	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»	Приложение к ОПОП ВО
		Методические указания к практическим занятиям

Кафедра электрических машин
и электрооборудования

Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе обучающихся

**Б1.О.08 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ
И ПРОИЗВОДСТВА В АГРОИНЖЕНЕРИИ**

Направление подготовки
35.04.06 Агроинженерия

Направленность подготовки
Электрооборудование и электротехнологии

Квалификация выпускника
Магистр

Уфа 2021

Составитель

канд. техн. наук, ст. препод. кафедры
электрических машин и электрооборудования



Д.Е. Валишин

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры электрических машин и электрооборудования 25 марта 2021 г. (протокол № 8/1).

Рекомендовано к опубликованию методической комиссией энергетического факультета 21 марта 2021 г. (протокол № 7/3).

Ответственный за выпуск: и.о. зав. кафедрой электрических машин и электрооборудования канд. техн. наук, доцент Акчурин С.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	Ошибка! Закладка не определена.
1. Влияние машинно-технологических факторов на эффективность производства	4
2. Энергетический паспорт	8
3. Структура, объем и порядок представления результатов энергетического обследования	10
4. Схемы биогазовых установок	13
5. Методика расчета биогазовых установок	18
6. Проектирование нетрадиционных систем энергообеспечения	22
Библиографический список	25

1 ВЛИЯНИЕ МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Для оценки эффективности организации использования машинно-тракторного парка применяется система показателей, приведенная в таблице 1.1.

Результативными показателями, непосредственно характеризующими эффективность использования машин, являются годовая, дневная и сменная выработки агрегатов. Для каждой машины это самые конкретные показатели, связанные с определенным временем, объемом и видом выполняемых работ.

Выработка агрегата обусловлена прежде всего его загрузкой за определенный период (год, сезон, день). Загрузка же техники определяет величину эксплуатационных затрат.

Низкая производительность машин в течение смены и рабочего дня - одна из главных причин нарушения агротехнических сроков проведения механизированных работ, снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому при оценке эффективности использования машинно-тракторного парка необходимо учитывать влияние на нее системы факторов.

К важнейшим внешним факторам относятся природные условия зоны расположения сельхозпредприятия. Климатические условия оказывают существенное влияние как на машину (физико-механическое воздействие ухудшает отдельные детали), так и на объект обработки (состояние почвы и растений). Интенсивность выпадения атмосферных осадков по отдельным периодам года приводит к сокращению или удлинению агротехнических сроков проведения механизированных работ, в результате чего изменяется эффективность использования техники и, в конечном счете, всего производства.

Природные особенности зоны размещения хозяйства определяют его специализацию. Она, в свою очередь, определяет структуру посевных площадей, системы севооборотов, технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур и, в конечном счете, систему машин предприятия.

Важным фактором, определяющим обоснованный выбор наиболее рационального способа комплектования и организации использования технических средств, является размер предприятия. Размер пашни в хозяйстве определяет сезонную загрузку техники. В небольших фермерских хозяйствах применение энергонасыщенной, высокопроизводительной техники экономически неоправданно, поскольку не обеспечивается ее загрузка в течение дня, сезона, года.

Обеспеченность предприятия кадрами механизаторов - это одно из важнейших условий повышения производительности труда, и, как следствие, уровня эффективности использования техники. Оптимальный для данного хозяйства уровень обеспеченности механизаторами, степень их профессиональной подготовки, рациональная организация их труда способствуют наиболее полному использованию техники, выполнению сельскохозяйственных работ в оптимальные агротехнические сроки. Недостаток механизаторов приводит к неполной занятости машин в течение года или сезона, избыток же этих кадров является причиной непроизводительного использования труда, снижения заработной платы. Особое значение в повышении производительности труда, оказывающей непосредственное влияние на эффективность ис-

пользования техники, имеет и уровень квалификации механизаторов, стаж работы, образование и другие факторы.

Важным фактором, определяющим обоснованный выбор наиболее рационального способа комплектования и организации использования технических средств, является размер предприятия. Размер пашни в хозяйстве определяет сезонную загрузку техники. В небольших фермерских хозяйствах применение энергонасыщенной, высокопроизводительной техники экономически неоправданно, поскольку не обеспечивается ее загрузка в течение дня, сезона, года.

Таблица 1.1 Показатели эффективности использования машинно-тракторного парка

Классификационный признак	Показатели	Формула для расчета, единица измерения	Условные обозначения
Объем работы	Выработка: годовая	$W_g = \frac{Q}{n}$	W_g – годовая выработка; Q – объем работы; n – количество тракторов
	сменная:	$W_{см} = 0,1 \times B_p \times V_p \times T_{см} \times \tau$	$W_{см}$ – сменная выработка; B_p – рабочая ширина захвата агрегата; V_p – рабочая скорость движения; $T_{см}$ – продолжительность смены; τ – коэффициент использования времени смены
	дневная	$W_{дн} = \frac{Q}{D_\phi}$	$W_{дн}$ – дневная выработка; D_ϕ – сумма отработанных тракторо-дней
Фонд рабочего времени	Коэффициент сменности	$K_{см} = \frac{C_\phi}{D_\phi}$	$K_{см}$ – коэффициент сменности; C_ϕ – сумма отработанных тракторо-смен
	Коэффициент использования времени смены	$\tau = \frac{T_p}{T_{см}}$	T_p – чистое рабочее время смены; $T_{см}$ – полное время смены

Продолжение таблицы 1.1

	Коэффициент использования тракторного парка	$K_u = \frac{D_{\phi}}{D_x}$	K_u – коэффициент использования МТП; D_x – тракторо-дни пребывания в хозяйстве
Технико-конструктивные свойства	Коэффициент технической готовности	$K_{\text{тг}} = \frac{D_{\text{тг}}}{D_x}$	$K_{\text{тг}}$ – коэффициент технической готовности; $D_{\text{тг}}$ – тракторо-дни в исправном состоянии
	Чистая часовая производительность тракторных агрегатов	$W_{\text{ч}} = 0,1 \times B_p \times V_p$	$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность
Себестоимость механизированных работ	Эксплуатационные затраты на единицу работы	$Z_s = \frac{Z_{\text{ам}} + Z_p + Z_{\text{от}} + Z_{\text{гсм}} + Z_{\text{хр}}}{Q}$	Z_s – удельные эксплуатационные затраты; $Z_{\text{ам}}$ – амортизация; Z_p – затраты на ремонт; $Z_{\text{от}}$ – затраты на оплату труда; $Z_{\text{гсм}}$ – затраты на ГСМ; $Z_{\text{хр}}$ – затраты на хранение

Обеспеченность предприятия кадрами механизаторов - это одно из важнейших условий повышения производительности труда, и, как следствие, уровня эффективности использования техники. Оптимальный для данного хозяйства уровень обеспеченности механизаторами, степень их профессиональной подготовки, рациональная организация их труда способствуют наиболее полному использованию техники, выполнению сельскохозяйственных работ в оптимальные агротехнические сроки. Недостаток механизаторов приводит к неполной занятости машин в течение года или сезона, избыток же этих кадров является причиной непроизводительного использования труда, снижения заработной платы. Особое значение в повышении производительности труда, оказывающей непосредственное влияние на эффективность использования техники, имеет и уровень квалификации механизаторов, стаж работы, образование и другие факторы.

Для рациональной организации использования техники и управления производственными процессами крайне важно определение коэффициента технической готовности техники и оборудования - степени готовности тракторов, сельскохозяйственных машин и оборудования, транспортных средств - к выполнению полевых и других работ. От степени готовности техники и оборудования зависит своевремен-

ность вспашки, сева, ухода за сельскохозяйственными культурами, уборки урожая. Там, где выше коэффициент технической готовности техники и оборудования, ниже потери урожая, выше эффективность производства.

Коэффициент технической готовности (КТГ) по отдельным видам техники - тракторы, автомашины, зерноуборочные комбайны, кормоуборочные агрегаты и т.п. - определяется как отношение исправной техники данного вида (ТИ) ко всей наличной технике данного вида (Тб):

$$K_{\text{п}} = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{б}}}$$

Коэффициент технической готовности техники и оборудования в целом по хозяйствующему субъекту не может определяться как средневзвешенная величина от сложения отдельных КТГ по видам. «Узким местом», определяющим возможный потенциал использования машинно-тракторного парка предприятия, всегда будет самый низкий КТГ по конкретному виду техники. Поэтому для выполнения намеченного конкретного объема работ необходимо «расширить» это узкое место. Иначе во взаимосвязанной цепочке всего комплекса механизированных работ неизбежны простои некоторых видов техники и оборудования.

Использование тракторов и сельскохозяйственных машин в течение дня (суток) характеризуется коэффициентом сменности, который определяется как отношение количества отработанных смен к количеству дней, в которые они были отработаны за определенный период. Повышение коэффициента сменности, так же как и рост коэффициента использования времени смены, характеризующего время полезной работы в течение смены, одно из важных условий увеличения загрузки машин. Интенсивность использования времени суток значительно увеличивается с ростом напряженности сельскохозяйственных работ, поэтому в этот период коэффициент сменности должен возрастать. Это можно обеспечить, например, путем организации двухсменной работы машинно-тракторного парка, что позволит уменьшить потребность в машинно-тракторных агрегатах, увеличить объемы ежедневно выполняемых одним агрегатом работ и сократить сроки их проведения. Повышение коэффициента сменности позволяет увеличить фактическую загрузку машин без увеличения их количественного состава.

Различия в уровне загрузки техники и эффективности использования машинно-тракторного парка сельхозтоваропроизводителей определяются и собственно техническими свойствами машин (конструктивные параметры и качество изготовления машины, ее техническое состояние, надежность агрегатов и отдельных узлов и деталей в работе, техническое обслуживание машины и др.). Действие этих факторов обуславливает потери рабочего времени по технологическим и техническим причинам. Поэтому важным резервом повышения часовой производительности сельскохозяйственных машин является сокращение их простоев в рабочее время, а также сокращение затрат рабочего времени агрегата на холостые переезды и повороты. Большое значение в повышении эффективности использования техники играет коэффициент технической готовности, величина которого во многом зависит от условий эксплуатации и организации ремонта и технического обслуживания.

Уровень сезонной загрузки техники в значительной степени определяет размер эксплуатационных затрат, включающих затраты на оплату труда, отчисления на реновацию и ремонты, затраты на горючесмазочные материалы, затраты на хранение техники. Амортизация и затраты на хранение представляют собой постоянную часть эксплуатационных издержек, которая не зависит от объема выполненных работ. Поэтому чем больше сезонная или годовая загрузка техники, тем меньшая сумма амортизации приходится на единицу загрузки, что в значительной мере способствует снижению эксплуатационных затрат и улучшению показателей эффективности использования техники.

Затраты на ремонт, в отличие от амортизации, являются переменными и потому с увеличением уровня загрузки техники величина отчислений на ремонт и техническое обслуживание возрастает, причем тем больше, чем интенсивнее используется техника.

Определяющее влияние на размеры отчислений на амортизацию и ремонт оказывает сложившийся на рынке уровень цен на сельскохозяйственную технику. В связи с этим большая ценовая разница между отечественными и иностранными машинами часто не компенсирует их лучшие технико- эксплуатационные показатели и ведет к повышению удельных затрат на выполнение механизированных работ.

На величину эксплуатационных затрат заметное влияние оказывают также цены на топливо и горюче-смазочные материалы, а также уровень оплаты труда механизаторов. Высокая стоимость живого труда является одним из мотивирующих факторов при принятии решения о комплектовании собственного машинно-тракторного парка более высокопроизводительной, энергонасыщенной техникой. Низкая же стоимость живого труда делает выгодным применение менее производительной техники, требующей большего количества механизаторов. Большое значение в улучшении показателей использования техники имеет рациональный выбор организационно-экономической формы использования или приобретения технических средств. Например, применение различных кооперативных форм совместного использования техники (межхозяйственные машинно-технологические станции, использование машин и механизмов на принципах соседской взаимопомощи др.) позволяет одним товаропроизводителям снизить затраты на механизацию путем отказа от покупки дорогостоящих машин, другим - получить дополнительный доход от более интенсивной загрузки собственных машин.

2 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ

Энергетический паспорт составляется по результатам энергетического обследования (энергоаудита), которое представляет собой сбор и обработку достоверной информации об использовании энергетических ресурсов в целях выявления показателей энергетической эффективности, а также возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Основные законы, регламентирующие деятельность по проведению энергетических обследований, и как следствие составлению энергетических паспортов (порядок заполнения и оформления):

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации";

2. Приказ Минэнерго России от 30.06.2014 N 400 "Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования"

(Зарегистрировано в Минюсте России 03.12.2014 N 35079);

3. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 8 апреля 2011 г. N 161 "Об утверждении Правил определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов и Требований к указателю класса энергетической эффективности многоквартирного дома, размещаемого на фасаде многоквартирного дома".

Основные строительные нормативные акты, определяющие порядок выполнения теплотехнических расчётов в целях дальнейшего составления энергетического паспорта здания:

1. СП 50.13330.2012 "СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий".- утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. N 265);

2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология Актуализированная версия СНиП 23-01-99* - Москва, 2012;

3. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. -Утвержден Приказом Минрегиона России от 29 декабря 2011 г. N 635/10.

Требования к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования (энергетический паспорт), распространяются на саморегулируемые организации (СРО) в области энергетического обследования при разработке и утверждении стандартов и правил оформления энергетического паспорта, а также лиц, проводящих обязательные энергетические обследования (энергоаудиторов).

Энергетические паспорта должны составляться исключительно энергоаудиторами, организациями, являющимися членами СРО в области энергетических обследований.

Виды энергетического паспорта:

1. Энергетический паспорт организации (предприятия), составленный по результатам обязательного энергетического обследования. Энергетический паспорт организации составляется по результатам энергетического обследования организации (предприятия), проходит экспертизу в СРО энергоаудитора с присвоением ему регистрационного номера. После присвоения энергетическому паспорту организации регистрационного номера, его копия отправляется в Минэнерго для прохождения дополнительной проверки и дальнейшего присвоения инвентарного номера Минэнерго.

2. Энергетический паспорт здания. Энергетический паспорт, составленный на основании проектной документации, разрабатывается для зданий, строений, соору-

жений вновь построенных или прошедших капитальный ремонт или реконструкцию.

3 СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Цели энергоаудита второго уровня:

- определение для каждого энергоресурса наиболее значимых потребителей по затратам и объемам потребления;
 - распределение потребления каждого энергоресурса по основным потребителям (разработка энергетических балансов);
 - разработка мероприятий по снижению потребления энергоресурсов.
- Для достижения поставленной цели необходимо:
- провести обследование предприятия;
 - составить схемы технологических процессов;
 - составить список основных потребителей энергии;
 - провести расчет потребления энергии каждого из основных потребителей энергии;
 - провести анализ работы основных потребителей.

Обследование предприятия

При обследовании предприятия необходимо:

- определить энергетические потоки к процессам и от них;
- определить потоки сырья и продукции;
- установить потоки потерь и отходов;
- установить режимы работы производства и ключевые фигуры на предприятии (ключевыми людьми на предприятии являются операторы технологических установок, мастера и технологи, менеджеры по выпуску продукции).

На данном этапе осуществляется сбор статистических данных и первичной информации, который включает:

- годовой и месячный выпуск основной и дополнительной продукции за предыдущий и текущий год;
- годовое и месячное потребление и расход энергоресурсов;
- удельные нормы на выпуск единицы продукции;
- фонд рабочего времени, сменность;
- источники теплоснабжения, электроснабжения, водоснабжения, газоснабжения, сжатого воздуха;
- схемы систем тепло-, водо-, газо-, электро- и воздухоснабжения предприятия и отдельных подразделений;
- показатели энергопотребления в существующих формах статистической и внутризаводской отчетности;
- мероприятия по повышению эффективности энергоиспользования и их выполнение за последние 1–2 года;

- состояние учета и нормирование расхода тепловой и электрической энергии;
- наличие паспортов на энергоемкое оборудование и вентсистемы;
- выход вторичных энергоресурсов, в том числе низкопотенциальных, и их использование;
- наличие энергетического паспорта предприятия.

Схема технологического процесса

Схема технологического процесса представляет собой диаграмму, показывающую основные этапы, через которые последовательно проходят материалы от первоначального состояния до готовой продукции.

На схеме должны быть показаны места подачи и использования энергоресурсов, отмечены переработка материалов, утилизация отходов в технологическом процессе.

Список основных потребителей

Выявить основных потребителей возможно на основании беседы с персоналом, изучения схем технологических процессов, обхода предприятия.

Наиболее крупными потребителями электроэнергии обычно являются

- электропечи;
- системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- компрессоры сжатого воздуха;
- технологические насосы;
- вакуумные насосы;
- гидравлические насосы;
- оборудование для перемешивания и нагревания жидкостей;
- системы освещения.

Основные крупные потребители топлива:

- котлы паровые и водогрейные;
- печи различного назначения;
- нагреватели жидкостей;
- отопительные системы.

Расчет потребления

Для того чтобы из составленного списка основных потребителей энергоресурсов выделить наиболее значимых и расставить приоритеты для их подробного обследования, необходимо знать их долю в общем потреблении. Для оценки величин потребления отдельных потребителей необходимо учитывать

- анализ сезонных изменений в потреблении;
- результаты проведенных измерений и расчетов.

Сезонные изменения в энергопотреблении могут помочь отделить энергопотребление технологического процесса от потребления на отопление.

Расчет потребления часто сочетается с измерениями, оценкой и вычислениями. На данном этапе важны не столько точные величины потребления, сколько общая картина.

Оценка энергетических потоков

Для уточнения полученных расчетных данных баланса потребления энергетических ресурсов на предприятии необходимо произвести оценку существующих потоков энергоресурсов. Существует несколько способов оценки различных энергетических потоков:

- использование любых существующих счетчиков;
- применение специального переносного оборудования для проведения энергоаудитов;
- использование проектных данных используемого оборудования;
- оценка максимальных потоков по диаметрам трубопроводов.

Балансы потребления энергии

Разрабатывается в соответствии со структурой предприятия. Выделяются следующие направления потребления электроэнергии:

- общезаводские затраты;
- общецеховые затраты для каждого вида продукции;
- технологические затраты каждого вида продукции.

Основные задачи анализа энергобаланса промышленного предприятия:

- оценка фактического состояния энергоиспользования;
- выявление причин и значений потерь энергоресурсов;
- улучшение работы технологического и энергетического оборудования;
- определение рациональных размеров потребления энергоресурсов в производственных процессах и установках;
- совершенствование методики нормирования и разработка норм расхода энергоресурсов на производство продукции;
- определение требований к организации, к совершенствованию системы учета и контроля за потреблением различных видов энергоресурсов.

Алгоритм действия аудитора

Составить структурную схему энергоснабжения и нанести на нее приборы коммерческого и технического учета, определить недостающие диагностические приборы анализа энергопотребления.

Проанализировать систему распределения энергии и расходы на нее. Для этого необходимо получить:

- счета на потребленную энергию;
- значение тарифов за потребленную энергию;
- реальные значения потребленной энергии по показаниям счетчиков коммерческого учета, а также графики типовых нагрузок за сутки в период зимнего (22 декабря) и летнего (22 июня) максимумов. Определить расходы энергетических ресурсов по отдельным производствам и участкам промышленного предприятия и

получить структуру распределения энергии за предшествующий год. Рассчитать расход отдельных видов энергии по различным производствам и промышленному предприятию в целом.

Составить баланс энергии промышленного предприятия. Проанализировать:

- соответствие потребленной электрической энергии вычисленным по счетам и тарифам значениям оплаченной электрической энергии;
- соотношение значений заявленного максимума активной мощности и наибольших значений активной мощности зимой и летом в часы контроля максимума работы энергосистемы.

4 СХЕМЫ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Биогаз — продукт, который получается при разложении органических веществ. В процессе гниения/брожения выделяются газы, собрав которые, можно обеспечить нужды собственного хозяйства. Оборудование, в котором происходит данный процесс называю «биогазовая установка».

В некоторых случаях выход газа чрезмерный, тогда его запасают в газгольдерах — для использования в период его недостаточного количества. При грамотной организации процесса газа может быть слишком много, тогда его излишки можно продавать. Еще один источник дохода — перебродившие остатки. Это высокоэффективное и безопасное удобрение — в процессе сбраживания погибает большинство микроорганизмов, семена растений теряют свою всхожесть, яйца паразитов становятся нежизнеспособными. Вывоз на поля таких удобрений положительно влияет на урожайность.

Процесс образования биогаза происходит за счет жизнедеятельности разного рода бактерий, которые содержатся в самих отходах. Но для того чтобы они активно «работали» необходимо им создать определенные условия: влажность и температуру. Для их создания строятся биогазовая установка. Это комплекс устройств, основа которого — биореактор, в котором и происходит разложение отходов, который сопровождается газообразованием.

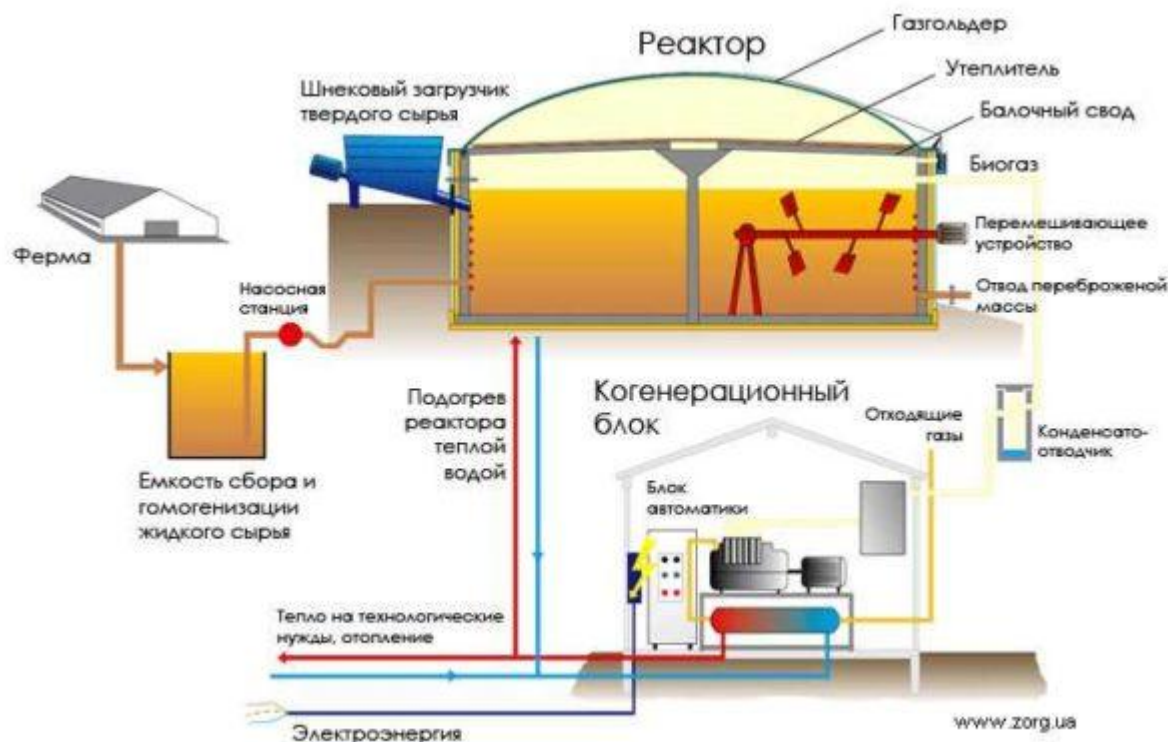


Рисунок 3.1 Организация цикла переработки навоза и растительных отходов в биогаз

Различают три режима переработки навоза в биогаз:

Психофильный режим. Температура в биогазовой установке от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$. При таких условиях процесс разложения идет медленно, газа образуется немного, его качество низкое.

Мезофильный. На этот режим установка выходит при температуре от $+30^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$. В этом случае активно размножаются мезофильные бактерии. Газ при этом образуется больше, процесс переработки занимает меньше времени — от 10 до 20 дней.

Термофильный. Эти бактерии размножаются при температуре от $+50^{\circ}\text{C}$. Процесс идет быстрее всего (3-5 дней), выход газа — самый большой (при идеальных условиях с 1 кг завоза можно получить до 4,5 литров газа). Большинство справочных таблиц по выходу газа от переработки даны именно для этого режима, так что при использовании других режимов стоит делать корректировку в меньшую сторону.

Сложнее всего в биогазовых установках реализуется термофильный режим. Тут требуется качественная теплоизоляция биогазовой установки, подогрев и система контроля за температурой. Зато на выходе получаем максимальное количество биогаза. Еще одна особенность термофильной переработки — невозможность дозагрузки. Остальные два режима — психофильный и мезофильный — позволяют ежедневно добавлять свежую порцию подготовленного сырья. Но, при термофильном режиме, малый срок переработки позволяет разделить биореактор на зоны, в которых будет перерабатываться своя доля сырья с разными сроками загрузки.

Схема биогазовой установки

Основа биогазовой установки — биореактор или бункер. В нем происходит процесс брожения, в нем же скапливается полученный газ. Также есть бункер загрузки и выгрузки, выработанный газ выводится через вставленную в верхнюю часть трубу. Далее идет система доработки газа — ее очистка и повышение давления в газопроводе до рабочего.

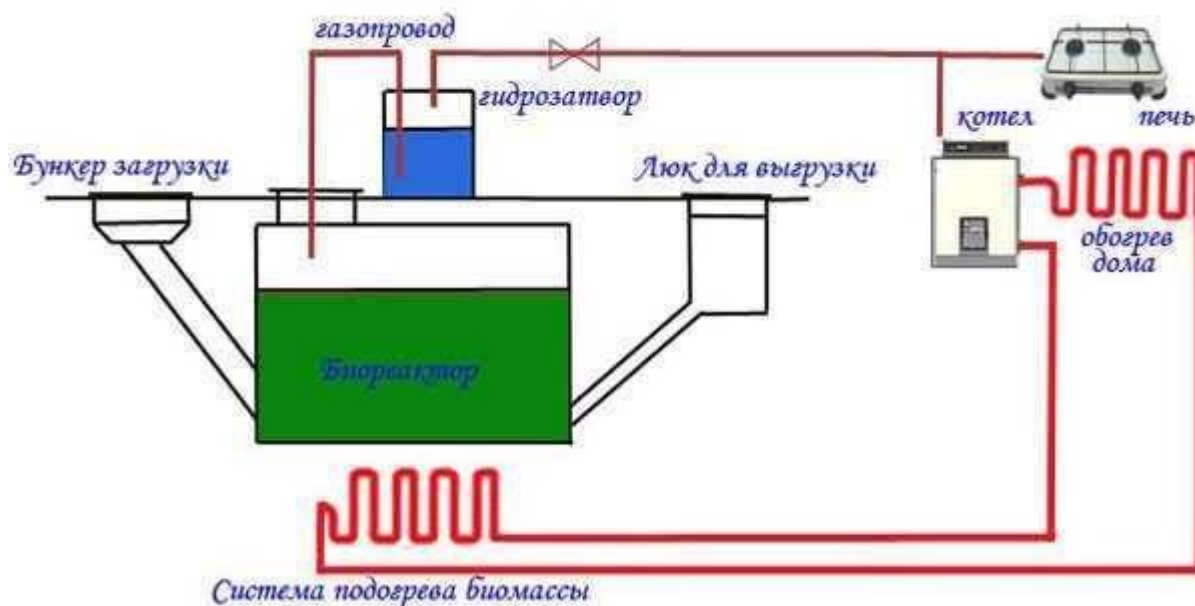


Рисунок 3.2 Схема установки для переработки навоза в биогаз

Для мезофильных и термофильных режимов необходима также система подогрева биореактора — для выхода на требуемые режимы. Для этого обычно используются газовые котлы, работающие на произведенном топливе. От него система трубопроводов идет в биореактор. Обычно это полимерные трубы, так как они лучше всего переносят нахождение в агрессивной среде.

Еще биогазовая установка нуждается в системе для перемешивания субстанции. При брожении сверху образуется твердая корка, тяжелые частицы оседают вниз. Все это вместе ухудшает процесс газообразования. Для поддержания однородного состояния перерабатываемой массы и необходимы мешалки. Они могут быть механическими и даже ручными. Могут запускаться по таймеру или вручную. Все зависит от того, как сделана биогазовая установка. Автоматизированная система более дорога при монтаже, но требует минимума внимания при эксплуатации.

Биогазовая установка по типу расположения может быть:

Надземной.

Полузаглубленной.

Заглубленной.

Более затратны в установке заглубленные — требуется большой объем земельных работ. Но при эксплуатации в наших условиях они лучше — проще организовать утепление, меньше расходы на подогрев.

Что можно перерабатывать

Загрузка и выгрузка

Люки загрузки и разгрузки ведут непосредственно в емкость биореактора. Для того чтобы субстрат равномерно распределялся по всей площади, делают их в противоположных концах емкости.

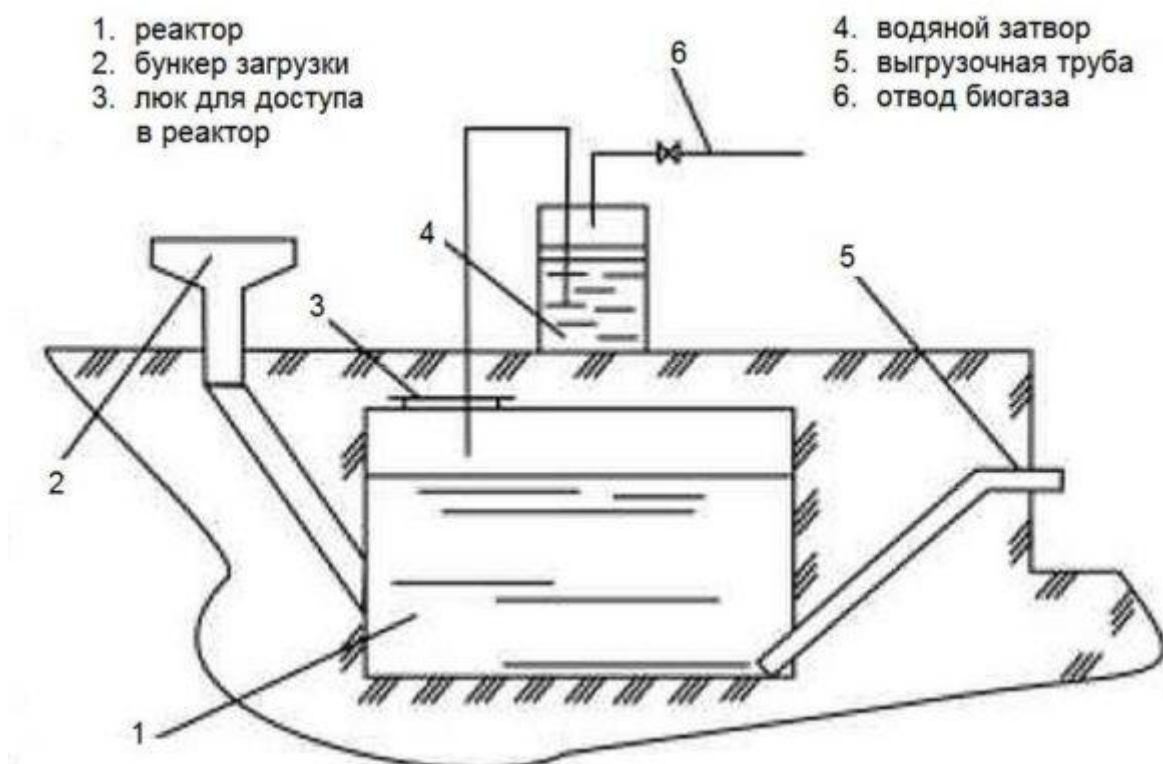
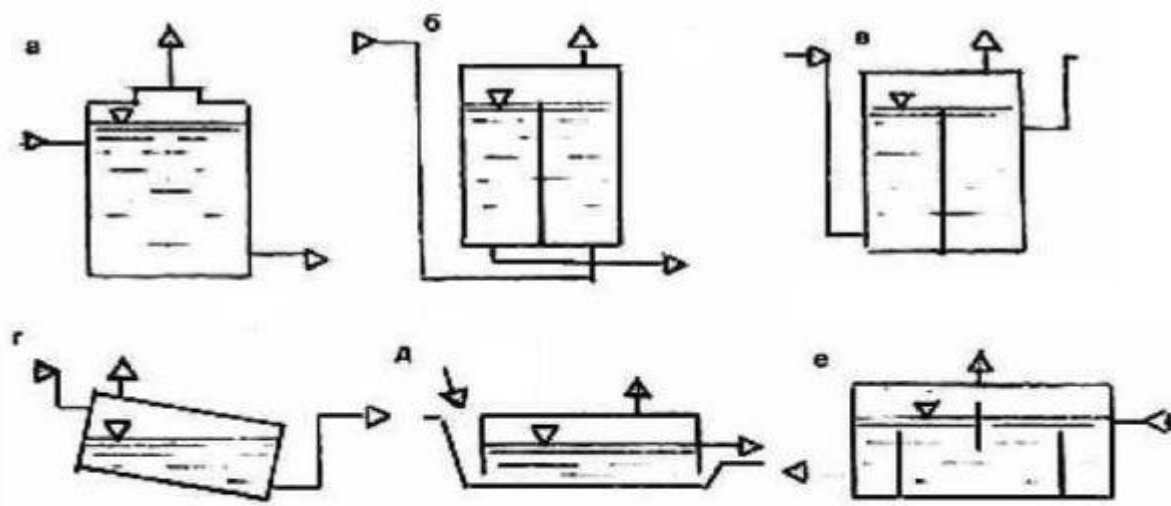


Рисунок 3.3 Схема биогazового реактора без подогрева

При заглубленном способе установки биогazовой установки, загрузочные и разгрузочные трубы подходят к корпусу под острым углом. Причем нижний конец трубы должен находиться ниже уровня жидкости в реакторе. Таким образом исключается попадание воздуха в емкость. Также на трубах ставят поворотные или отсечные задвижки, которые в нормальном положении закрыты. Открываются они только на время загрузки или выгрузки.

Так как в навозе могут содержаться крупные фрагменты (элементы подстилки, стебли травы и т.д.), трубы малого диаметра будут часто забиваться. Потому для загрузки-выгрузки они должны быть диаметром 20-30 см. Монтировать их необходимо до начала работ по утеплению биогazовой установки, но после того, как емкость установлена на место.

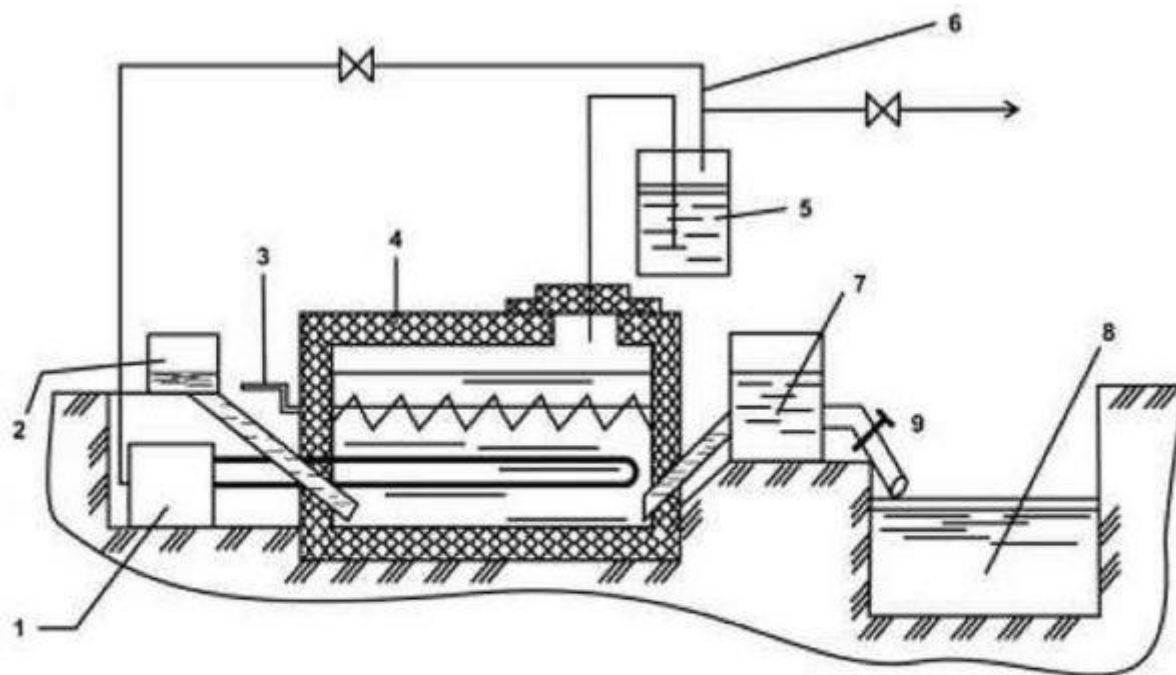


- а - цилиндрический реактор с верхней загрузкой
- б - цилиндрический реактор с нижней загрузкой
- в - цилиндрический двухсекционный реактор
- г - наклонный реактор
- д - траншейный реактор с плавающим покрытием
- е - горизонтальный секционный реактор

Рисунок 3.4 Формы биореакторов и варианты расположения люков загрузки и разгрузки

Наиболее удобный режим работы биогазовой установки — с регулярной загрузкой и выгрузкой субстрата. Данная операция может проводится раз в сутки или раз в двое суток. Навоз и другие компоненты предварительно собираются в накопительной емкости, где доводятся до требуемого состояний — измельчаются, при необходимости увлажняются и перемешиваются. Для удобства в данной емкости может быть механическая мешалка. Подготовленный субстрат выливается в приемный люк. Если расположить приемную емкость на солнце, субстрат будет предварительно нагреваться, что уменьшит затраты на поддержание требуемой температуры.

Глубину установки приемного бункера желательно рассчитать так, чтобы отходы стекали в него самотеком. То же касается выгрузки в биореактор. Лучший случай, если подготовленный субстрат будет двигаться самотеком. А отгораживать его на время подготовки будет заслонка.



- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. котел водогрейный | 6. газоотвод |
| 2. бункер загрузки | 7. выгрузочный бункер |
| 3. перемешивающее устройство | 8. хранилище для биоудобрений |
| 4. реактор | 9. выгрузочная труба |
| 5. водяной затвор | |

Рисунок 3.5 Биогазовая установка с мешалкой и подогревом

Для обеспечения герметичности биогазовой установки, люки на приемном бункере и в зоне выгрузки должны иметь герметизирующий резиновый уплотнитель. Чем меньше будет в емкости воздуха, тем чище будет газ на выходе.

5 МЕТОДИКА РАСЧЕТА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

5.1 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.

Биогазовая установка, состоит из следующих элементов: приемной емкости, камеры сбраживания (метантанк, реактор), нагревательного устройства (теплооб-

менника), 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 метантанка поступает в хранилище биоудобрений.

5.2. Расчет конструктивно-технологических параметров

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

$$m_{БМ} = \sum N_{ж} m_{удj}, \text{ кг/сут}, \quad (5.1)$$

где $N_{ж}$ – количество животных j -го вида, гол;

$m_{удj}$ – суточный выход экскрементов от j -го животного, кг/гол.

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

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

$$m_{СВ} = m_{БМ} \cdot \left(1 - \frac{\varphi_{БМ}}{100}\right), \quad (5.2)$$

где $\varphi_{БМ}$ – 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

$$m_{СОВ} = m_{СВ} \cdot \rho_{СОВ}, \quad (5.3)$$

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

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

Определяем объем метантанка $V_{МТ}$ по формуле

$$V_{МТ} = \frac{(0,7 \dots 0,9) m_{БМ} t_{Б}}{\rho_{БМ}}, \quad (5.4)$$

где $t_{Б}$ – продолжительность брожения, сут;

$\rho_{БМ}$ – плотность сбраживаемой биомассы, кг/м³.

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

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

$$V_{ПОЛ} = m_{СОВ} \cdot n_{ЭК}, \quad (5.5)$$

где $n_{ЭК}$ – выход биогаза из 1 кг СОВ, для свинарников $n_{ЭК} = 0,415 \text{ м}^3/\text{кг}$

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

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

$$V_{\text{б}} = V_{\text{пол}} \frac{n_t}{100}, \quad (5.6)$$

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

$$V_{\text{БГ}}^{\text{М}} = 30 \cdot V_{\text{б}} = 30 \cdot 83 = 2490 \text{ м}^3. \quad (5.7)$$

Годовая выработка биогаза равняется

$$V_{\text{БГ}}^{\text{ГОД}} = 365 \cdot V_{\text{б}} = 365 \cdot 83 = 30295 \text{ м}^3. \quad (5.8)$$

Определим размеры метантанка

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

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

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{MT}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 78,4}{3,14}} = 4,64 \text{ м}. \quad (5.9)$$

5.2.2 Определение среднемесячного количества вырабатываемого биогаза.

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

$$Q_{\text{ПОД}} = m_{\text{БМ}} \cdot c_{\text{БМ}} (t_{\text{ПР}} - t_{\text{ЗАГР}}) 10^{-3} \quad (5.10)$$

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

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

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

Среднемесячное количество теплоты определится из выражения:

$$Q_{\text{ПОД}}^{\text{М}} = Q_{\text{ПОД}} t_{\text{СУТ.М}}, \quad (5.11)$$

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

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

$$Q_{\text{ПОТ}} = kF(t_{\text{ПР}} - t_{\text{СР}}), \quad (5.12)$$

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

F – площадь поверхности метантанка, м^2 ;

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

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

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

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

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

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

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

Площадь поверхности метантенка определится из выражения:

$$F = S_{\text{БОК}} + 2 \cdot S_{\text{ОСН}}, \text{ м}^2, \quad (5.13)$$

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

$S_{\text{ОСН}}$ – площадь основания метантенка, м^2 .

$$S_{\text{ОСН}} = \frac{\pi d_B^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4,64^2}{4} = 16,9 \text{ м}^2. \quad (5.14)$$

$$S_{\text{БОК}} = \pi \cdot d_B \cdot h = \pi \cdot d_B^2 = 3,14 \cdot 4,64^2 = 67,6 \text{ м}^2. \quad (5.15)$$

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

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

$$k = \frac{1}{0,05 + \frac{0,3}{1,83} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{1}{1,75} + 0,05} = 0,4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

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

$$Q_{\text{ПОТ}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\text{ПОТ}} \cdot t_{\text{чМ}}, \quad (5.16)$$

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

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

$$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (5.17)$$

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

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

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

$$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z = 50 \cdot 78,4 \cdot 8 = 31,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Переводим полученные значения в МДж/мес:

$$Q_{\text{МЕХ}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot Q_{\text{МЕХ}} \cdot t_{\text{СУТМ}} = 3,6 \cdot 31,4 \cdot 30 = 3388 \text{ МДж/мес}. \quad (5.18)$$

Общие затраты энергии на поддержание процесса за месяц:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = Q_{\text{ПОД}}^{\text{М}} + Q_{\text{ПОТ}}^{\text{М}} + Q_{\text{МЕХ}}^{\text{М}}, \text{ МДж/мес}, \quad (5.19)$$

Количество биогаза, необходимое для поддержания процесса:

$$V_{\text{БГЗ}}^{\text{М}} = Q_{\text{ОБЩ}} / q_{\text{бг}}, \text{ м}^3/\text{мес}, \quad (5.20)$$

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

$$V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{М}} = V_{\text{БГ}}^{\text{М}} - V_{\text{БГЗ}}^{\text{М}}, \quad (5.21)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 5.1

Таблица 5.1 Выработанное количество биогаза по месяцам года:

месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	итого
$t_{ЗАГР}^{\circ C}$	5	5	5	9.4	16.2	20.2	23	22.1	16.3	9.2	5	5	
$Q_{ПОД}$, МДж/мес	17556	17556	17556	14797	10534	8026	6270	6834	10471	14923	17556	17556	
$Q_{ПОТ}^M$, МДж/мес	4066	3971	3404	2479	1765	1345	1051	1145	1755	2500	3204	3740	
$Q_{ОБЩ}$, МДж/мес	25010	24916	24348	20665	15687	12759	10709	11368	15614	20811	24149	24684	
$V_{БГЗ}^M$, $м^3/мес$	1000	997	974	827	627	510	428	455	625	832	966	987	
$V_{БГ\ TOB}^M$, $м^3/мес$	1490	1493	1516	1663	1863	1980	2062	2035	1865	1658	1524	1503	20651

6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Альтернативными источниками энергии являются возобновляемые природные ресурсы, использование которых имеет неограниченный потенциал и совершенно не наносит вред окружающей среде, и как следствие — здоровью людей. Такие источники — бесплатны и практически бесконечны.

Важнейшими преимуществами альтернативного энергообеспечения являются его автономность, доступность широкому потребителю и относительно простая реализация в частном секторе.

Такая практика привычна на Западе, и нет причин, почему бы она не могла развиваться и в нашей стране. Ничто не мешает установить у себя на участке солнечную батарею или ветряк, а выгода и удобства, связанные с ними быстро дадут о себе знать. Эффективность зависит только от оборудования, которое вы выберете.

Ни для кого не секрет, что цены на энергоносители в последнее время неуклонно растут и в обозримом будущем вряд ли упадут. Энергопотребление стремительно дорожает, и никогда нельзя быть уверенным в том, что завтра оно не станет требовать еще больших затрат со стороны потребителя. В связи с этим, набирает обороты новая отрасль энергетики — добыча энергии из альтернативных источников, таких как ветер, вода, солнце, тепло земных недр и другие.

Альтернативными источниками энергии являются возобновляемые природные ресурсы, использование которых имеет неограниченный потенциал и совершенно не наносит вред окружающей среде, и как следствие — здоровью людей. Такие источники — бесплатны и практически бесконечны.

Важнейшими преимуществами альтернативного энергообеспечения являются его автономность, доступность широкому потребителю и относительно простая реализация в частном секторе.

Такая практика привычна на Западе, и нет причин, почему бы она не могла развиваться и в нашей стране. Ничто не мешает установить у себя на участке солнечную батарею или ветряк, а выгода и удобства, связанные с ними быстро дадут о себе знать. Эффективность зависит только от оборудования, которое вы выберете.

Сейчас многие компании занимаются выпуском альтернативных энергодобывающих систем или их компонентов для домашнего использования.

Солнечные батареи и солнечные коллекторы

Солнечные батареи состоят из множества фотоэлементов, чаще всего на основе кремния, которые собирают свет и превращают его энергию в электрическую, то есть вырабатывают ток. Их работа зависит от времени года, географического расположения и времени суток, так что их часто комбинируют с аккумуляторами, запасующими излишки электроэнергии и питающими сеть тогда, когда батареи не получают достаточно света. С помощью солнечных батарей уже удалось создать электрические сети, независимые от государства и поставщиков, для отдельных домов и даже небольших городов. К тому же, излишки энергии можно направлять обратно в сеть, тем самым уменьшая показатели вашего счетчика и экономя деньги.

Разница между коллекторами и батареями в том, что они не вырабатывают ток непосредственно из света, а используют полученную энергию для нагрева теплопроводника, например, воды.

Ветряные генераторы

Энергию ветра использовали еще древние для приведения в движение мельниц и помола муки, сейчас ветряные генераторы используются для выработки электричества. Ветряной генератор (ветряк) устанавливают в местах с постоянным или частым ветром.

Тепловой насос

Тепловой насос использует принцип получения тепла описанный еще в 1852 году Лордом Кельвином.

В современном мире, с развитием науки и технологий, этот принцип реализован в одном из самых экономичных, эффективных и экологически чистых способах получения энергии для нагрева воды в системах отопления помещений и систем горячего водоснабжения.

Существующие системы тепловых насосов позволяют полностью отказаться от получения тепловой энергии путем сжигания различных видов топлива, таких как газ, уголь, дрова и т.п., что соответственно приводит к полной независимости от стабильно дорожающих энергоносителей. Одним из главных преимуществ тепловых насосов заключается в том, что 75% тепловой энергии получается из окружающей среды, что делает ее абсолютно бесплатной.

Тепловой насос работает по тому же принципу, по которому работает кондиционер или бытовой холодильник имеющийся в каждой семье. Суть принципа – хладагент (например фреон) имеет свойство при сжатии повышать на 10°C собственную температуру каждый раз при получении от внешнего источника всего 3°C. Вопрос, где можно бесплатно взять для хладагента температуру? Имеем три ответа: земля, вода, воздух. Тепловой насос возьмет из любой из этих сред рассеянное (низкопотенциальное) тепло, сконцентрирует его, значительно повысив температуру, и отдаст в систему отопления или горячего водоснабжения.

При использовании тепловых насосов, около 75% энергии для отопления и горячего водоснабжения отбирается из окружающей среды. И только 25% энергии тратится на работу самого теплового насоса.

При использовании теплового насоса для нагрева воды до 60°C тратится в три раза меньше энергии чем при использовании других источников нагрева в которых используется сжигание.

Одним из основных профилей деятельности нашей компании является подбор, проектирование и монтаж систем тепловых насосов. Исходя из площади Вашего помещения, его расположения и задач которые необходимо решить, мы квалифицированно подберем и смонтируем оптимальную индивидуальную установку ведущих мировых производителей при минимальных финансовых затратах.

В результате нашего сотрудничества Вы получите оптимальную систему с максимальной энергетической эффективностью позволяющей при затратах всего 0,2–0,3 квт/час электроэнергии, получить для отопления 1 кВт тепловой энергии.

Предоставим бесплатную консультацию, с удовольствием ответим на все ваши вопросы.

Комбинируя описанные выше системы можно сделать свой дом полностью автономным и не зависящим от внешних , тепло- и электро-поставщиков и газовых компаний.

Отрасль постоянно развивается и появляются новые, более эффективные и доступные возможности превратить мечты об энергетической независимости в реальность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудинов А. А. , Зиганшина С. К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Москва: Машиностроение, 2011. - 376 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/72807/>.
2. Родионов В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. Москва: ЭНАС, 2010. - 344 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/58071/>.
3. Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий. Под редакцией: Алексеенко С. В. - Новосибирск: Сибирское отделение Российской академии наук, 2009. - 399 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/97882/>.
4. Гарипов В. З., Минерально-сырьевая база топливно-энергетического комплекса России (тезисный вариант). Москва: ООО "ИГЭП" РАЕН", 2003. - 152 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/135539/>
5. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии [Электронный ресурс]: учебник / под ред. А. И. Завражнов. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 496с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/5841/page10/>
6. Ильинский, Н.Ф., Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 208с.
7. Сибикин, Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст]: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю Сибикин. - М.: Кнорус, 2010. – 228 с.
8. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии [Текст] : учебник для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по направлению 110300 - "Агроинженерия" / [Л. В. Бобрович и др.] ; под ред. А. И. Завражнова. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013. - 495 с.

9. Лачуга, Ю. Ф. Инновационное творчество - основа научно-технического прогресса [Текст] : учебное пособие / Ю. Ф. Лачуга, В. А. Шаршунов. - Москва : КолосС, 2011. - 455 с.

10. Краснощеков, Н. В. Инновационное развитие сельскохозяйственного производства России [Текст] / Н. В. Краснощеков ; МСХ РФ, Рос. НИИ информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК. - Москва : Росинформагротех, 2009. - 385 с.

11. Становление агроинженерной науки и образования в России (XIX-XX вв.) : учеб. пособие для студ. с.-х. вузов / С. А. Иофинов [и др.]. – Санкт-Петербург : СПб. ГАУ : Химиздат, 1999.