет воздухообмена и тепловой мощности системы отопления

Расчет объема приточного воздуха определяют из условия растворения углекислоты до допустимой концентрации и предельно-допустимой концентрации и предельно допустимого содержания водяного пара. В этом случае происходит удаление и других вредных веществ (аммиак, сероводород и др.), выделяющихся в помещении в меньших количествах.

Подача приточного воздуха, необходимая для понижения концентрации углекислоты, вычисляется по формуле

$$L_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i n_i}{c_1 - c_2}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.1)$$

где c_i – количество углекислого газа, выделяемое одним животным или птицей данного вида, л/ч;

n_i – количество животных данного вида в помещении;

k – число видов животных;

c_1 – предельно допустимая концентрация CO_2 в воздухе помещения, л/м³;

c_2 – концентрация CO_2 в наружном воздухе ($c_2 = 0,3 \dots 0,4$ л/м³).

2

$$L_{CO_2} = \frac{47 \cdot 1000}{2 - 0,35} = 28484 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Подача приточного воздуха, необходимая для растворения водяных паров, определяется по формуле:

$$L_w = \frac{W}{d_g \rho_g \varphi_g - d_n \rho_n \varphi_n}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.2)$$

где ρ_g, ρ_n – соответственно плотность внутреннего и

наружного воздуха при соответствующей температуре.

$\varphi_в, \varphi_н$ – соответственно относительная влажность внутреннего и наружного воздуха.

$d_в, d_н$ – влагосодержание воздуха в помещении и наружного воздуха, г/кг.

Плотность воздуха определяют из следующей зависимости:

$$\rho = \frac{346}{273+t} \cdot \frac{p}{99,3}, \quad (2.3)$$

где p – расчетное барометрическое давление в данном районе, кПа.

Общее влаговыделение W , г/ч, в помещение для содержания животных определяется по формуле:

$$W = W_{ж} + W_{исп}, \quad (2.4)$$

где $W_{ж}$ – влаговыделение от животных, г/ч;

$W_{исп}$ – влаговыделение с мокрых поверхностей, г/ч.

Влаговыделение от животных определяется по формуле:

$$W_{ж} = n \cdot w \cdot k_t, \quad (2.5)$$

где w – выделение водяных паров одним животным, г/ч.

k_t – коэффициент, учитывающий изменение количества выделяемых животным водяных паров в зависимости от температуры воздуха внутри помещения:

$$W_{ж} = 151 \cdot 1000 \cdot 1,35 = 203850 \text{ г/ч.}$$

Влаговыделение с мокрых поверхностей помещения:

$$W_{исп} = \xi W_{ж} \quad (2.6)$$

где ξ – коэффициент, для коровников равный 0,1...0,25.

$$W_{исп} = 0,2 \cdot 203850 = 40770 \text{ г/ч}$$

Общее влаговыделение равняется:

$$W = 203850 + 40770 = 244620 \text{ г/ч}$$

Подача приточного воздуха, необходимая для растворения водяных паров равняется:

$$L_w = \frac{244620}{9,5 \cdot 1,189 \cdot 0,7 - 0,8 \cdot 1,378 \cdot 0,85} = 35100 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Необходимый воздухообмен L принимается по наибольшей из двух величин: L_w и L_{CO_2} . В нашем случае расчетный воздухообмен равняется:

$$L = L_w = 35100 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Кратность воздухообмена равняется:

$$k = \frac{L}{V}, \quad (2.7)$$

где V – объем помещения, $V = 6000 \text{ м}^3$.

$$k = \frac{35100}{6000} = 5,85.$$

В животноводческих помещениях следует предусматривать воздушное отопление, совмещенное с вентиляцией. Тепловую мощность системы воздушного отопления определяют на основании уравнения теплового баланса, составленного для холодного периода года /1/:

$$\Phi_{от} = \Phi_{огр} + \Phi_v + \Phi_{исп} - \Phi_{жс} \quad (2.8)$$

Поток теплоты $\Phi_{огр}$, теряемой помещением через наружные ограждения, определяется по формуле:

$$\Phi_{огр} = q_{от} \cdot V_n \cdot (t_e - t_n), \text{ Вт}, \quad (2.9)$$

где $q_{от}$ – удельная характеристика теплопотерь помещения
 $q_{от} = 1 \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{C} /1/.$

$$\Phi_{огр} = 0,407 \cdot 6000 \cdot (18 - (-22)) = 97680 \text{ Вт}$$

Тепловой поток Φ_B , расходуемый на нагрев приточного воздуха, определяем по формуле:

$$\Phi_B = 0,278 \cdot L \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_B - t_H), \text{ Вт}, \quad (2.10)$$

где ρ – плотность воздуха при t_B , кг/м³

C_p – удельная теплоемкость воздуха, $C_p = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^0\text{С}}$

$$\Phi_B = 0,278 \cdot 35100 \cdot 1,223 \cdot 1 \cdot (18 - (-22)) = 237990 \text{ Вт}$$

Поток теплоты $\Phi_{исп}$, расходуемый на испарение влаги с мокрых поверхностей помещения, определяется по формуле:

$$\Phi_{исп} = 0,278 \cdot 2,49 \cdot W_{исп}, \text{ Вт} \quad (2.11)$$

где 2,49 – скрытая теплота испарения воды, $\frac{\text{кДж}}{\text{г}}$

$W_{исп}$ – масса влаги, испаряющейся с поилок, кормушек и пола, грамм:

$$\Phi_{исп} = 0,278 \cdot 2,49 \cdot 40770 = 28222 \text{ Вт}$$

Поток теплоты $\Phi_{ж}$ выделяемой животными:

$$\Phi_{ж} = n \cdot q \cdot k_t, \text{ Вт}, \quad (2.12)$$

где q – поток свободной теплоты, выделяемой одним животным,

$$q = 263 \text{ Вт};$$

n – количество животных;

k_t – поправочный коэффициент, зависящий от температуры в помещении,

$$k_t = 0,75.$$

$$\Phi_{\text{ж}} = 1000 \cdot 263 \cdot 0,75 = 184100 \text{ Вт}$$

$$\text{Значит, } \Phi_{\text{от}} = 97680 + 237990 + 28222 - 184100 = 179792 \text{ Вт.}$$

2.2. Определение годового расхода топлива на теплоснабжение коровника

2.2.1. Расход теплоты на горячее водоснабжение животноводческого помещения.

Среднюю тепловую мощность системы горячего водоснабжения определим по среднесуточным нормам расхода горячей воды:

$$\Phi_{\text{ГВ}} = \frac{c_{\text{в}} \cdot q_{\text{зв}} \cdot n \cdot (t_{\text{зв}} - t_{\text{хв}})}{24 \cdot 3600}, \text{ Вт,} \quad (2.13)$$

где $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воды, $c_{\text{в}} = 4,19 \text{ кДж/ (кг } ^{\circ}\text{C)}$;

$q_{\text{ГВ}}$ – среднесуточная норма потребления горячей воды животными, кг/сутки;

n – число животных данной группы;

$t_{\text{ГВ}}$ – температура горячей воды, $t_{\text{ГВ}} = 60 \text{ } ^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ХВ}}$ – температура холодной воды, $t_{\text{ХВ}} = 5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$.

Значит:

$$\Phi_{\text{ГВ}} = \frac{4,19 \cdot 4,5 \cdot 1000 \cdot (60 - 5)}{24 \cdot 3600} = 12 \text{ кВт}$$

2.2.2. Годовой расход теплоты для создания микроклимата в животноводческом помещении.

Для определения потребности в тепловой энергии по месяцам года построим годовой график потребления тепловой энергии. График строится следующим образом:

1) Тепловой поток, теряемый через ограждения, прямо пропорционален температуре наружного воздуха, следовательно, зависимость $\Phi_{\text{огр}} = f(t_{\text{в}})$ будет представлен прямой линией, построенной по двум точкам:

а) $\Phi=0, t = t_{\text{в}} = 15 \text{ } ^{\circ}\text{C}$;

$$\text{б) } \Phi = \Phi_{\text{огр}} = 97680 \text{ Вт, } t = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

2) График зависимости теплового потока, идущего на подогрев приточного воздуха от температуры наружного воздуха ниже расчетной вентиляционной температуры идет параллельно оси абсцисс из-за того, что при понижении температуры наружного воздуха происходит подмешивание подогретого воздуха к приточному. Строится график по трем точкам:

$$\text{а) } \Phi = \Phi_{\text{в}} = 237990 \text{ Вт; } t = t_{\text{хс}} = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{б) } \Phi = \Phi_{\text{в}} = 237990 \text{ Вт; } t = t_{\text{нв}} = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{в) } \Phi = 0; t = t_{\text{в}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

где $t_{\text{хс}}$ – средняя температура наиболее холодных суток, $^{\circ}\text{C}$.

3) Тепловой поток, расходуемый на испарение влаги с мокрых поверхностей помещения, не зависит от температуры наружного воздуха, следовательно, принимается $\Phi_{\text{исп}} = \text{const}$.

4) Тепловой поток, выделяемый животными также, не зависит от температуры наружного воздуха, $\Phi_{\text{ж}} = \text{const}$. Он проходит ниже оси абсцисс из-за того, что этот тепловой поток поступает в помещение.

5) Суммарный тепловой поток, идущий на отопление помещения:

$$\sum \Phi = \Phi_{\text{огр}} + \Phi_{\text{в}} + \Phi_{\text{исп}} - \Phi_{\text{ж}} \quad (2.14)$$

По графику определяется тепловая мощность системы отопления для каждого месяца в зависимости от средней месячной температуры.

Суммарное количество теплоты определяется по формуле:

$$\sum \Phi = \Phi_{\text{от}} + \Phi_{\text{зв}}, \text{ Вт.} \quad (2.15)$$

Месячный расход теплоты на создание микроклимата в животноводческом помещении

$$Q_{от}^M = \sum \Phi \cdot t_{мес}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2.16)$$

$t_{мес}$ – количество часов в данном месяце, $t_{мес} = 720$ ч.

Расход биогаза $q_{БГ}^M$ на создание микроклимата в животноводческом помещении

$$q_{БГ}^M = \frac{3.6 \cdot Q_{от}^M}{\eta_{вн} \cdot q_{бг}}, \text{ м}^3$$

(2.17)

где $Q_{от}$ – расход теплоты на создание микроклимата, кВт·ч

$\eta_{вн}$ – КПД воздухоподогревателя на биогазе, $\eta_{вн} = 0,8 \dots 0,9$

$q_{бг}$ – теплотворная способность биогаза, $q_{бг} = 20 \dots 25 \text{ МДж/м}^3$

Находим годовую потребность в биогазе: $q_{бг}^{\text{год}} = \sum q_{БГ}^M$.

Результаты расчета сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Потребное количество биогаза по месяцам года

Месяцы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
$t_{ср}, ^\circ\text{C}$	-5.7	-4.8	0.6	9.4	16.2	20.2
$\Phi_{от}, \text{ кВт}$	110	102	45	0	0	0
$\sum \Phi, \text{ кВт}$	122.0	114.0	57.0	12.0	12.0	12.0
$Q_{от}^M, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	87841.9	82081	41041	8641.9	8641.9	8641.9
$q_{БГ}^M, \text{ м}^3$	14881.4	13905	6953.0	1464.0	1464.0	1464.0

месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$t_{ср}, ^\circ\text{C}$	23	22.1	16.3	9.2	2.5	-2.6
$\Phi_{от}, \text{ кВт}$	0	0	0	0	22	74
$\sum \Phi, \text{ кВт}$	12.0	12.0	12.0	12.0	34.0	86.0
$Q_{от}^M, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	8641.9	8641.9	8641.9	8641.9	24481	61921
$q_{БГ}^M, \text{ м}^3$	1464.0	1464.0	1464.0	1464.0	4147.5	10490

3. Расчет параметров биогазовой установки

3.1 Выбор технологической схемы

Современный уровень развития анаэробной ферментации навозных стоков позволяет покрыть за счет биогаза 30-35% потребностей животноводческих ферм в тепловой энергии. В современных конструкциях биогазовых установок благодаря подогреву встроенными источниками теплоты, надежной теплоизоляции метантенков и непрерывной подачи подогретого свежего субстрата обеспечивается постоянная температура при сбраживании. Предусматривается механическое перемешивание субстрата для интенсификации сбраживания и отвода биогаза.

Большинство биогазовых установок основано на поточном принципе действия, т.е. поступающее в них сырье немедленно вытесняет отработанное. Свежая порция навоза поступает непрерывно порционно (2-10 раз в сутки), а отбор биогаза и удаление ила производят по мере необходимости [4,6].

Биогазовая установка состоит из следующих элементов: приемной емкости, камеры сбраживания (метантанк, реактор), нагревательного устройства (теплообменника), устройства для перемешивания субстрата, газгольдера и газового водоподогревателя.

Технологическая схема биогазовой установки приведена на листе 2 графической части.

Сырье из бункера загрузки поступает в метантанк, где происходит его сбраживание, в результате чего образуется биогаз, поступающий через водяной затвор в газгольдер. Часть биогаза направляется в котел для поддержания необходимой температуры в метантанке. Перемешивание биомассы происходит при помощи мешалки, приводимой в движение электродвигателем. Отработанное сырье из метантенка поступает в хранилище биоудобрений.

3.2 Расчет конструктивно-технологических параметров.

Определяем суточное поступление биомассы $m_{БМ}$ по формуле:

$$m_{бм} = \sum N_{жс} m_{уд}, \text{ кг/сут}, \quad (3.1)$$

где $N_{ж}$ – количество животных, гол;

$m_{уд}$ – суточный выход экскрементов от животного, кг/гол:

$$m_{\bar{m}} = 1000 \cdot 5 = 5000 \text{ кг/сут}$$

Определяется доля сухого вещества в биомассе $m_{св}$:

$$m_{св} = m_{\bar{m}} \cdot \left(1 - \frac{\varphi_{\bar{m}}}{100}\right), \quad (3.2)$$

где $\varphi_{\bar{m}}$ – влажность биомассы, %:

$$m_{св} = 5000 \cdot \left(1 - \frac{90}{100}\right) = 500 \text{ кг/сут.}$$

Определяем долю сухого органического вещества $m_{сов}$ по формуле:

$$m_{сов} = m_{св} \cdot \rho_{сов}, \quad (3.3)$$

где $\rho_{сов}$ – доля органического вещества в сухом веществе, о.в.

$$m_{сов} = 500 \cdot 0,8 = 400 \text{ кг/сут.}$$

Определяем объем метантанка V_{MT} по формуле:

$$V_{MT} = \frac{(0,7...0,9)m_{\bar{m}}t_{\bar{b}}}{\rho_{\bar{m}}}, \quad (3.4)$$

где $t_{\bar{b}}$ – продолжительность брожения, сут;

$\rho_{\bar{m}}$ – плотность сбразживаемой биомассы, кг/м³:

$$V_{MT} = \frac{0,8 \cdot 5000 \cdot 20}{1020} = 78,4 \text{ м}^3$$

Определяют выход биогаза $V_{Поль}$ м³, при полном разложении сухого органического вещества:

$$V_{пол} = m_{сов} \cdot n_{эк}, \quad (3.5)$$

где $n_{\text{эк}}$ – выход биогаза из 1 кг с.о.в., для коровников $n_{\text{эк}} = 0,415 \text{ м}^3/\text{кг}$

$$V_{\text{пол}} = 400 \cdot 0,415 = 166 \text{ м}^3.$$

Определяем объем полученного биогаза $V_{\text{б}}, \text{ м}^3$, при выбранной продолжительности метанового брожения:

$$V_{\text{б}} = V_{\text{пол}} \frac{n_t}{100}, \quad (3.6)$$

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

$$V_{\text{б}} = 166 \cdot \frac{50}{100} = 83 \text{ м}^3.$$

Месячная выработка биогаза равняется:

$$V_{\text{бг}}^{\text{М}} = 30 \cdot V_{\text{б}} = 30 \cdot 83 = 2490 \text{ м}^3. \quad (3.7)$$

Годовая выработка биогаза равняется:

$$V_{\text{бг}}^{\text{год}} = 365 \cdot V_{\text{б}} = 365 \cdot 83 = 30295 \text{ м}^3. \quad (3.8)$$

Определим размеры метантенка

Как правило, метантенки имеют цилиндрическую форму, отношение высоты к его внутреннему диаметру принимается равным $h/d = 0,9 \dots 1,3$. Принимаем $h/d = 1$.

Так как $V_{\text{MT}} = \frac{\pi d_{\text{в}}^2}{4} \cdot h = \frac{\pi d_{\text{в}}^2}{4} \cdot d_{\text{в}}$, то

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{MT}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 78,4}{3,14}} = 4,64 \text{ м}. \quad (3.9)$$

3.3 Определение среднемесячного количества вырабатываемого биогаза.

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

$$Q_{под} = m_{бм} \cdot c_{бм} (t_{пр} - t_{загр}) 10^{-3} \quad (3.10)$$

где $c_{бм}$ – средняя теплоемкость биомассы, $c_{БМ} = 4,18$ кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$);
 $t_{пр}$ – температура процесса брожения, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{загр}$ – температура загружаемой биомассы, $^{\circ}\text{C}$. Принимается равной среднемесячной температуре окружающего воздуха, если меньше 5°C , то принимается 5°C .

Среднемесячное количество теплоты определится из выражения:

$$Q_{под}^M = Q_{под} t_{сут}^M, \quad (3.11)$$

где $t_{сут}^M$ – количество дней в месяце, $t_{сут}^M = 30$ суток.

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

$$Q_{ном} = kF(t_{пр} - t_{ср}), \quad (3.12)$$

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

F – площадь поверхности метантанка, м^2 ;

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

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

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

где $1/\alpha_1$ – сопротивление тепловосприятия,

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

$1/\alpha_2$ – сопротивление теплоотдачи,

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

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

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

Площадь поверхности метантенка определится из выражения:

$$F = S_{\text{бок}} + 2 \cdot S_{\text{осн}}, \text{ м}^2, \quad (3.13)$$

где $S_{\text{бок}}$ – площадь боковой поверхности метантенка, м^2 ;
 $S_{\text{осн}}$ – площадь основания метантенка, м^2 .

$$S_{\text{осн}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4,64^2}{4} = 16,9 \text{ м}^2. \quad (3.14)$$

$$S_{\text{бок}} = \pi \cdot d_{\text{в}} \cdot h = \pi \cdot d_{\text{в}}^2 = 3,14 \cdot 4,64^2 = 67,6 \text{ м}^2. \quad (3.15)$$

$$F = 67,6 + 2 \cdot 16,9 = 101,4 \text{ м}^2.$$

Принимаем бетонный метантенк толщиной 0,3 м, теплоизоляция выполнена в виде шлакобетона (0,1 м) и земляного вала (1 м).

Тогда коэффициент теплоотдачи будет равен:

$$k = \frac{1}{0,05 + \frac{0,3}{1,83} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{1}{1,75} + 0,05} = 0,4 \text{ В}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$$

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

$$Q_{\text{пот}}^{\text{м}} = 3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\text{пот}} \cdot t_{\text{чм}}, \quad (3.16)$$

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

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

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} \cdot V_{\text{MT}} \cdot z, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (3.17)$$

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

V_{MT} – объем метантенка, м^3 ;

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

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} \cdot V_{\text{MT}} \cdot z = 50 \cdot 78,4 \cdot 8 = 31,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Переводим полученные значения в МДж/мес:

$$Q_{\text{мех}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot Q_{\text{мех}} \cdot t_{\text{сут}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot 31,4 \cdot 30 = 3388 \text{ МДж/мес.} \quad (3.18)$$

Общие затраты энергии на поддержание процесса за месяц:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{под}}^{\text{М}} + Q_{\text{пот}}^{\text{М}} + Q_{\text{мех}}^{\text{М}}, \text{ МДж/мес,} \quad (3.19)$$

Количество биогаза, необходимое для поддержания процесса:

$$V_{\text{бг з}}^{\text{М}} = Q_{\text{общ}} / q_{\text{бг}}, \text{ м}^3/\text{мес,} \quad (3.20)$$

Товарное количество биогаза $V_{\text{бг тов}}^{\text{М}}$, $\text{м}^3/\text{мес}$ равняется

$$V_{\text{бг тов}}^{\text{М}} = V_{\text{бг}}^{\text{М}} - V_{\text{бг з}}^{\text{М}}, \quad (3.21)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Выработанное количество биогаза по месяцам года

Месяцы	1	2	3	4	5	6
$t_{\text{загр}}^{\text{°C}}$	5	5	5	9.4	16.2	20.2
$Q_{\text{под}}, \text{ МДж/мес}$	17556	17556	17556	14797	10534	8026
$Q_{\text{пот}}^{\text{М}}, \text{ МДж/мес}$	4066	3971	3404	2479	1765	1345
$Q_{\text{общ}}, \text{ МДж/мес}$	25010	24916	24348	20665	15687	12759
$V_{\text{бг з}}^{\text{М}}, \text{ м}^3/\text{мес}$	1000	997	974	827	627	510
$V_{\text{бг тов}}^{\text{М}}, \text{ м}^3/\text{мес}$	1490	1493	1516	1663	1863	1980

Месяцы	7	8	9	10	11	12	итого
$t_{\text{загр}}^{\text{°C}}$	23	22.1	16.3	9.2	5	5	
$Q_{\text{под}}, \text{ МДж/мес}$	6270	6834	10471	14923	17556	17556	
$Q_{\text{пот}}^{\text{М}}, \text{ МДж/мес}$	1051	1145	1755	2500	3204	3740	
$Q_{\text{общ}}, \text{ МДж/мес}$	10709	11368	15614	20811	24149	24684	
$V_{\text{бг з}}^{\text{М}}, \text{ м}^3/\text{мес}$	428	455	625	832	966	987	
$V_{\text{бг тов}}^{\text{М}}, \text{ м}^3/\text{мес}$	2062	2035	1865	1658	1524	1503	20651

4. Расчет показателей энергетической эффективности биогазовой установки.

Потенциальная энергия биогаза $Q_{\text{выр}}$, вырабатываемого за год, определяется по формуле:

$$Q_{\text{выр}} = V_{\text{бг}}^{\text{год}} \cdot q_{\text{бг}} = 30295 \cdot 25 = 757375 \text{ МДж.} \quad (4.1)$$

Энергетический эффект биогазовой установки \mathcal{E}_6 за год равняется:

$$\mathcal{E}_6 = V_{\text{бг тов}}^{\text{год}} \cdot q_{\text{бг}} = 20651 \cdot 25 = 516281 \text{ МДж} \quad (4.2)$$

Коэффициент товарности биогазовой установки:

$$K_{\text{тов}} = \frac{\mathcal{E}_6}{Q_{\text{выр}}} \cdot 100\% = \frac{516281}{757375} \cdot 100\% = 68,2\% \quad (4.3)$$

Годовая экономия условного топлива составит:

$$B_{\text{ум}} = \frac{\mathcal{E}_6}{29300} = \frac{516281}{29300} = 17,6 \text{ тунт} \quad (4.4)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Таблица 3 - Показатели энергетической эффективности биогазовой установки для коровника-откормочника на 1000 голов

Объем (метантенка), $V_{\text{мт}}, \text{м}^3$	78,4
Производительность по биогазу, $\text{м}^3 / \text{год}$	
общая $V_{\text{бг}}^{\text{год}}$	30295
товарная $V_{\text{бг тов}}^{\text{год}}$	20651
Удельный годовой выход товарного биогаза, $\text{м}^3 / \text{гол} \cdot \text{год}$	20.65
Удельный суточный выход товарного биогаза, $\text{м}^3 / \text{гол} \cdot \text{сут}$	0.06
Экономия традиционного топлива т.у.т	17.62

Заключение

В ходе курсового проекта изучают заданную технологическую схему. После выявления и расчёта всех параметров определяют необходимые установки и устройства. На основе этого подбирают необходимые энергоэкономные элементы технологической схемы. Выбор технологической схемы механизации производственных процессов зависит от способа содержания животных, типа кормления, конструкции помещения, природно-климатических условий, производственных условий хозяйства и других факторов.

На основе выполненных расчетов получено, что использование биогазовой установки позволяет сэкономить 17,6 т.у.т на теплоснабжение коровника. Энергетический анализ показал, что на собственные нужды вырабатывается 34% биогаза.

В холодный период года биогаз используется для работы воздухоподогревателей К-100 в системе приточной вентиляции, а также для получения горячей воды на технологические нужды с отбором из теплового контура биогазовой установки. Неиспользованная часть биогаза может частично храниться в резервуарах в сжатом состоянии для последующего использования в необходимых случаях. Кроме того, в результате анаэробного сбраживания субстрата вырабатывается значительное количество ценного органического удобрения. Его использование позволяет повысить рентабельность сельхозпроизводства. Таким образом, биогазовая установка является средством ресурсо- и энергосбережения в сельскохозяйственных технологиях.

Литература

1. Имомов Ш.Ж., Усмонов К.Э. БИОГАЗ: ЭКОЛОГИЯ И ОРГАНИЧЕСКОЕ УДОБРЕНИЕ. -Т.:Адабиёт учкунлари, 2016
2. Салимов А.У., Имомов Ш.Ж. и др. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БИОШЛАМА В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ. -Т.: АН РУз. Основная библиотека, 2016
3. Захаров А.А. ПРАКТИКУМ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕПЛОТЫ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. - М.: Колос, 1985
4. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА. -Краснодар, 2001
5. Брагинец Н.В., Палишкин Д.А. КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО МЕХАНИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА, -М.: Агропромиздат, 1991
6. Шишкин Н.А. МАЛЫЕ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, -М.: Готика, 2000
7. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям, -М.: Энергоатомиздат, 1985

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	3
1	Цели использования биогазовой технологии.....	7
1.1	Гидравлическое время брожения.....	8
1.2	Состав и качество биогаза.....	10
1.3	Субстраты.....	13
1.4	Использование биогаза.....	15
2	Расчет параметров отопительно-вентиляционной установки и энергозатрат на теплоснабжение коровника.....	19
2.1	Расчет воздухообмена и тепловой мощности системы отопления.....	19
2.2	Определение годового расхода топлива на теплоснабжение коровника	23
2.2.1	Расход теплоты на горячее водоснабжение животноводческого помещения.....	23
2.2.2	Годовой расход теплоты для создания микроклимата в животноводческом помещении.....	23
3	Расчет параметров биогазовой установки.....	26
3.1	Выбор технологической схемы.....	26
3.2	Расчет конструктивно-технологических параметров..	26
3.3	Определение среднемесячного количества вырабатываемого биогаза.....	29
4	Расчет показателей энергетической эффективности биогазовой установки.....	32
	Заключение.....	33
	Литература.....	34

Редактор Ахметжанова Г.М.

