

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.05.01 Биогазовые установки**

**Направление подготовки (специальность) 35.04.06 Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы** Электротехнологии и  
электрооборудование в сельском хозяйстве

**Форма обучения** очная

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1,2 Продукты сбраживания .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 3,4 Технологические схемы биогазовых установок .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Лекция № 5,6 Аккумуляция газа.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Лекция № 7,8 Подготовка биогаза к использованию .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Методические указания по проведению практических занятий.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Практическое занятие ПЗ 1,2,3 Расчет тепловых режимов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Практическое занятие ПЗ 4,5,6 Расчет ветроэнергетических установок.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 Практическое занятие ПЗ 7,8,9 Расчет долгосрочных характеристик системы солнечного теплоснабжения.....</b>	<b>39</b>

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### 1.3. Лекция №1,2 (4 часа).

#### Тема: «Продукты сбраживания»

##### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Состав и свойства газа.
2. Перебродивший субстрат.
3. Загрязнение окружающей среды.

##### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

###### 1 Состав и свойства газа.;

В зависимости от функций, выполняемых специальными автоматическими устройствами, различают следующие основные виды автоматизации: автоматический контроль, автоматическую защиту, дистанционное и автоматическое управление, телемеханическое управление.

Автоматический контроль включает в себя автоматические сигнализацию, измерение, сортирование и сбор информации.

Автоматическая защита представляет собой совокупность технических средств, которые при возникновении ненормальных или аварийных режимов либо прекращают контролируемый производственный процесс (например, отключают определенные участки электроустановки при возникновении на них коротких замыканий), либо автоматически устраняют ненормальные режимы. Автоматическая защита тесно связана с автоматическим управлением и сигнализацией. Она

воздействует на органы управления и оповещает обслуживающий персонал об осуществленной операции.

В зависимости от степени автоматизации различают ручное, автоматизированное и автоматическое управление. При ручном управлении все функции управления выполняет человек-оператор. При автоматизированном управлении часть функций выполняет человек, а другую часть — автоматические устройства. При автоматическом управлении все функции управления выполняют автоматические устройства. В соответствии с этими понятиями принято разделять системы управления на автоматизированные и автоматические.

В современной автоматике системы управления разделяют на автоматизированные системы управления производством (АСУП) и технологическими процессами (АСУ ТП).

Опыт автоматизации промышленности показывает, что при частичной автоматизации затраты на средства автоматики составляют от 1 до 10% капитальных вложений на установку в целом, при комплексной – от 10 до 25 % и при полной — более 25 %. В сельском хозяйстве на средства автоматики и метрологические приборы расходуется менее 7 %, хотя в теплицах они составляют 15...40 % общей стоимости технологического оборудования.

###### 2 Перебродивший субстрат;

Целью управления ТП может быть: стабилизация некоторой физической величины, изменение ее по заданной программе или, в более сложных случаях, оптимизация некоторого обобщающего критерия: наибольшая производительность процесса,

наименьшая себестоимость продукта и т. д.

В самом простом случае (рис. 1.1, *a*) управление ТГТ осуществляется оператором 3, который на основании своего опыта и ориентируясь по показаниям контрольно-измерительных приборов 2 оценивает ход процесса по выходным параметрам  $Y(t)$  и принимает меры воздействия  $X(t)$  с целью устранения влияния внешних возмущений  $X_B(t)$ , действующих на объект управления 1. Естественно, результаты ТП в этом случае зависят от квалификации и добросовестности оператора.

Классификация автоматических СУ возможна по различным признакам, например, так, как это показано на рисунке 1.2

По методу управления автоматические СУ подразделяют на приспособляющиеся (адаптивные) и неприспособляющиеся к изменяющимся условиям работы ОУ.

Следующий признак классификации связан с результатом работы системы в установившемся состоянии. В соответствии с ним автоматические СУ делят на статические и астатические.

По виду дифференциального уравнения автоматические СУ подразделяют на линейные и нелинейные. К *линейным* относят системы, поведение которых описывается линейными дифференциальными уравнениями. Поскольку систем, абсолютно точно описываемых линейными дифференциальными уравнениями, практически не существует, сюда относят также линеаризованные системы, описываемые линейными дифференциальными уравнениями приближенно, при некоторых допущениях и ограничениях. К *нелинейным* относят системы, поведение которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями, причем в системе достаточно иметь всего один нелинейный элемент, чтобы вся она стала нелинейной.

### **3 Загрязнение окружающей среды;**

В общем случае система управления сельскохозяйственным производством строится путем последовательного объединения систем управления отдельными ТП при условии обеспечения максимальной универсальности систем, надежности и рационального использования новейших методов построения автоматических систем и технических средств. Такая поэтапная автоматизация позволяет получить наибольший эффект от внедрения автоматических устройств при минимальных затратах, связанных с автоматизацией важнейших звеньев ТП.

В состав технических средств локальных систем автоматики входят:

автоматические устройства с априорной или текущей информацией о возмущении, действующие по разомкнутой цепи преобразования сигнала в управляющее воздействие на ОУ;

автоматические регуляторы, обеспечивающие стабилизацию заданного значения регулируемой величины путем выработки управляющего воздействия, соответствующего отклонению этой величины от заданного значения;

средства автоматического контроля, которые выполняют функции измерения и регистрации контролируемых параметров процесса, а также сигнализации о достижении этими параметрами установленных предельных значений;

системы оптимизации, автоматически определяющие и поддерживающие оптимальный режим протекания ТП.

Структурная схема микропроцессорной системы управления на базе микроЭВМ показана на рисунке 1.4.

Существуют типовые измерительные преобразователи, позволяющие измерить и преобразовать в электрический сигнал практически любой технологический параметр. Это позволяет обходиться ограниченным числом преобразователей, регулирующих устройств и исполнительного механизма (ИМ) для автоматизации систем управления различного назначения.

### 1.2 Лекция №3,4 (4 часа).

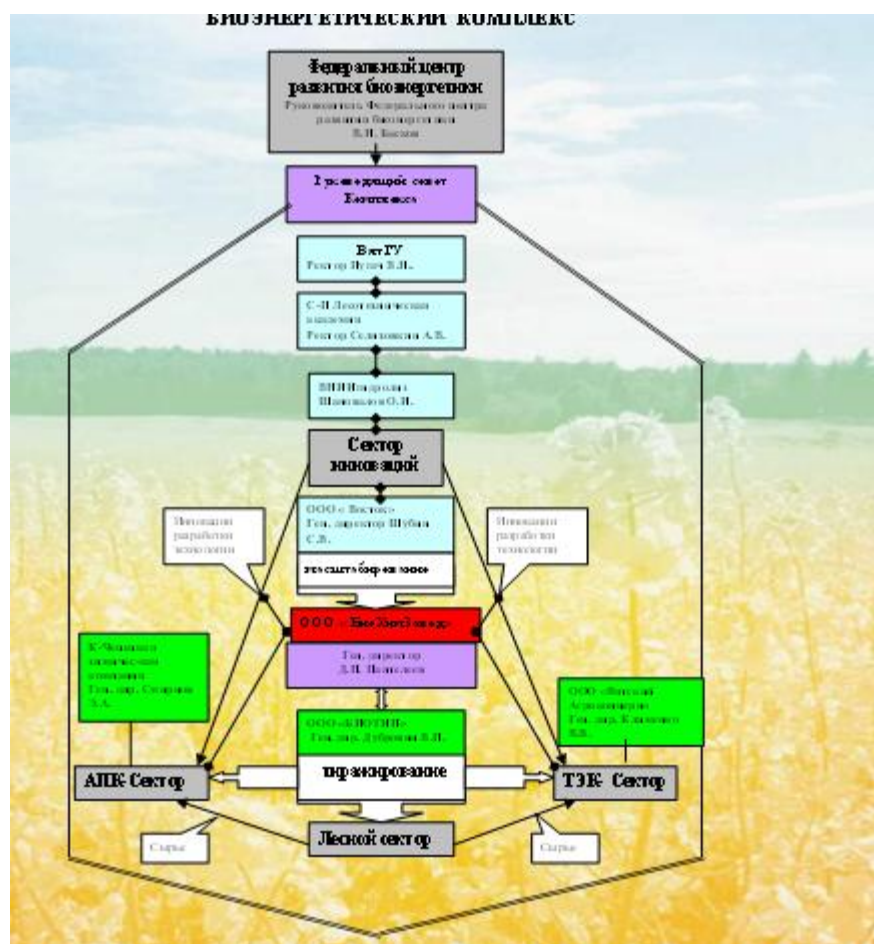
**Тема:** «Технологические схемы биогазовых установок»

### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Системы, применяемые в производстве биогазовых установок..
2. Компоненты установки.
3. Нагревательные устройства.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

## 1 Системы, применяемые в производстве биогазовых установок



Современное сельскохозяйственное производство — это объединение в комплекс сложных биотехнических систем.

Рассмотрим условия функционирования такой системы на базе одной из отраслей сельскохозяйственного производства — животноводства. При всем разнообразии технологических процессов в животноводстве их можно свести к сравнительно

небольшому числу видов единичных операций:

биологические, т. е. происходящие в организме животного;  
преобразования (приготовление корма, переработка навоза);  
тепловые;

механические (перемещение материальных потоков, вращение рабочих органов).

Решение по управлению ТП принимают с учетом распорядка дня, режимов работы, организационных особенностей ТП.

Технологический процесс характеризуют группой качественных и численных показателей, на которые влияют возмущающие, а также управляющие воздействия.

Возмущения, влияющие на ход технологического процесса, могут контролироваться, а могут иметь случайный и неконтролируемый характер (поломки оборудования, заболевания животных).

Качество стабилизации параметров определяется требованиями технологии автоматизированного процесса и возможностями системы управления. Как правило, переменные, входящие в вектор  $U$ , измеряют непосредственно, но иногда такая возможность отсутствует, и тогда соответствующий параметр может быть определен с помощью вычислительного устройства, использующего математическую модель процесса и результаты измерений входных возмущений.

## **2 Компоненты установки.;**

В общем виде структура управления ТП показана на рисунке 2.2. Если оператор — необходимая часть системы, то ее квалифицируют как автоматизированную, если нет — то как автоматическую.

Оператор действует в соответствии с целью управления, и его функции, в общем случае, очень обширны. К примеру, в обязанности оператора-животновода входят:

соблюдение распорядка дня содержания и режимов кормления животных;  
получение информации от зооветслужбы о коррекции условий содержания, кормления и т. д.;

восприятие информации о поведении объекта управления (животных);  
оценка и анализ технологической ситуации и выработка соответствующих решений;  
установка задания системе управления, коррекция программ в соответствии с текущими условиями;

анализ информационных потоков о ходе ТП; защита животных и оборудования в случае возникновения аварийной ситуации;

оперативная связь с вышестоящими органами управления, учет полученной продукции и т. д.

Все многообразие перечисленных задач, возникающих в ходе управления технологическим процессом, может быть классифицировано следующим образом.

Все пять рассмотренных принципов управления могут быть осуществлены в системах:

местного управления (оператор следит за ходом ТП и управляет им, находясь рядом с технологической линией);

дистанционного управления (оператор следит за ходом ТП по мнемосхеме, при этом улучшаются условия его работы, но контроль за ходом процесса ухудшается);

централизованного управления (оператор следит за ходом ТП с центрального пульта, имеющего развитую систему контрольно-измерительных приборов, а возможно и ЭВМ

в режиме оператора-советчика).

### **3. Нагревательные устройства.**

Автоматизация сельского хозяйства опирается на богатый опыт промышленности. Вместе с тем к методам и средствам автоматизации, применяемым в животноводстве и растениеводстве, предъявляют специфические требования, обусловленные особенностями сельскохозяйственного производства.

В отличие от промышленности в сельском хозяйстве наряду с техникой используются почва и живые организмы, машинная технология тесно переплетается и увязывается с биологическими процессами.

Немаловажные особенности — рассредоточенность сельскохозяйственной техники по большим площадям и удаленность ее от ремонтной базы, относительно малая мощность установок, тихоходность и невысокая квалификация обслуживающего персонала, а также сезонность их работы и непродолжительное использование в течение суток. Даже в животноводстве, где операции совершаются и повторяются ежедневно по определенному циклу, общее число часов работы машин в сутки относительно мало. Следовательно, средства автоматики должны быть очень многообразными, относительно дешевыми, простыми по устройству и надежными в эксплуатации.

Существенная особенность большинства сельскохозяйственных установок — их работа на открытом воздухе, где окружающая среда непостоянна: широкие пределы изменения влажности и температуры, наличие примесей, пыли, мякины, песка в полеводстве или агрессивных газов (аммиака, сероводорода и углекислого газа), бактериальной осемененности, плесени в животноводстве, а также наличие значительных вибраций и толчков.

При разработке устройств автоматики сельских установок их необходимо рассчитывать на широкие пределы изменения параметров окружающей среды. Это позволит получить высоконадежные средства, так как наиболее эффективные мероприятия борьбы за повышение надежности устройств автоматики — выбор элементов с малой опасностью отказов и различные способы увеличения надежности при проектировании. Указанные специфические особенности в первую очередь влияют на первичные преобразователи (датчики) и исполнительные органы автоматики, устанавливаемые непосредственно на объектах автоматизации и испытывающие все неблагоприятные условия окружающей среды. Остальные узлы автоматики можно располагать в отдельных помещениях или специальных шкафах, исключающих неблагоприятное воздействие окружающей среды.

#### **1.3. Лекция №5,6 (4 часа).**

**Тема: «Аккумуляция газа»**

*Аккумуляция* и последующее использование механической энергии возможно при движении автомобиля накатом. Для этого производят разгон автомобиля при полном или близком к полному открытии дросселя, а затем, отсоединив вал двигателя от коробки передач и прикрыв дроссель до положения холостого хода, дают автомобилю двигаться по инерции.

*Аккумуляция* - это процесс приведения текущей стоимости денег к их будущей стоимости при условии, что эта сумма удерживается на счете в течение определенного времени, принося периодически накапливаемый процент.

*Аккумуляция теплоты* обычно не требует дорогостоящих резервуаров высокого давления, но, с другой стороны, необходим значительно больший объем теплоносителя для сохранения заданного количества энергии.

*Аккумуляция теплоты* для теплоснабжения также практически не осуществляется, однако из-за большой емкости тепловых сетей небольшие перерывы в подаче теплоты для целей теплофикации могут практически не отразиться на температурном режиме отапливаемых помещений.

*Аккумуляция акций* путем обмена их на акции создаваемого юридического лица является наиболее предпочтительным механизмом по сравнению с другими, названными выше. Дело в том, что в этом случае происходит не просто временная консолидация голосов акционеров, при которой они будут иметь право отозвать свои голоса в любой момент (как, например, при вариантах доверенности, доверительного управления и залога акций под ссуды), а закрепление контрольного пакета акций на постоянной (или хотя бы на долгосрочной) основе.

*Аккумуляция тепла* осуществляется в бетонном полу. В соответствии с приведенными выше данными необходимый удельный объем теплоаккумулирующего бетонного пола составит  $V_{aK} = 0,0075 - 0,045 \text{ м}^3 / \text{м}^2$ , а всего требуется  $V_{aK0} = 0,4518 \text{ м}^3$  бетона. Необходимым условием эффективного функционирования пассивной системы отопления является рациональное размещение теплоаккумулирующего элемента, обеспечивающее его облучение Солнцем в течение как минимум 4 ч в день. Для этого он должен быть размещен непосредственно вблизи остекления.

Исходные	до 10 лет	от 10 до 20 лет	от 20 до 30 лет	от 30 до 40 лет
Возраст населения 15-17 лет	1000	6,18	0,45	32,8
Возраст населения 18-24 лет	1000	1,04	0,45	10,4
Возраст населения 25-34 лет	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 35-44 лет	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 45-54 лет	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 55-64 лет	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 65-74 лет	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 75 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 85 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 95 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 100 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 110 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 120 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 130 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 140 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 150 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 160 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 170 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 180 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 190 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8
Возраст населения 200 лет и старше	1000	0,82	1,08	10,8

## Свойства твердых и жидких теплоаккумулирующих.

*Аккумуляция теплоты* может осуществляться также в грунте, в частности, этот способ аккумуляции применяется в теплицах.

**Аккумуляция газа:** в пластах - для подземного хранения, поддержания и восстановления пластового давления; в сосудах - для хранения и перевозки в газообразном или жидком виде; в сосудах - для питания пневматических систем воздушного назначения (привод грузоподъемных, транспортных и других машин, различных инструментов и приспособлений; запуск ДВС; управление тормозами и



трансмиссиями; питание пневматических КИП и органов систем автоматического регулирования и управления); в трубопроводах и емкостях - для испытания на прочность и плотность путем опрес-совки.

*Аккумуляция газа* осуществляется: 1) путем хранения в газгольдерах под давлением; 2) заполнением пористых пород в подземных геологических выработках или истощенных газовых месторождениях; 3) сжижением; 4) переводом из газообразного состояния в твердое. [9]

*Аккумуляция теплоты* в здании позволяет системе какое-то время работать на холостом ходу. Применение терморегуляторов обеспечивает максимальную экономию. Функция антизамерзания обеспечивает температуру 5 С, при этом потребляется минимум энергии. Обогреватели не портят интерьер, они легко крепятся на кронштейнах к потолку, не занимая полезную площадь.

*Аккумуляция газа* в концевых участках магистральных газопроводов более доступно во многих случаях.

*Аккумуляция газа*: в пластах - для подземного хранения, поддержания и восстановления пластового давления; в сосудах - для хранения и перевозки в газообразном или жидком виде; в сосудах - для питания пневматических систем воздушного силового назначения (привод грузоподъемных, транспортных и других машин, различных инструментов и приспособлений; запуск ДВС; управление тормозами и трансмиссиями; питание пневматических КИП и органов систем автоматического регулирования и управления); в трубопроводах и емкостях - для испытания на прочность и плотность путем опрес-совки.

*Аккумуляция бюджетных средств* на едином счете Федерального казначейства позволит оперативно управлять финансовыми потоками для покрытия кассовых разрывов и удовлетворения временных потребностей региональных бюджетов в средствах.

*Аккумуляция тепловой энергии* может осуществляться в одном баке, разделенном перегородкой на две секции: верхнюю - для горячей и нижнюю - для холодной воды. С помощью теплового насоса теплота из нижней секции бака, где расположен испаритель, передается в верхнюю, в которой установлен конденсатор. В режиме отопления горячая вода из верхней части бака направляется в систему панельно-лучистого отопления. При работе системы в режиме охлаждения вода в верхней секции бака охлаждается в процессе ночного излучения теплоты коллектором, а для охлаждения помещения используется более холодная вода из нижней секции бака, причем необходимую разность температур обеспечивает тепловой насос.

### **1.3. Лекция №7,8 (4 часа).**

**Тема:** «Подготовка биогаза к использованию»

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Состав и свойства газа.
2. Перебродивший субстрат.
3. Загрязнение окружающей среды.

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1 Состав и свойства газа.;**

## Подготовка биогаза к использованию

Условия получения биогазов и наличие в их составе вредных и балластных примесей диктуют необходимость предварительной обработки биогаза перед использованием в тепловых установках. Для обеспечения функциональной и эксплуатационной безопасности, а также безопасной работы персонала газ должен быть предварительно очищен от вредных компонентов. Основные этапы при подготовке газа к использованию:

- о отделение влаги и взвешенных частиц;
- о удаление сероводорода;
- о удаление галогенсодержащих соединений;
- о удаление углекислого газа;
- о сжатие или сжижение (при использовании в качестве горючего для транспортных средств).

Биогаз выходит из биореактора (метантенка) при температуре процесса брожения в водонасыщенном состоянии. До момента использования газ значительно охлаждается, вследствие чего выпадает конденсат, и возникает опасность замерзания в холодный период года. По этой причине биогаз должен быть осушен. Обычно газ от биореакторов по газопроводу поступает в газосборный пункт (ГСП), где устанавливается влагоотделитель. Из влагоотделителя конденсат отводится в сливной бак, откуда по мере наполнения откачивается насосами. При снижении температуры биогаза после ГСП возможна конденсация паров, растворенных в биогазе. Для удаления конденсата по тракту предусматриваются сборники конденсата в нижних точках. Конденсатосборные устройства рассчитываются на максимально возможное количество жидкости.

Наиболее дешевым способом осушки является метод охлаждения, когда газ пропускают через влагоотделитель, служащий одновременно для осушки и отделения взвешенных частиц. Осушка методом охлаждения примерно до 10 °С достаточна для распространенных способов использования газа, например, для получения тепла при сжигании и для выработки электроэнергии. При необходимости более глубокой осушки (в случае использования газа в газовых двигателях) применяют адсорбционную осушку (в качестве сорбентов применяют оксид алюминия  $Al_2O_3$ , хлорид кальция  $CaCl_2$ , силикагель) или осушку жидкими поглотителями влаги (этилен- и триэтиленгликоль).

Отделение взвешенных частиц необходимо во всех случаях с целью предотвращения засорения арматуры и трубопроводов. Чаще всего достаточна грубая фильтрация в гравийном фильтре. Иногда применяют тонкие фильтры из стекловолокна, но это связано с повышением затрат.

Содержание сероводорода в биогазе может достигать 3 %. Сероводород совместно с водяными парами и особенно в комбинации с углекислым газом оказывает корродирующее воздействие на металлические поверхности газооборудования, причем скорость коррозии может достигать 0,5-1 мм в год. При сжигании биогаза сероводород переходит в оксиды серы. Они, взаимодействуя с водяным паром, образуют серную и сернистую кислоты, которые также являются коррозионно-активными. Кроме того,  $H_2S$ ,  $SO_2$  и  $SO_3$  -высокотоксичные газы.

Хлор- и фторсодержащие углеводороды приводят к коррозионной опасности вследствие образования соляной и плавиковой кислоты при конденсации продуктов сгорания в агрегате

Очистка от сероводорода и галогенсодержащих углеводородов производится на действующих установках различными способами: адсорбция на активированном угле или абсорбция в промывочном растворе.

При адсорбции биогаз сначала проходит через специально обработанный активированный уголь, где  $H_2S$  окисляется до серы, которая сорбируется порами угля (0,3 кг серы на 1 кг активированного угля). Водяной пар, содержащийся в биогазе, адсорбируется на активированном угле, вследствие чего уменьшается активность угля по отношению к галогенсодержащим углеводородам. Поэтому перед следующим этапом очистки биогаза проводят осушку. Далее газ пропускают через очередную насадку с активированным углем, на которой адсорбируются галогенсодержащие углеводороды.

Другой способ отделения тяжелых и галогенсодержащих углеводородов - абсорбционная очистка, основанная на разной растворимости компонентов газа в воде или водных растворах различных химических соединений. При этой технологии галогенсодержащие соединения абсорбируются промывочным раствором, состоящим из смеси органических растворителей (вымываются). Достижимая при этом эффективность очистки от соединений хлора составляет более 95 %.

Наиболее простым и дешевым способом отделения  $CO_2$  является промывка водой. В абсорбере при избыточном давлении порядка 1 МПа углекислый газ поглощается водой.

Способ мембранного разделения  $CH_4$  и  $CO_2$  основан на различной проницаемости компонентов газа через мембрану. Ученые из Института нефтехимического синтеза (ИНХС) РАН предложили сочетать этот способ с абсорбционным методом разделения (рис. 4) Такие установки обеспечивают производительность 50 м<sup>3</sup>/ч.

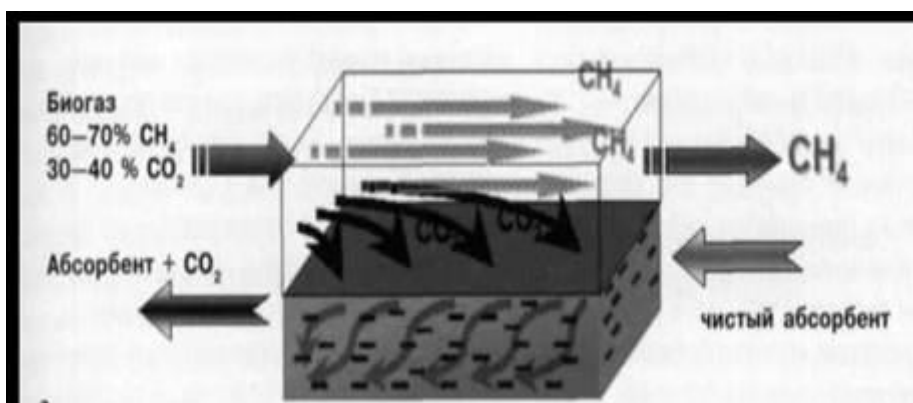


Рис.4. Разделение  $CH_4$  и  $CO_2$  адсорбционным и мембранным методами [1]

В транспортных средствах в качестве горючего можно использовать сжатый или сжиженный газ. Один кубометр биогаза, сжатый до 2 МПа при температуре 0°C, занимает объем 2,95 дм<sup>3</sup>. В пятидесятилитровых баллонах высокого давления при таких условиях можно хранить 17 м<sup>3</sup> газа, тогда как при таком же давлении и температуре 40 °C или 50 °C - только 15,5 м<sup>3</sup> или 14,5 м<sup>3</sup> соответственно [3]. Перед сжатием или сжижением газ практически полностью освобождается от углекислого газа, сероводорода и других примесей.

## **Основные направления и мировые лидеры использования биогаза**

Достаточно высокое содержание метана в биогазе, а следовательно, и высокая теплота сгорания, предоставляют широкие возможности применения биогаза. При разработке систем по производству и использованию биогаза выбираются оптимальные варианты комплектации установок из множества возможных с учетом многочисленных местных и внешних условий. С точки зрения утилизации энергии биогаза можно выделить следующие основные направления его использования:

- о для покрытия собственных энергетических нужд БГУ (в наиболее холодный период года практически весь потенциал биогаза используется для энергообеспечения установки);

- о в качестве топлива для получения горячей воды или пара на покрытие технологических нужд очистных сооружений или сельскохозяйственных производств;

- о для сушки сброженного осадка;

- о в качестве топлива для получения теплого воздуха или горячих газов на сушку сельхозпродукции или обогрев сельскохозяйственных зданий;

- о в теплицах для отопления и подкормки растений углекислым газом;

- о для замены мазута при термической переработки отходов (25 т мазута в сутки заменяется 45000 м<sup>3</sup>биогаза);

- о в качестве горючего для двигателей транспортных средств;

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **2.1 Практическое занятие №1,2,3 (6 часа).**

**Тема:** Расчет тепловых режимов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

#### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Изучить краткое техническое описание БУ
2. Подготовить отчет о выполненной работе.

#### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

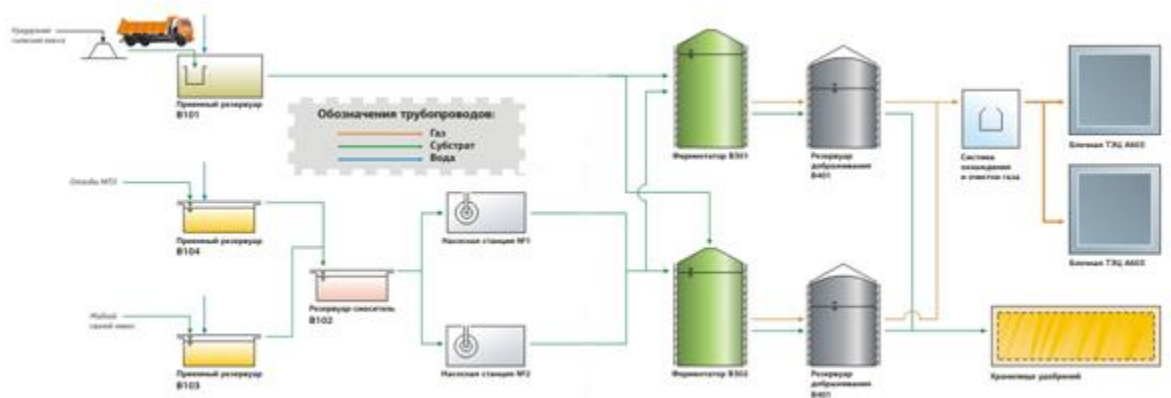
##### **Краткое техническое описание БУ:**

Биогазовая установка используется для выработки электрической и тепловой энергии, а также производства биоудобрений на основе биогазовых технологий.

**Биогазовая установка** – устройство, осуществляющее переработку органических отходов в биогаз и органические удобрения. Биогазовая станция – более широкое понятие, оно включает комплекс инженерных сооружений, состоящий из устройств для подготовки сырья, производства биогаза и удобрений, очистки и хранения биогаза, производства электроэнергии и тепла.

Применение биогазовой установки позволяет решить проблему переработки органических отходов. В качестве сырья для переработки используются отходы животноводства.

Принцип работы биогазовой установки заключается в утилизации отходов растительного и животного происхождения с помощью анаэробных микроорганизмов. Все компоненты подаются в приёмные резервуары. После смешивания сырьё поступает в ферментаторы через теплообменники, находящиеся в насосной станции. Под воздействием бактерий и микробов происходит процесс ферментации, в результате которого вырабатывается биогаз. По трубопроводам он подаётся в резервуары дображивания. В эти же резервуары подается смесь компонентов из ферментаторов. Здесь завершается процесс ферментации, газ через систему охлаждения и очистки поступает в блочную ТЭЦ, где вырабатываются электроэнергия и тепло, а продукт ферментации (биологические удобрения) — в хранилище удобрений. Таким образом, в результате технологического цикла образуются биогаз и биологические удобрения. Количество биогаза зависит от состава субстратов и содержания в них органических веществ. На 1 м<sup>3</sup> биогаза будет производиться от 2 до 4 кВт электроэнергии. Тепловая энергия, вырабатываемая станцией, расходуется на собственные нужды и утилизируется. Богатые азотом, фосфором и калием биологические удобрения можно непосредственно вносить в почву, полностью или частично заменяя минеральные и традиционные органические удобрения. Использование биоудобрений позволяет увеличить урожайность на 30-50%.

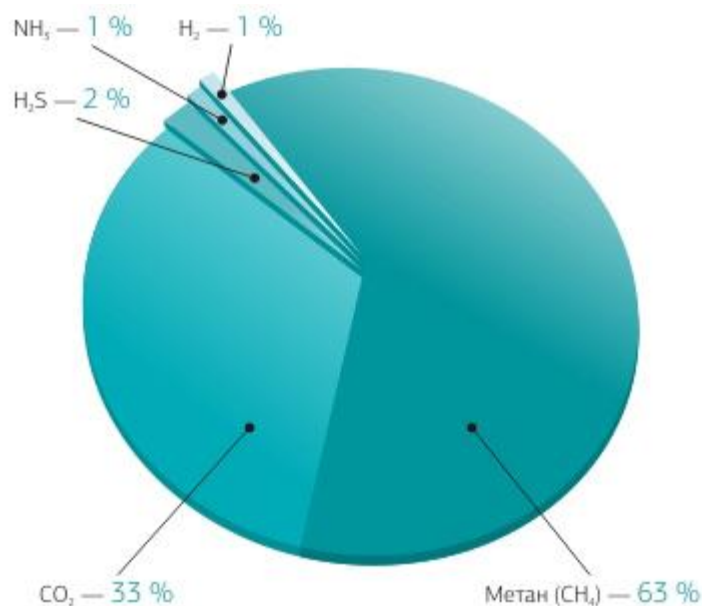


### Что такое биогаз?

**Биогаз** – горючая смесь газов, получаемая при разложении органических субстанций в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения). После окончания реакции, на выходе из реактора получают уже готовые к использованию органические удобрения (жидкие и твердые). Для эффективного производства биогаза из органического сырья создаются комфортные условия для жизнедеятельности нескольких видов бактерий при отсутствии доступа кислорода.

Сырьем для получения биогаза может служить широкий спектр органических отходов: твердые и жидкие отходы агропромышленного комплекса, сточные воды, твердые бытовые отходы, отходы лесопромышленного комплекса, однако наиболее эффективно использование отходов животноводческих и птицеводческих ферм, предприятий АПК и сточных вод.

Химический состав биогаза: 50-87% метана ( $\text{CH}_4$ ), 13-50% углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), незначительные примеси водорода ( $\text{H}_2$ ), сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и аммиака ( $\text{NH}_3$ ). В результате очистки получается биометан, который является полным аналогом природного газа.



Произведенные на биогазовой станции органические удобрения (биошлам) богаты азотом (N), фосфором (P) и калием (K). По сравнению с минеральными, биоудобрения усваиваются растениями почти на 100% (минеральные - на 35-50%, остальное откладывается в виде нитратов), при этом, содержание нитратов в продуктах сводится к минимуму.

По многим показателям биоудобрения в несколько раз лучше других органических удобрений (навоз, помет, торф):

- Отсутствие семян сорняков, приводящих к потере урожая;
- Отсутствие патогенной микрофлоры;
- Наличие активной микрофлоры, способствующей интенсивному росту растений;
- Отсутствие адаптационного периода для эффективного воздействия;
- Стойкость к вымыванию из почвы питательных элементов;
- Максимальное сохранение и накопление азота;
- Экологическое влияние на почву.

*Биогазовая установка это:*

- Надежная и экономически выгодная альтернатива магистральному природному газу и централизованному электроснабжению.
- Получение нескольких видов энергоресурсов: электроэнергия, тепло, газ, моторное топливо.
- Решение проблем утилизации органических отходов с разделением их на биоорганоминеральный сток и органоминеральные удобрения с высоким содержанием азота, фосфора, калия – залог высоких урожаев.
- Независимость от растущих тарифов и возможных сбоев в поставках газа и электроэнергии.

***Какие проблемы решают биогазовые станции?***

Проблема сокращения выбросов парниковых газов в мировой практике решается с помощью биоэнергоустановок с экологически замкнутым циклом конверсии газов (биогазовых установок). В Белгородской области в результате реализации областных целевых программ по развитию птицеводства и молочного животноводства ежегодно образуется свыше 1020 тыс. тонн навоза крупного рогатого скота, 1800 тыс. кубометров свиноводческих стоков, более 1100 тыс. тонн куриного помета, из которых можно в сутки производить свыше 500 тысяч кубометров биогаза.

Процесс переработки органических отходов в биогаз позволяет предотвратить выброс в атмосферу метана - источника неприятного запаха. Известно, что метан в 20 раз сильнее влияет на парниковый эффект, чем углекислый газ, и находится в атмосфере порядка 12 лет. Переработанные отходы могут применяться в качестве экологически чистых

удобрений, что позволит снизить применение их химических аналогов, а значит уменьшить негативное воздействие на грунтовые воды.

### **Биогазовая установка для птицекомплексов**



Биогазовая установка на птичьем помете

Биогазовая установка на птицекомплексе поможет снизить долю энергетических затрат в себестоимости готовой продукции, обеспечить птицекомплекс энергетическими ресурсами без использования внешних источников энергии и создать экологически чистую зону.

### **Подробнее обо всех выгодах от биогазовой установки**

#### **Биогаз**

Биогаз близок по своим характеристикам к природному газу. Синонимами для биогаза являются такие слова, как газ-метан, канализационный газ или болотный газ.

Его можно:

- использовать как природный газ;
- накапливать, перекачивать;
- сжигать для производства тепловой и электрической энергии;
- использовать для заправки автомобилей.

**Из одной тонны птичьего помета в биогазовой установке можно получить 130м<sup>3</sup> биогаза.**

#### **Справка**

**Биогаз** (из помета) - это газ, состоящий примерно из 70-75% метана (CH<sub>4</sub>) и 30-25% углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Он образовывается в процессе анаэробного разложения органических субстратов, и по сути, является продуктом обмена веществ бактерий.



**Анаэробное брожение** - процесс распада органических соединений в условиях отсутствия кислорода.

## **Биоудобрения**

Птичий помет (сухой или жидкий) не является качественным удобрением. Основная часть помета в больших количествах постоянно накапливается возле птичников. Для того, чтобы помет стал удобрением должен пройти длительный период времени (6-9 месяцев). И чем дольше помет лежит, тем больше теряет питательных веществ. Поэтому возникает потребность в эффективной переработке. Биогазовая технология позволяет в короткие сроки, с помощью анаэробного сбраживания, получить натуральные биоудобрения, содержащие биологически активные вещества и микроэлементы. Вот основные преимущества биоудобрений после биогазовой установки в сравнении с пометом и минеральными удобрениями.

**Максимальное сохранение и накопление азота.** При длительном хранении (компостировании) помет теряется до 50% общего азота. Благодаря анаэробному сбраживанию в биогазовой установке общий азот N в биоудобрении полностью сохранится, кроме того, содержание растворимого азота  $\text{NH}_4\text{-N}$  увеличивается на 10-15%. В одной тонне переработанных отсепарированных биоудобрений его содержится от 15 до 30 кг и 3-7 кг в жидкой фракции.

**Отсутствие патогенной микрофлоры.** В помете могут содержаться опасные для птицы и человека болезни и инфекции. Биоудобрения, благодаря специальной технологии переработки в биогазовой установке, полностью лишены патогенной микрофлоры.

**Наличие активной микрофлоры.** Высокий уровень гумификации органического вещества служит мощным толчком для активации грунтовых микроорганизмов, азотофиксирующие и другие микробиологические процессы происходят намного быстрее.

**Отсутствие периода хранения.** Благодаря своей форме, биоудобрения начинают эффективно работать сразу при внесении, и не нужно хранить их в лагунах несколько лет.

**Стойкость к вымыванию из почвы питательных элементов.** За сезон из почвы вымывается около 80% минеральных удобрений, потому приходится их ежегодно добавлять в больших количествах. За это же время из почвы вымывается всего до 15% биоудобрений. Внесенные на ваши поля в небольшом количестве биоудобрения будут работать на 3-5 лет дольше, чем обычные.

**Экологическое влияние на почву.** Птичий помет при длительном хранении может наносить большой вред окружающей среде, загрязняя почву и грунтовые воды. Тогда как биоудобрения являются абсолютно чистым экологическим удобрением.



### **Утилизация или очистка**

Биогазовая установка - это самая активная система очистки. Любые другие системы очистки потребляют энергию, а не производят. Продукты любой системы очистки нужно еще продавать, а продукт биогазовой установки нужен Вашему предприятию самому.

Поскольку процесс происходит без доступа воздуха (ферментаторы полностью герметичны), то запахи при переработке не распространяются. Биогазовая установка позволяет убрать основную массу загрязняющих органических веществ, поэтому после установки отходы не имеют отвратительного специфического запаха. После обычных систем очистки отходы так и остаются отходами. После биогазовой установки - это высококачественные удобрения.

### **Экономия капитальных затрат**

Для новых строящихся птицекомплексов экономия будет колоссальной. Ведь Вам не придется протягивать газопровод, линию электропередач, устанавливать резервные дизельные генераторы и строить резервуары для отходов. За счет ускоренного сбраживания объем лагун можно уменьшить вдвое. Экономия капитальных затрат составит 30-40% от стоимости биогазовой установки.

### **Особенности технологии и принцип работы**

Основными отличительными особенностями птичьего помета от других субстратов являются:

- 1) большое содержание протеина (белка), который является источником азота;
- 2) влажность субстрата.

Поэтому птичий помет перерабатывается по особой технологии, по сравнению с навозом крупного рогатого скота и свиней. При сбраживании используют двустадийную технологию. После приемного резервуара, рассчитанного на 1-2 дня накопления субстрата, помет перекачивается в реактор гидролиза, в котором он находится 8-10 суток. Там создаются специальные температурные условия, повышается влажность, и контролируется уровень pH. Из реактора гидролиза идет дозированная подача в ферментатор, это является важнейшим фактором для сохранения бактериального баланса. Биогаз собирается во внешних газгольдерах, изготовленных из прочного растяжимого материала.



Система подачи разжиженного помета

Птичий помёт завозится ежедневно на территорию биогазовой установки и выгружается на площадку помётохранилища. Оттуда суточная порция помёта в течении дня загружается в концентрический резервуар через приёмное устройство. Приёмное устройство препятствует попаданию крупных нежелательных предметов вовнутрь приёмного резервуара. В этот же резервуар загружается жидкая фракция для приготовления водного раствора, который способствует быстрому протеканию реакции гидролиза и последующей ферментации органических веществ помёта. В результате этой реакции получается биогаз и биоудобрения. В качестве жидкой фракции используется фильтрат после брожения водного раствора. На время запуска БГУ используется вода.



Участок разделения переброженной массы

После получения водного раствора производится гидролизное окисление. Для этого раствор загружается в герметичный концентрический резервуар на время протекания реакции около 4 суток. Необходимым условием протекания реакции является температура раствора 25-28 °C и тщательное перемешивание. Поэтому резервуар оборудован внутренним настенным радиатором отопления и системой механического помешивания.

После очищения и гидролизного окисления водный раствор помёта приобретает качество питательного субстрата.



Система гидравлического смешивания

Субстрат содержит простейшие спирты и ацетат которые растворимы в воде. Полученный субстрат под давлением загружается в герметичный ферментатор брожения, где проходит окончательная стадия переработки помёта в биогаз и биоудобрения в течении 30 сут.

Необходимым условием протекания реакции является температура раствора 36-38С<sup>0</sup> и равномерная загрузка субстрата по всей площади реактора. Подача сырья в ферментатор происходит 8-12 раз в сутки в программно-временном режиме с помощью насоса.

Ферментатор является газонепроницаемым, полностью герметическим резервуаром из высококачественного железобетона. Для поддержания стабильной температуры он оборудуется внутри системой подогрева днища и стенок. Эта система проходит обязательное гидравлическое испытание. Для меньшей потери тепла реактор теплоизолируется снаружи. Внутри реактора находится система смешивания, которая гарантирует полное и бережное перемешивание. Выгрузка переброженного субстрата происходит автоматически с такой же периодичностью, как и загрузка. Управление работой всей биогазовой станции производится по командам от центрального программного модуля в программно-временном режиме и по датчикам предельных значений.



Газгольдер

Произведенный биогаз собирается в газгольдере. Газгольдер используется в качестве перекрытия ферментатора биогазовой установки и выполняет функцию хранения газа. Мембрана имеет высокую стойкость к ультрафиолету и озону, и низкую пропускную способность биогаза. Материал устойчив к поджогу и является чрезвычайно растяжимым. Отведение биогаза происходит по трубопроводу, который оснащен устройствами автоматического отвода конденсата и предохранительными устройствами, которые защищают газгольдер от превышения допустимого давления. Устройства работают по датчикам предельных значений.



Система очистки биогаза от серы и аммиака

Из газгольдера идет непрерывная подача биогаза на когенерационную установку или систему очистки газа. Переработанный субстрат после установки подается на сепаратор. Система механического разделения работает от 8-12 раз в сутки в программно-временном режиме и разделяет остатки брожения после ферментатора на твердые и жидкие биоудобрения. Транспортировка твердой фракции биоудобрения производится погрузчиком, а транспортировка жидкой фракции - с помощью насоса и



трубопровода в лагуну для хранения. Твердые удобрения можно использовать на собственных полях или подсушивать, запаковывать в мешки и продавать.



Щит автоматики

Все оборудование контролируется автоматической системой, затраты человеческого труда минимальны. После 2-х недельного обучения на установке может работать человек даже без особых навыков, так как все системы и участки биогазовой станции, оснащенные оборудованием, выполняют операции по командам системы автоматики. Используется два режима по организации и контролю работы систем на участках биогазовой станции:

- программно-временное управление технологическими фазами осуществляется по временным интервалам и синхронизируется между системами;
- по значениям контрольно-измерительных приборов. По этому принципу организованы системы автоматического контроля предельных или аварийных значений технологических операций.



Центральная диспетчерская

Сигналы для синхронной работы всей станции поступают на центральный программно-логический контроллер. Контроллер производит опрос всех участков комплекса и выводит информацию на экран монитора. На экране отображены все сооружения и узлы оснащенные электроприводом и датчиками значений параметров среды. Каждый раз при перезагрузке биогазовой установки ведется регистрация

значений параметров биомассы. Работа биогазовой установки отображается на мониторе центральной диспетчерской. Диспетчерская оборудована центральным пультом управления, позволяющим переводить работу всех участков биогазовой установки в ручной или автоматический режим для местного или дистанционного управления.

### **Биогазовая установка Mockern**

Действующая биогазовая установка на органических отходах птицекомплекса запущена в 2003 году в городе Mockern (D 39291) Германия. В качестве органических отходов используется птичий помет и отходы убойного цеха (жир, кровь, сточные воды).



Общий вид ферментатора

Полученный биогаз в процессе сбраживания субстрата подается на расстояние 1,5 км для производства электрической и тепловой энергии.

Переброженный субстрат после биогазовой установки используется в сельском хозяйстве в качестве органических биоудобрений.

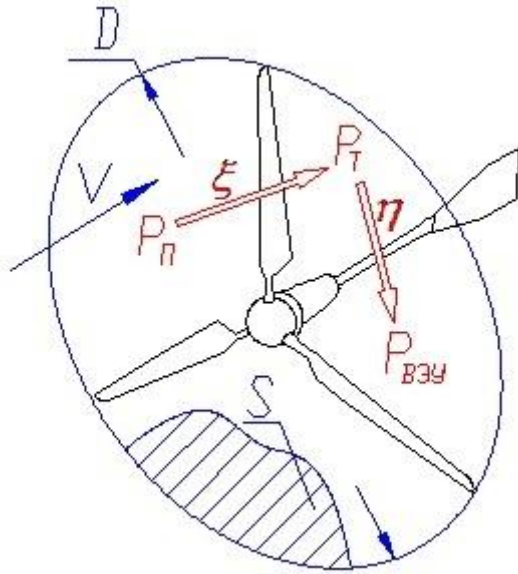
Технологические особенности биогазовой установки Mockern предусматривают два дополнительных модуля: пастеризация отходов бойни (при  $T=70^{\circ}\text{C}$ ) и гидролиз субстрата (при  $T=27^{\circ}\text{C}$ ), что позволяет ускорить процесс сбраживания при максимальном разложении органического вещества. Разработана новая система перемешивания субстрата в ферментаторе, которая позволяет получать высокий выход биогаза из субстрата при минимальных затратах энергии.

Использование модуля доочистки биогаза (удаление влаги и серы) после биогазовой установки обеспечивает получение газа высокого качества ( $\text{CH}_4=70\text{-}75\%$ ).





## Расчет параметров ветроэнергетической установки



Перед тем как будет продемонстрирован пример выбора ветроэлектростанции (ВЭС), следует узнать, каким образом поток воздуха трансформируется в электрическую энергию и сколько такой энергии можно будет получить на своем участке. По приведенной формуле можно рассчитать энергию, которая «гуляет» вашим участком:

$$P = V^3 \cdot \rho \cdot S$$

Например, на площадь, равной 3 кв.м дует воздушный поток обычной плотности со скоростью 5 м/с. При таких условиях получим:

$$P = V^3 \cdot \rho \cdot S = 5^3 \cdot 1,25 \cdot 12,5 = 1953,125$$

Где,

V - скорость ветра, единица измерения - м/с

ρ - плотность воздуха, единица измерения - кг/м<sup>3</sup>

S - площадь, на которую дует (пожимает) воздушный поток, единица измерения - м<sup>2</sup>

Почти 2 кВт, в идеале, если не учитывать ту часть потока, которая пойдет на завихрения, обтекание объекта и т.д. В реальных условиях максимально мы можем получить 30-40% от потенциальной энергии воздушного потока. Это ограничение связано с технологическим и физическим выполнением ветрогенератора. Более точный расчет можно сделать по следующей формуле:

$$P = \xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ген}$$

Где,

ξ - коэффициент использования энергии ветра (в номинальном режиме для быстрходных ветряков достигает максимум  $\xi_{max} = 0,4 \div 0,5$ ), безмерная величина

R - радиус ротора, единица измерения - м

V - скорость воздушного потока, единица измерения - м / с

ρ - плотность воздуха, единица измерения - кг/м<sup>3</sup>

η<sub>ред</sub> - КПД редуктора, единица измерения - проценты

η<sub>ген</sub> - КПД генератора, единица измерения - проценты

Для следующих данных:

$$\xi = 0,45$$

$$R = 2 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ м / с}$$

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

$$\eta_{\text{ред}} = 0,9$$

$$\eta_{\text{ген}} = 0,85$$

Рассчитываем:

$$P = \xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} = 0,45 \cdot \pi \cdot 2^2 \cdot 0,5 \cdot 5^3 \cdot 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,85$$

Не так много выходит... почему тогда использование ВЭС выгодно? Лучшим подтверждением в данном случае послужит «живой» пример. Для этого, как пример, приведем характеристики установки одной из украинских компаний, которая вежливо согласилась предоставить расчетные данные из собственных продуктов.

### Ветроэнергетика на практике

Рассматриваемая модель имеет номинальную мощность 5кВт и следующие важные для нас технические параметры:

Технические характеристики ветроэлектростанции WE3000

Номинальная мощность генератора, кВт	3
Максимальная мощность генератора, кВт	5,1
Диаметр ротора, м	4,5
Стартовая скорость ветра, м/с	2,0
Номинальная скорость ветра, м/с	10
Высота мачты не менее, м	12

По данным инженерного центра компании WindElectric модель WE3000 имеет следующую характеристику (мощность в зависимости от скорости ветра): При скорости ветра 10 метров в секунду такая установка будет генерировать более 3кВт ч, такого количества энергии полностью хватит для маленького коттеджа, но стоит помнить, что в нашей стране далеко не всегда ветренно.

Пришло время выяснить важнейший вопрос, сколько же это будет стоить и через какое время окупится? Стоимость электроэнергии приближенно можно определить по следующей схеме:

Где,

В - полная стоимость ВЭС, единица измерения - грн, рубли, \$ и т.д.

ЕВ - эксплуатационные расходы за год, единица измерения - (грн / год, рубли / год, \$ / год)

Р - количество произведенной энергии за год, единица измерения - кВт • время

Т - срок службы ветрогенератора в годах (считается Т = 20 лет)

Среднегодовая скорость ветра, м/с	Выработка энергии за год,	Срок окупаемости,	ВЭС WE3000
--------------------------------------	------------------------------	----------------------	---------------

	кВт•год	лет
	3	1445
4	3048	
5	5913	
6	8935	
7	12864	

## Ориентирование в потребностях

Совершая покупку, мы не всегда точно знаем, что с ней делать и насколько она нам необходима. В случае с ветроэлектростанцией это следует непременно выяснить.

Вариант первый: Я хочу частично обеспечить свою квартиру независимым источником энергии (мой дом подключен к внешней сети. В таком случае мощность установки будет зависеть от количества энергии, которую вы хотите получать не из сети, а генерировать самостоятельно.

Вариант второй: Я хочу обеспечить свою квартиру независимым источником энергии, поэтому выбираю вариант ВЭС (мой дом не подключен к внешней сети. В этом случае нужно точно знать свои потребности в электроэнергии.

В чем отличие этих двух вариантов? В обоих случаях требуется ВЭС, но необходимо знать, в какой мере она будет использоваться, следовательно, какой мощности установка будет нам нужна.

Подготовка к выбору ВЭС... правильнее будет написать подготовка к разговору с компанией-специалистом, кто же еще сможет предоставить услуги по установке, настройке и гарантийного обслуживания? Прежде чем сделать вам предложения, компания должна иметь некоторые сведения. Попробуем узнать о них. Это заинтересует и вас. Для двух приведенных выше вариантов подготовка имеет несколько общих пунктов:

1. Потребности. Если вы решили купить сок, то сначала оцениваете силу жажды, которую чувствуете. После этого покупаете бутылку сока соответствующего объема. Для установки ВЭС нужно знать свои «аппетиты». Под «аппетитами» в нашем случае следует иметь в виду количество потребляемой электроэнергии за сутки, месяц, время года. Необходимо также установить границу верхней нагрузки (к примеру, в праздничные дни в вашем доме работают одновременно два телевизора, музыкальный центр, компьютер, освещение в нескольких комнатах, микроволновая печь и т.д.), т.е. верхний предел нагрузки - это максимальное энергопотребление вашего жилища. Необходимо также знать продолжительность этой максимальной нагрузки. Установить общее энергопотребление очень просто, однако это потребует от вас изрядной тщательности. Ваша задача - выяснить мощность каждого электроприбора в помещении и время его работы, а после внести сведения в таблицу.

2. Размещение. Следующим подготовительным этапом будет ориентировочный (!) выбор места расположения ВЭС. Ориентировочный, поскольку только специалисты смогут определить наилучший вариант для Вашего индивидуального случая. Однако есть несколько пунктов, которые позволяют лучше представить возможное расположение ВЭС. Следует помнить 3 золотых правила:

\* Турбулентность. Ветротурбина должна размещаться на 10 метров выше наивысшего объекта в радиусе 100 метров (включая ЛЭП).

\* По возможности, ВЭС должны размещаться на открытых участках (берегах рек, морей, озер).

\* Орография местности. Следует учитывать, что в природных ущельях, каньонах поток воздуха имеет свойство сжиматься и, как следствие, увеличивается его скорость. Подобную ситуацию можно наблюдать на пригорках.

3. В случае, если ваш загородный дом не планируется подключать к общей сети, то следует рассмотреть вариант комбинированных систем:

\* ВЭС + Солнечные батареи

\* ВЭС + Дизель

Комбинированные варианты помогут решить проблемы в регионах, где ветер переменчивый или зависит от времени года, а также данный вариант является актуальным для солнечных батарей.

### **2.3 Практическое занятие №7,8,9 (6 часа).**

**Тема:** Расчет долгосрочных характеристик системы солнечного теплоснабжения

#### **2.3.1. Задание для работы:**

При существующем уровне научно- технического прогресса энергопотребление может быть покрыто лишь за счет использования органических топлив (уголь, нефть, газ), гидроэнергии и атомной энергии.

Однако, по данным многочисленных исследований, органическое топливо может удовлетворить потребности мировой энергетики к 2020 году лишь частично. Остальная часть энергопотребления может быть удовлетворена за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Отличительной чертой энергии возобновляемых источников является то, что она не является следствием целенаправленной деятельности человека.

Системы солнечного теплоснабжения в качестве источника тепловой энергии используют солнечную радиацию.

Эти системы характеризуются наличием специального элемента – гелиоприемника, предназначенные для улавливания солнечной радиации и преобразования её в тепловую энергию.

В данной расчетной работе представлен расчет долгосрочных характеристик системы солнечного теплоснабжения, позволяющий прогнозировать долю нагрузки теплоснабжения здания, покрываемой за счет солнечной энергии.

## Содержание

Введение .....	4
1 Определение тепловых нагрузок системы.....	6
2 Определение параметров солнечного коллектора.....	9
3 Определение прихода солнечной радиации.....	10
4 Определение влияния ориентации коллектора.....	13
5 Определение влияния теплообменника.....	15
6 Расчет доли тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии .....	16
Заключение .....	19
Список использованных источников .....	20

### **1 Определение тепловых нагрузок системы**

Месячная тепловая нагрузка системы отопления, Вт, определяется по формуле

$$Q_{om} = q_0 \alpha V_{зд} (t_{в} - t_{но}), \quad (1.1)$$

где  $q_0$  - удельная отопительная характеристика здания, Вт/м<sup>2</sup> (табл.2.1.1 [1]);

$\alpha$  - поправочный коэффициент (табл.2.1.2 [1]);

$t_{в}$  - температура внутри здания, °С;

$t_{но}$  - среднемесячная температура наружного воздуха, °С;

$$q_0 = q_{01} + (V_{зд} - V_{зд1}) \frac{q_{02} - q_{01}}{V_{зд2} - V_{зд1}}, \quad (1.2)$$

$$q_0 = 0,52 + (1380 - 1000) \frac{0,47 - 0,52}{2000 - 1000} = 0,52 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Поправочный коэффициент  $\alpha$  :

$$\alpha = \alpha_1 + (t_{np} - t_{np1}) \frac{\alpha_{02} - \alpha_{01}}{t_{np2} - t_{np1}}, \quad (1.3)$$

$$\alpha = 2,05 + (-4,00 - 0) \frac{2,05 - 1,67}{0 - (-5)} = 1,75.$$

Месячная тепловая нагрузка системы отопления для января составит:

$$Q_{от} = 0,50 \cdot 1,75 \cdot 1380 (20,00 - 3,90) = 1207,5 \cdot 16,1 = 19440,75 \text{ Вт}.$$

Для остальных месяцев аналогично, результат приведен в таблице 1.1.

Месячное потребление тепловой энергии на отопление, Дж/мес :

$$Q_{от.м} = Q_{от} \cdot n_c, \quad (1.4)$$

где  $n_c$  – число секунд в месяце.

Месячное потребление тепловой энергии на отопление в январе :

$$Q_{от.м} = 19440,75 \cdot 2678400 = 52,07 \text{ ГДж}.$$

Для остальных месяцев аналогично, результат приведен в таблице 1.1.

Нагрузка горячего водоснабжения, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{гв} = G_{гв} n_{жс} c_p (t_{гв} - t_{хв}), \quad (1.4)$$

где  $G_{гв}$  - удельный расход воды на одного человека,  $=0,0005 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{чел})$ ;

$n_{жс}$  - количество человек, чел;

$c_p$  - удельная теплоемкость воды,  $c_p = 4186 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

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

$t_{хв}$  - температура холодной воды, летом  $t_{хв} = 15^{\circ}\text{C}$ , зимой  $t_{хв} = 5^{\circ}\text{C}$ .

Нагрузка горячего водоснабжения для января

$$Q_{гв} = 0,0005 \cdot 7 \cdot 4186(60-5) = 805,81 \text{ Вт.}$$

Для остальных месяцев аналогично, результат приведен в таблице 1.1.

Месячное потребление тепловой энергии на горячее водоснабжение, Дж/мес определяется по формуле:

$$Q_{гв.м} = Q_{гв} n_c. \quad (1.5)$$

Месячное потребление тепловой энергии на горячее водоснабжение в январе:

$$Q_{гв.м} = 805,81 \cdot 2678400 = 2,16 \text{ ГДж/мес.}$$