

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

Риполь-Сарагоси Т.Л., Кууск А.Б.

**ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Учебно-методическое пособие для практических занятий

Ростов-на-Дону
2019

УДК 620.9(075.8)

Рецензент: докт. техн. наук, профессор В.А. Финоченко (РГУПС)

Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б.,

Возобновляемые и нетрадиционные и источники энергии.

Учебно-методическое пособие для практических занятий. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 36 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для освоения технологий использования солнечной энергии, тепловой энергии океана, геотермальных вод, энергии биомассы и других нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов направлений подготовки .13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»,
Ил. 3. Табл. 9. Библиогр.: 7 назв.

Учебное издание

**Риполь-Сарагоси Татьяна Леонидовна
Кууск Анатолий Борисович**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Печатается в авторской редакции

Технический редактор

Подписано в печать Формат 60×84/16.

Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л.

Тираж экз. Изд. № . Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

– Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2.

© Риполь-Сарагоси Т.Л., 2019

© ФГБОУ ВО РГУПС, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Практическое занятие №1 Экологические проблемы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	5
Практическое занятие № 2 Ветроэнергетика.....	13
Практическое занятие №3 Геотермальная энергетика.....	18
Практическое занятие №4 Бионергетика.....	22
Практическое занятие №5 Солнечная энергетика.....	28
Практическое занятие №6 Энергетика морей и океанов.....	31
Практическое занятие №7 Малая гидроэнергетика.....	35
Список литературы.....	36

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны знать основные виды возобновляемых источников энергии, основы государственной политики в области энергосбережения, методы и критерии оценки эффективности использования энергии с учетом экономических и экологических требований в конкретных условиях. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных в курсах «Физика», «Математика», «Теоретические основы теплотехники», «Гидрогазодинамика». Знания, полученные в процессе обучения, используются при выполнении типовых расчетов, курсовых проектов и работ, дипломных работ и НИРС.

Настоящее учебно-методическое пособие предлагает студентам дневной формы обучения восемь заданий по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», по основным разделам курса с методическими указаниями по их решению, а также перечень основной и дополнительной литературы.

Тематика задач посвящена использованию в энергобалансе солнечной энергии, тепловой энергии океана, геотермальной энергии, энергии биомассы, энергии приливов и отливов океанов и морей, малых гидроэлектростанций и аккумуляции тепловой энергии.

Студент должен самостоятельно в соответствии с предложенным ему заданием произвести необходимые расчеты и оформить их в соответствии с принятыми стандартами и затем защитить у преподавателя.

Экологические проблемы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии

Задание 1: Опишите экологические проблемы использования различных видов НВИЭ

Методические материалы к выполнению задания 1

1.1 Проблема взаимодействия энергетики и экологии

В комплексе существующих экологических проблем энергетика занимает одно из ведущих мест. В связи с интенсивным вовлечением возобновляемых источников энергии в практическое использование особое внимание обращается на экологический аспект их воздействия на окружающую среду.

Существует мнение, что выработка электроэнергии за счет возобновляемых источников представляет собой абсолютно экологически «чистый» вариант. Это не совсем верно, так как эти источники энергии обладают принципиально иным спектром воздействия на окружающую среду по сравнению с традиционными энергоустановками на органическом, минеральном и гидравлическом топливе, причем в некоторых случаях воздействия последних представляют даже меньшую опасность. К тому же определенные виды экологического воздействия НВИЭ на окружающую среду не ясны до настоящего времени, особенно во временном аспекте, а потому изучены и разработаны еще в меньшей степени, чем технические вопросы использования этих источников.

Разновидностью возобновляемых источников энергии являются гидроэнергетические ресурсы. Долгое время их также относили к экологически «чистым» источникам энергии. Не принимая во внимание экологические последствия такого использования, естественно, не проводилось достаточных разработок природоохранных и средозащитных мероприятий, что привело гидроэнергетику на рубеже 90-х годов к глубокому кризису. Поэтому возможные экологические последствия применения НВИЭ должны быть исследованы заранее.

Преобразование энергии нетрадиционных возобновляемых источников в наиболее пригодные формы ее использования – электричество или тепло – на уровне современных знаний и технологий обходится довольно дорого.

Однако во всех случаях их использование приводит к эквивалентному снижению расходов органического топлива и меньшему загрязнению окружающей среды. До настоящего времени во всех методиках, в которых приводится технико-экономическое сопоставление традиционных видов получения энергии с возобновляемыми источниками, эти факторы не учитывались вообще или только отмечались, но не оценивались количественно. Таким образом, актуальной становится задача разработки научно обоснованных методов экономической оценки экологических последствий использования различных видов возобновляющихся источников энергии и новых методов преобразования энергии, которые

должны количественно учесть факторы иного, по сравнению с традиционными установками, воздействия на окружающую среду.

1.2. Экологические последствия развития солнечной энергетики

Солнечные станции являются еще недостаточно изученными объектами, поэтому отнесение их к экологически чистым электростанциям нельзя назвать полностью обоснованным. В лучшем случае к экологически чистой можно отнести конечную стадию – стадию эксплуатации СЭС, и то относительно.

Солнечные станции являются достаточно землеемкими. Удельная землеемкость СЭС изменяется от 0,001 до 0,006 га/кВт с наиболее вероятными значениями 0,003–0,004 га/кВт. Это меньше, чем для ГЭС, но больше, чем для ТЭС и АЭС. При этом надо учесть, что солнечные станции весьма материалоемки (металл, стекло, бетон и т.д.), к тому же в приведенных значениях землеемкости не учитываются изъятие земли на стадиях добычи и обработки сырья. В случае создания СЭС с солнечными прудами удельная землеемкость повысится и увеличится опасность загрязнения подземных вод рассолами.

Солнечные концентраторы вызывают большие по площади затенения земель, что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т. д. Нежелательное экологическое действие в районе расположения станции вызывает нагрев воздуха при прохождении через него солнечного излучения, сконцентрированного зеркальными отражателями. Это приводит к изменению теплового баланса, влажности, направления ветров; в некоторых случаях возможны перегрев и возгорание систем, использующих концентраторы, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Применение низкокипящих жидкостей и неизбежные их утечки в солнечных энергетических системах во время длительной эксплуатации могут привести к значительному загрязнению питьевой воды. Особую опасность представляют жидкости, содержащие хроматы и нитриты, являющиеся высокотоксичными веществами.

Гелиотехника косвенным образом оказывает влияние на окружающую среду. В районах ее развития должны возводиться крупные комплексы по производству бетона, стекла и стали. Во время изготовления кремниевых, кадмиевых и арсенидогелиевых фотоэлектрических элементов в воздухе производственных помещений появляются кремниевая пыль, кадмиевые и арсенидные соединения, опасные для здоровья людей.

Неблагоприятные воздействия солнечной энергии на окружающую среду могут проявляться:

- в отчуждении земельных площадей, их возможной деградации;
- в большой материалоемкости;
- в возможности утечки рабочих жидкостей, содержащих хлораты и нитриты;

- в опасности перегрева и возгорания систем, заражения продуктов токсичными веществами при использовании солнечных систем в сельском хозяйстве;
- в изменении теплового баланса, влажности, направления ветра в районе расположения станции;
- в затемнении больших территорий солнечными концентраторами, возможной деградации земель;
- в воздействии на климат космических СЭС;
- в создании помех телевизионной и радиосвязи;
- в передаче энергии на Землю в виде микроволнового излучения, опасного для живых организмов и человека.

1.3. Влияние ветроэнергетики на природную среду

Факторы воздействия ВЭС на природную среду, а также последствия этого влияния и основные мероприятия по снижению и устранению отрицательных проявлений приведены в табл. 18.3.1. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Под мощные промышленные ВЭС необходима площадь из расчета от 5 до 15 МВт/км² в зависимости от розы ветров и местного рельефа района. Для ВЭС мощностью 1000 МВт потребуется площадь от 70 до 200 км². Выделение таких площадей в промышленных регионах сопряжено с большими трудностями, хотя частично эти земли могут использоваться и под хозяйственные нужды. Например, в Калифорнии в 50 км от г. Сан-Франциско на перевале Алтамонт-Пасс земля отведенная под парк мощной ВЭС, одновременно служит для сельскохозяйственных целей.

Таблица 1 - Методы устранения негативного влияния ВЭУ на окружающую среду

Факторы воздействия	Методы устранения
I. Изъятие земельных ресурсов, изменение свойств почвенного слоя	Размещение ВЭУ на неиспользуемых землях Оптимизация размещения – минимизация расхода земли Целенаправленный учет изменений свойств почвенного слоя Компенсационные расчеты с землепользователями
II. Акустическое воздействие (шумовые эффекты)	Изменение числа оборотов ветроколеса (ВК) Изменение форм лопасти ВК Удаление ВЭУ от объектов социальной инфраструктуры Замена материалов лопастей ВК

III. Влияние на ландшафт и его восприятие	Учет особенностей ландшафта при размещении ВЭУ Рекреационное использование ВЭУ Изыскание различных форм опорных конструкций, окраски и т.д.
IV. Электромагнитное излучение, телевидение и радиосвязь	Сооружение ретрансляторов Замена материалов лопастей ВК Внедрение специальной аппаратуры в конструкцию ВЭУ Удаление от коммуникаций
V. Влияние на орнитофауну на перелетных трассах и морскую фауну при размещении ВЭС на акваториях	Анализ поражаемости птиц на трассах перелета и рыб на путях миграции Расчет вероятности поражения птиц и рыб
VI. Аварийные ситуации и опасность поломки и отлета поврежденных частей ВК	Расчет вероятности поломок ветроколеса, траектории и дальности отлета Оценка надежности безаварийной работы ВЭУ Зонирование производства вокруг ВЭУ
VII. Факторы, улучшающие экологическую ситуацию	Уменьшение силы ветра Снижение ветровой эрозии почв Уменьшение ветров с акваторий водоемов и водохранилищ

Неблагоприятные факторы ветроэнергетики:

- шумовые воздействия, электро-, радио- и телевизионные помехи;
- отчуждение земельных площадей;
- локальные климатические изменения;
- опасность для мигрирующих птиц и насекомых;
- ландшафтная несовместимость, непривлекательность, визуальное невосприятие, дискомфортность;
- изменение традиционных морских перевозок, неблагоприятные воздействия на морских животных.

1.4. Возможные экологические проявления геотермальной энергетики

Основное воздействие на окружающую среду геотермальные электростанции оказывают в период разработки месторождения, строительства паропроводов и здания станций, но оно обычно ограничено районом месторождения.

Природный пар или газ добываются бурением скважин глубиной от 300 до 2700 м. Под действием собственного давления пар поднимается к поверхности, где собирается в теплоизолированные трубопроводы и подается к турбинам. К примеру, в долине гейзеров (США) производительность каждой скважины обеспечивает в среднем 7 МВт полезной мощности. Для работы станции мощностью 1000 МВт требуется 150 скважин, которые занимают территорию более 19 км².

Потенциальными последствиями геотермальных разработок являются оседание почвы и сейсмические эффекты. Оседание возможно всюду, где нижележащие слои перестают поддерживать верхние слои почвы и выражается в снижении дебитов термальных источников и гейзеров и даже полном их исчезновении. Так, при эксплуатации месторождения Вайрокей (США) с 1954 по 1970 гг. поверхность земли просела почти на 4 м, а площадь зоны, на которой произошло оседание грунта, составила около 70 км², продолжая ежегодно увеличиваться.

На ГеоТЭС не происходит сжигания топлива, поэтому объем отравляющих газов, выбрасываемых в атмосферу, значительно меньше, чем на ТЭС, и они имеют другой химический состав по сравнению с газообразными отходами станций на органическом топливе. Пар, добываемый из геотермальных скважин, в основном является водяным. Газовые примеси на 80 % состоят из двуокиси углерода и содержат небольшую долю метана, водорода, азота, аммиака и сероводорода. Наиболее вредным является сероводород (0,0225 %). В геотермальных водах содержатся в растворенном виде такие газы, как SO₂, N₂, NH₃, H₂S, CH₄, H₂.

Потребность ГеоТЭС в охлаждающей воде (на 1 кВт·ч электроэнергии) в 4-5 раз выше, чем ТЭС, из-за более низкого КПД. Сброс отработанной воды и конденсата для охлаждения в водоемы может вызвать их тепловое загрязнение, а также повышение концентрации солей, в том числе хлористого натрия, аммиака, кремнезема, и таких элементов, как бор, мышьяк, ртуть, рубидий, цезий, калий, фтор, натрий, бром, иод, хотя и в небольших количествах. С ростом глубин скважин возможно увеличение этих поступлений.

Одно из неблагоприятных проявлений ГеоТЭС – загрязнение поверхностных и грунтовых вод в случае выброса растворов высокой концентрации при бурении скважин. Сброс отработанных термальных вод может вызвать заболачивание отдельных участков почвы в условиях влажного климата, а в засушливых районах – засоление. Опасен прорыв трубопроводов, в результате которого на землю могут поступить большие количества рассолов.

ГеоТЭС, имея КПД в 2-3 раза меньше, чем АЭС и ТЭС, дают в 2-3 раза больше тепловых выбросов в атмосферу. В качестве простого пути сокращения воздействий на окружающую среду следует рекомендовать создание круговой циркуляции теплоносителя на ГеоТЭС по системе «скважина – теплосъемные агрегаты – скважина – пласт». Это позволит

избежать поступления термальных вод на поверхность земли, в грунтовые воды и поверхностные водоемы, обеспечить сохранение пластового давления, исключить оседание грунта и любую возможность сейсмических проявлений.

Неблагоприятные экологические воздействия геотермальной энергетики на экологию:

- отчуждение земель;
- изменение уровня грунтовых вод, оседание почвы, заболачивание;
- подвижки земной коры, повышение сейсмической активности;
- выбросы газов (метан, водород, азот, аммиак, сероводород) ;
- выброс тепла в атмосферу или в поверхностные воды;
- сброс отравленных вод и конденсата, загрязненных в небольших количествах аммиаком, ртутью, кремнеземом;
- загрязнение подземных вод и водоносных слоев, засоление почв;
- выбросы больших количеств рассолов при разрыве трубопроводов.

1.5. Экологические последствия использования энергии океана

При преобразовании любых видов океанической энергии неминуемы определенные изменения естественного состояния затрагиваемых экосистем. К отрицательным последствиям работы установок, использующих термальную энергию океана, можно отнести возможные утечки в океан аммиака, пропана или фреона, а также веществ, применяемых для промывки теплообменников (хлор и др.). Возможно значительное выделение углекислого газа из поднимаемых на поверхность холодных глубинных вод из-за снижения в них парциального давления CO_2 и повышения температуры. Выделение CO_2 из воды при работе океанических ТЭС предположительно на 30% больше, чем при работе обычных ТЭС той же мощности, использующих органическое топливо. Охлаждение вод океана вызывает увеличение содержания питательных веществ в поверхностном слое и значительный рост фитопланктона. При подъеме к поверхности глубинные микроорганизмы будут загрязнять океан и придется применять специальные меры для его очистки.

Строительство ПЭС сказывается неблагоприятно на состоянии прибрежных земель, самого побережья и аквальной вдольбереговой полосы: изменяются условия подтопления, засоления, размыва берегов, формирование пляжей и т. д. Изменение движения грунтовых вод влияет на динамику засоления прибрежных земель.

На ПЭС в КНР изучены закономерности отложения наносов в водохранилище ПЭС и за плотиной, а также мероприятия по борьбе с ними. Эксплуатация ПЭС «Ране» во Франции показала, что принятая в ее проекте однобассейновая схема двухстороннего действия максимально сохраняет природный цикл колебаний бассейна и гарантирует тем самым экологическую безопасность приливной энергии.

Использование энергии волн на глубоководных местах в открытом океане сказывается на процессах в акватории океана. Преобразователи размещаются далеко от берега и не оказывают отрицательного действия на устойчивость побережья.

При установке преобразователей вблизи побережья возникают проблемы эстетического характера, так как они видны с берега. Цепочка устройств типа ныряющих уток Солтера длиной в несколько километров выглядит эстетически менее привлекательно, чем группа продуманно размещенных отдельно стоящих преобразователей энергии. Кроме того, непрерывная линия преобразователей в отличие от отдельно расположенных установок может стать препятствием для навигации и оказаться опасной для судов во время сильных штормов.

Один из важных вопросов влияния на окружающую среду преобразования энергии волн в прибрежной зоне – это воздействие на процессы в ее пределах. Вещества, перемещаемые волнами, называются прибрежными наносами. Движение их необходимо для стабилизации береговой полосы, т. е. баланса между эрозией и отложениями. В связи с этим цепь из преобразователей энергии волн целесообразно устанавливать в местах намечаемых волноломов, чтобы они выполняли двойную функцию: использование энергии волн и защиту побережья.

Неблагоприятные экологические последствия в гидротермальной энергетике:

- утечки в океан аммиака, фреона, хлора и др.;
- выделение CO_2 из воды;
- изменение циркуляции вод, появление региональных и биологических аномалий под воздействием гидродинамических и тепловых возмущений;
- изменение климата.

Неблагоприятные экологические последствия в приливной энергетике:

- периодическое затопление прибрежных территорий, изменение землепользования в районе ПЭС, флоры и фауны акватории;
- строительное замутнение воды, поверхностные сбросы загрязненных вод.

Неблагоприятные экологические последствия в волновой энергетике:

- эрозия побережья, смена движения прибрежных песков;
- значительная материалоемкость;
- изменение сложившихся судоходных путей вдоль берегов;
- загрязнение воды в процессе строительства, поверхностные сбросы.

1.6. Экологическая характеристика использования биоэнергетических установок

Биоэнергетические станции по сравнению с традиционными электростанциями и другими НВИЭ являются наиболее экологически

безопасными. Они способствуют избавлению окружающей среды от загрязнения всевозможными отходами. Так, например, анаэробная ферментация – эффективное средство не только реализации отходов животноводства, но и обеспечения экологической чистоты, так как твердые органические вещества теряют запах и становятся менее привлекательными для грызунов и насекомых (в процессе перегнивания разрушаются болезнетворные микроорганизмы). Кроме того, образуются дополнительный корм для скота (протеин) и удобрения.

Городские стоки и твердые отходы, отходы при рубках леса и деревообрабатывающей промышленности, представляя собой возможные источники сильного загрязнения природной среды, являются в то же время сырьем для получения энергии, удобрений, ценных химических веществ. Поэтому широкое развитие биоэнергетики эффективно в экологическом отношении.

Однако неблагоприятные воздействия на объекты природной среды при энергетическом использовании биомассы имеют место. Прямое сжигание древесины дает большое количество твердых частиц, органических компонентов, окиси углерода и других газов. По концентрации некоторых загрязнителей они превосходят продукты сгорания нефти и ее производных. Другим экологическим последствием сжигания древесины являются значительные тепловые потери.

По сравнению с древесиной биогаз – более чистое топливо, непроизводящее вредных газов и частиц. Вместе с тем необходимы меры предосторожности при производстве и потреблении биогаза, так как метан взрывоопасен. Поэтому при его хранении, транспортировке и использовании следует осуществлять регулярный контроль для обнаружения и ликвидации утечек. При ферментационных процессах по переработке биомассы в этанол образуется большое количество побочных продуктов (промывочные воды и остатки перегонки), являющихся серьезным источником загрязнения среды, поскольку их вес в несколько раз (до 10) превышает вес этилового спирта.

Неблагоприятные воздействия биоэнергетики на экологию:

- выбросы твердых частиц, канцерогенных и токсичных веществ, окиси углерода, биогаза, биоспирта;
- выброс тепла, изменение теплового баланса;
- обеднение почвенной органики, истощение и эрозия почв;
- взрывоопасность;
- большое количество отходов в виде побочных продуктов (промывочные воды, остатки перегонки).

Практическое занятие № 2

Ветроэнергетика

Задание № 2

Определить скорость ветра и мощность горизонтальной ветроэнергетической установки (ВЭУ) при различных значениях высоты башни ВЭУ ($h = 10; 40; 80; 120$ м). Другие исходные данные выбрать из таблицы 1 в соответствии с вариантом, предложенным преподавателем. Построить график зависимости мощности горизонтальной ВЭУ от высоты башни. Рассчитать наименьшую допустимую высоту башни ВЭУ и определить скорость ветра и мощность установки при этом значении высоты. Сделать вывод по результатам работы.

Исходные данные для расчетов выбрать из таблицы 1 по варианту заданному преподавателем

Таблица 2 – Исходные данные для задания №1

№ вар.	Скорость ветра на высоте 10 м., м/с.	Температура воздуха, °С	Диаметр ветроколеса, м	Механический КПД ветроколеса	Электрический КПД	Тип самого высокого препятствия	Высота препятствия, м	Расстояние до препятствия, м
1	8	20	4,0	0,77	0,83	здание	25	130
2	6	15	5,0	0,82	0,89	дерево	6	20
3	10	12	9,0	0,90	0,92	кустарник	1,8	100
4	7	16	6,0	0,8	0,90	дерево	9	90
5	9	17	7,0	0,76	0,86	здание	17	40
6	14	18	5,5	0,8	0,87	холм	5	70
7	12	19	11	0,91	0,85	поверхность воды	-	50
8	13	20	6,5	0,87	0,82	дерево	8	128
9	11	21	8	0,85	0,78	кустарник	1,2	135
10	15	22	12	0,75	0,94	здание	15	110

2. Указания к выполнению задания №1

2.1 Общие положения

Ветроэнергетические установки предназначены для преобразования энергии ветра в электрическую энергию. Наибольшее распространение получили горизонтальные ВЭУ (рис. 1). Горизонтальные ВЭУ преобразуют подъемную силу ветра в электрическую энергию. Ротор установки (ветроколесо) преобразует энергию набегающего потока воздуха в механическую энергию вращения оси турбины, а затем расположенные в корпусе ВЭУ редуктор (мультипликатор) и электрогенератор преобразуют

механическую энергию в электрическую. Диаметр ветроколеса может составлять от нескольких метров до нескольких десятков метров. Частота вращения составляет от 15 до 100 об/мин.

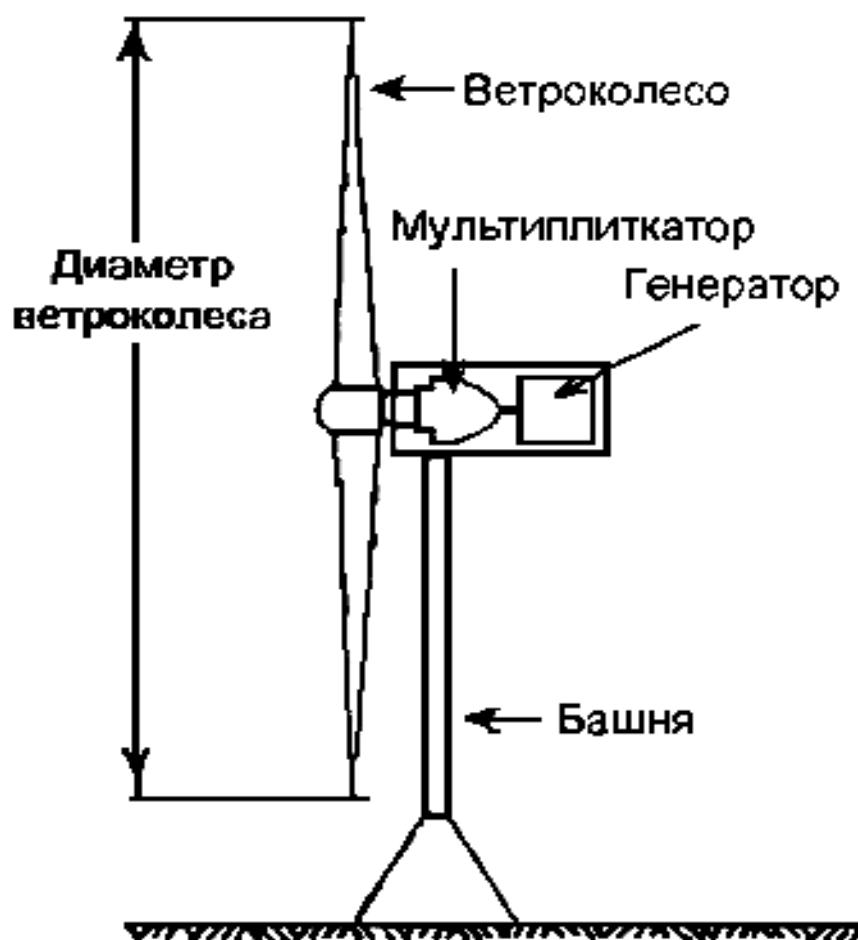


Рис. 1. Схема горизонтальной ВЭУ

Мощность, вырабатываемая горизонтальной ВЭУ, зависит от траектории движения воздушного потока, на которую влияет скорость ветра, рельеф местности, а также плотность и высота застройки. Природные или строительные объекты, расположенные на пути ветрового потока, могут образовывать ветровые тени разной высоты и конфигурации. Это может оказывать значительное влияние на эффективность работы ВЭУ. Поэтому при выборе высоты башни ВЭУ следует руководствоваться тем, что нижний край лопастей ветроколеса должен располагаться на высоте, как

минимум, на 10 метров выше самого высокого препятствия в пределах 150 метров (а в случае протяженного препятствия – 1000 м).

2.2 Методические указания к выполнению расчетов

Энергия ветрового потока, проходящего в единицу времени через площадь, отметаемую лопастями ветроколеса, определяется по формуле:

$$E = \frac{M \cdot w^2}{2}, \text{ Вт.}$$

где w – скорость ветра, м/с;

M – массовый расход воздуха, кг/с.

С увеличением высоты башни влияние природных или строительных объектов, расположенных на пути ветрового потока уменьшается, а скорость ветра, как правило, увеличивается. Это увеличение скорости может быть описано следующей зависимостью:

$$\frac{w}{w_0} = \left(\frac{h}{h_0} \right)^n,$$

где w_0 – скорость ветра, измеренная на высоте h_0 ;

h – высота башни горизонтальной ВЭУ;

n – коэффициент, характеризующий градиент скорости ветра по высоте.

Наименьшую допустимую высоту башни рекомендуется выбирать с учетом приведенных выше соображений:

$$h_{\text{мин}} = h_{\text{объекта}} + l + 10, \text{ м.},$$

где l – длина лопасти ветроколеса (половина диаметра).

Величина коэффициента n определяется по табл. 2 в зависимости от высоты объектов, расположенных в радиусе 150 м.

Таблица 3 – Рекомендуемые значения коэффициента n

Описание местности в радиусе 150 м	n
Идеально гладкая поверхность, например поверхность водоема	0,1
Плоские пастбища или низкие кустарники высотой до 2 м.	0,2
Деревья, холмы, здания в на расстоянии 120 – 150 м.	0,3
Деревья или здания, расположенные на расстоянии менее 120 м.	0,4
Деревья или здания, расположенные на расстоянии менее 50 м.	0,5
Деревья или здания, расположенные на расстоянии менее 10 м.	0,6

Массовый расход воздуха через площадь, отметаемую лопастями ветроколеса, рассчитывается по формуле:

$$M = \rho \cdot w \cdot F, \text{ кг/с}$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³ ;

F – площадь, отметаемая лопастями ветроколеса, м².

Плотность воздуха при эксплуатационных условиях определяется по формуле:

$$\rho = \frac{p_{\text{бар}}}{R \cdot T},$$

где $p_{\text{бар}}$ – барометрическое давление, Па (при выполнении расчетов принять $p = 10^5$ Па) ;

T – температура воздуха, К.

Площадь, отметаемая лопастями ветроколеса. рассчитывается по формуле:

$$F = \pi \cdot l^2, \text{ м}^2,$$

Электрическая мощность, развиваемая ВЭУ, рассчитывается по формуле:

$$N = \eta \cdot \zeta \cdot E, \text{ Вт}$$

где ζ – коэффициент использования энергии ветра;

η – КПД горизонтальной ВЭУ;

Величина ζ зависит от скорости ветра и изменяется от 0,05 до 0,6; при выполнении расчета рекомендуется принять $\zeta = 0,45$;

КПД горизонтальной ВЭУ определяется по формуле:

$$\eta = \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{э}},$$

где $\eta_{\text{в}}$ – механический КПД ветроколеса;

$\eta_{\text{э}}$ – электрический КПД ВЭУ.

По результатам расчетов построить график зависимости $N = f(h)$.

Практическое занятие №3

Геотермальная энергетика

Задание № 3

Определить расход геотермальной воды из скважины на отопление и горячее водоснабжение коттеджного поселка. Сделать вывод о классе скважины по степени водоотдачи. Исходные данные выбрать из таблицы 3 в соответствии с вариантом указанным преподавателем.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета геотермальной системы отопления и ГВС

№ вар.	Количество жилых домов	Площадь одного жилого дома, м ²	Количество жителей, чел.	Удельный расход теплоты на отопление Вт/м ²	Удельный расход горячей воды кг/(чел·сут)	КПД установки	Температура геотермальной воды, °С	Температура воды на выходе из установки, °С
1	200	36	600	150	85	0,90	98	56
2	250	40	700	145	90	0,88	99	52
3	280	42	800	140	95	0,82	85	45
4	300	50	900	135	100	0,78	82	51
5	350	60	1100	130	105	0,80	95	50
6	380	65	1200	125	110	0,85	93	45
7	400	70	1300	120	115	0,84	91	58
8	440	75	1400	115	75	0,86	84	48
9	480	80	1500	110	80	0,73	96	54
10	500	85	1600	105	120	0,75	81	46

3. Указания к выполнению задания №3

3.1 Общие положения

Тепловой режим поверхностных слоев земли (до глубины примерно 40 м.) подвержен суточным и сезонным колебаниям. С увеличением глубины диапазон колебаний температуры уменьшается и она становится более стабильной. Тепловую энергию земной коры наиболее целесообразно использовать в местах, где имеют место геотермальные водоносные горизонты.

Наиболее эффективные способы использования геотермальных вод – горячее и техническое водоснабжение (температура воды 50 – 70 °С), отопление (70 – 115 °С), электроэнергетика (150 – 200 °С). Наиболее рационально использовать геотермальные воды в следующей последовательности: электроэнергетика – отопление – горячее водоснабжение (ГВС). Если температура воды менее 120 °С, то область ее использования – только система отопления и ГВС.

Возможность применения геотермальных вод определяются их составом и характеристиками водоносных источников. По химическому составу геотермальные воды классифицируются на: гидрокарбонатно-натриевые; сульфатно-натриевые; хлормагниевые; хлоркальциевые. Классификация геотермальных вод по газовому составу:

- 1) агрессивные (содержат диоксид углерода и сероводород);
- 2) нейтральные (азотные и метановые).

Классификация геотермальных вод по степени минерализации:

- 1) пресные (солесодержание менее 1 г/л);
- 2) солоноватые (солесодержание 1 – 10 г/л);
- 3) соленые (солесодержание 10 – 50 г/л);
- 4) рассолы (солесодержание более 50 г/л .

Для предотвращения отложения солей при использовании геотермальных вод в системах горячего водоснабжения и отопления в воду вводят гексаметафосфат натрия (1 – 3 мг/л).

По степени водоотдачи различают скважины:

- 1) малодобитные – до 0,005 м³/с;
- 2) среднедобитные – 0,005 – 0,02 м³/с;
- 3) высокодобитные – более 0,02 м³/с.

Наибольшее распространение получила открытая схема использования геотермальных вод с температурой 70 – 120 °С (рис.2).

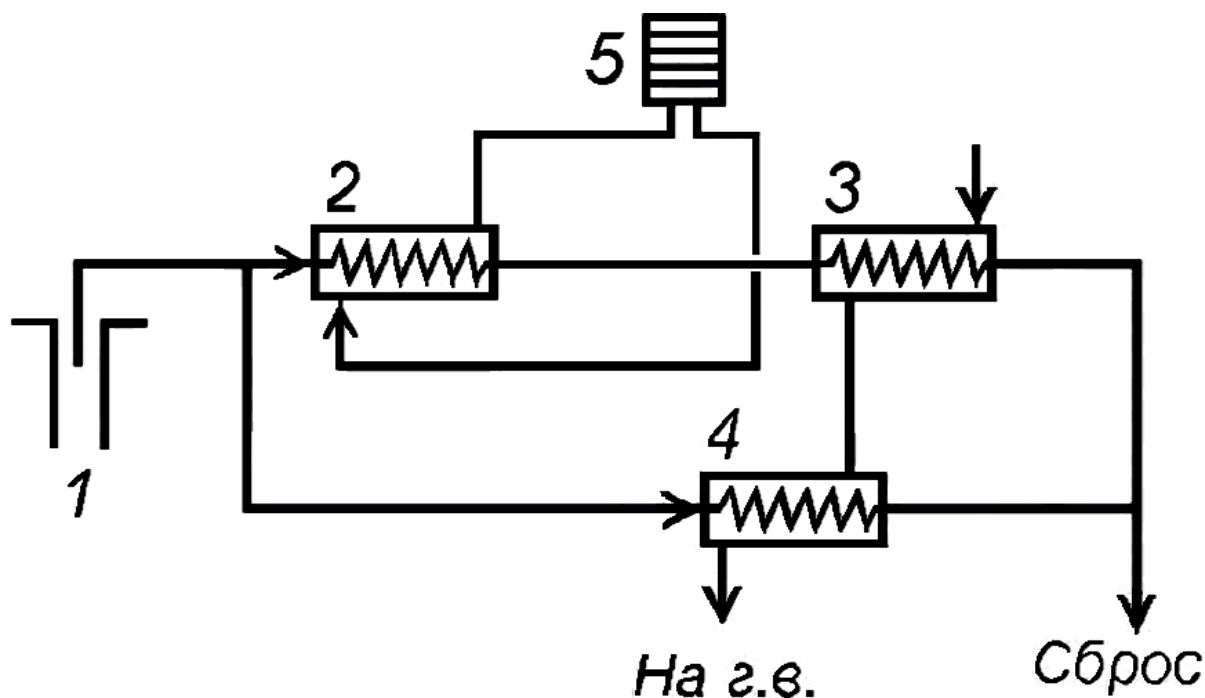


Рис.2. Схема отопления и ГВС

1 – скважина; 2 – теплообменник системы отопления; 3 – теплообменник 1-й ступени ГВС; 4 – теплообменник 2-й ступени ГВС; 5 – система отопления.

2.2. Методические указания к выполнению расчетов

Определение тепловой нагрузки на геотермальную установку, обеспечивающую теплом и горячей водой посёлок, связано с определением требуемой тепловой мощности источника теплоснабжения:

$$Q_{\text{треб}} = \eta_1 \cdot Q_{\text{от}} + \eta_2 \cdot Q_{\text{г.в.}}, \text{ Вт},$$

где $Q_{\text{от}}$ – тепловая нагрузка системы отопления, Вт; $Q_{\text{г.в.}}$ – максимальная тепловая нагрузка системы ГВС жилых зданий, Вт; η_1 и η_2 – коэффициенты, учитывающие потери теплоты в системах отопления и ГВС, при расчетах принимать $\eta_1 = 1,02$, $\eta_2 = 1,05$.

Тепловые нагрузки систем отопления и ГВС определяются по формулам:

$$Q_{\text{от}} = q_0 \cdot F \cdot n, \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{ГВ}} = g \cdot N \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}) / (24 \cdot 3600), \text{ Вт},$$

где q_0 – удельный расход теплоты на отопление; F – площадь одного жилого дома; n – количество жилых домов; g – удельный расход горячей воды, кг/(чел·сут); N – количество людей проживающих в поселке; c – теплоемкость воды (4190 Дж/кг·°C), $t_{\text{ГВ}}$ – температура воды, подаваемой на горячее водоснабжение, ($t_{\text{ГВ}} = 60$ °C), $t_{\text{ХВ}}$ – расчетная температура холодной воды ($t_{\text{ХВ}} = 5$ °C).

Расход горячей воды из геотермальных скважин на отопление и ГВС определяется по формуле:

$$G_{\text{ГВ}} = Q_{\text{треб}} / (\eta \cdot c \cdot \Delta t)$$

где η – КПД установки геотермального теплоснабжения; Δt – разность температур воды забираемой из скважины и сбрасываемой из системы.

Практическое занятие №4

Биоэнергетика

Задание 4

Определить, объем реактора биогазовой установки, суточный выход биогаза из реактора и суточное количество теплоты, которое может быть получено от его сжигания. Исходные данные выбрать из таблицы 4 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем

Таблица 5 – Исходные данные для выполнения задания №3

№ варианта	Тип биомассы	Количество биомассы, поступающей на переработку, т/сут	Плотность биомассы (навоза), кг/м ³	Вид хранилища	Температура процесса анаэробного сбраживания, °С
1	навоз КРС	53,52	1025	бетонное хранилище	35
2	навоз КРС	66,06	1024	земляное хранилище	33
3	коровий навоз	42,37	1029	бетонное хранилище	35
4	свиной навоз	29,55	1050	земляное хранилище	34
5	навоз КРС	42,08	1010	бетонное хранилище	36
6	навоз КРС/	40,5	1012	земляное хранилище	35
7	коровий навоз	59,31	1020	бетонное хранилище	35
8	свиной навоз	33,96	1065	земляное хранилище	33
9	коровий навоз	82,02	1022	бетонное хранилище	32
10	свиной навоз	18,5	1070	земляное хранилище	35

При расчетах принять:

- 1) содержание органического вещества в навозе – 7 %;
- 2) содержание сухого вещества – 11 %;
- 3) концентрация метана в биогазе – 60 %;
- 4) предельный выход метана из 1 кг органического вещества за сутки (B), м³/ кг ·сут.:

навоз крупного рогатого скота (КРС) (бетонное навозохранилище) – 0,35;

навоз КРС (земляное навозохранилище) – 0,08;

коровий навоз – 0,25;

свиной навоз – 0,55;

5) низшая теплота сгорания биогаза – 23 МДж/м³.

4.1 Общие сведения

Биогаз – газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной ферментации (сбраживания) органических веществ различного происхождения. Биогаз представляет собой смесь метана CH_4 : 55–70 %; углекислого газа CO_2 : 28–43 %; сероводорода H_2S : до 0,1– %, а также других сопутствующих газов: толуола, аммиака, ксилола, формальдегида, оксида углерода, оксидов азота и пр. Биогаз является альтернативой традиционным видам органического топлива и может быть использован для получения тепловой и электрической энергии.

Биогаз может быть получен из сельскохозяйственных отходов, отходов животноводства, птицеводства (навоз, помёт, подстилка), при этом выход биогаза может достигать 600 м³/т.

Биогазовые реакторы называются метантенками (рис. 3). Реактор представляет из себя герметичную емкость, в которую загружают отходы. Емкость часто разделяют на секции перегородками для разделения стадий процесса.

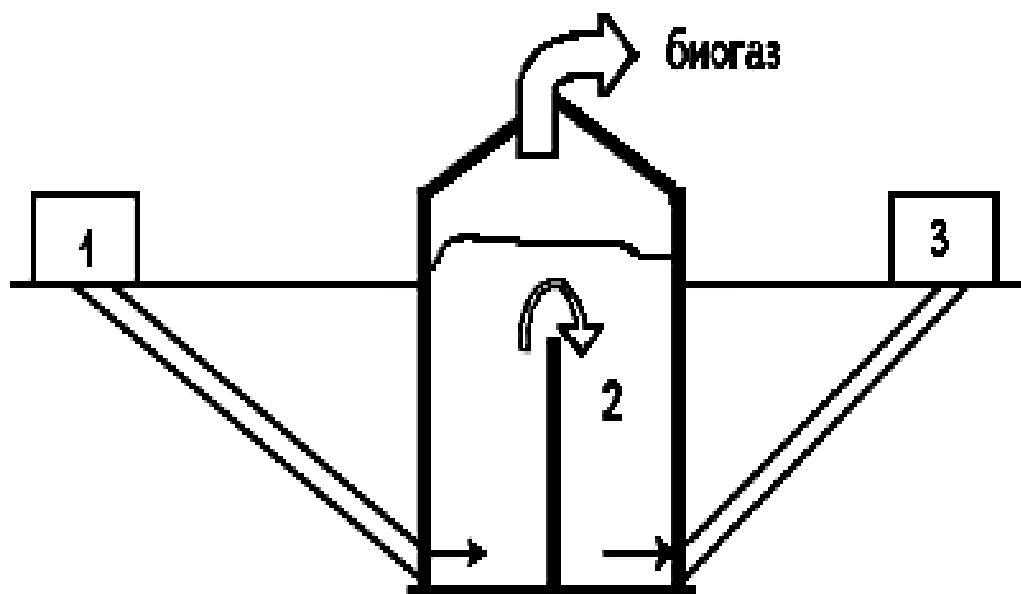


Рис. 3 Схема метантенка

1 – ферма; 2 – метантенк (реактор); 3 – склад для удобрений.

Анаэробное сбраживание биомассы происходит в несколько стадий:

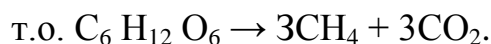
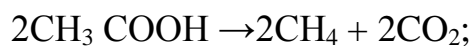
1) гидролиз – сложные биополимерные молекулы (белки, жиры, целлюлоза) расщепляются до более простых – пептидов, жирных кислот, олигосахаридов;

2) ферментация (кислотная фаза) – мономеры разрушаются до органических кислот (уксусной, муравьиной, молочной и др.), спиртов, газов (водород, диоксид углерода, сероводород, аммиак), аминокислот и др. процесс осуществляют сапрофитные анаэробные бактерии в кислой среде pH = 4,5 – 7;

3) метановая фаза – вещества разлагаются метанобразующими бактериями (строго анаэробными) до метана, углекислого газа, азота и водорода, фаза считается щелочной (pH = 6-8), для метанобразующих бактерий оптимальный диапазон температур размножения 30 – 35 °С – мезофильное брожение; 50 – 5 °С – термофильное брожение.

Процесс сбраживания начинается с гидролиза клетчатки и дальнейшего сбраживания продуктов её гидролиза:





В процессе сбраживания 90 % органических веществ превращаются в метан и углекислый газ. Для биогазовых установок непрерывного действия длительность полного сбраживания составляет 20 – 22 дня. Реакция является экзотермической (выделяется 1,5 МДж/кг сух. массы), но выделяющейся теплоты недостаточно для поддержания в реакторе требуемой температуры. В связи с этим необходимо осуществлять дополнительный обогрев метантенка. Кроме того, метантенки оснащаются мешалками, оборудованием для подачи питательных веществ, средствами контроля и управления процессом.

4.2. Методические указания к выполнению расчетов

Удельный суточный выход метана ($m^3/ m^3 \cdot \text{сут.}$) определяется по формуле:

$$l_{CH_4} = \frac{B \cdot S}{\theta} \cdot \frac{1 - K}{\theta \cdot \mu_{\max} + K - 1},$$

где B – предельный выход метана из 1 кг органического вещества за сутки ($m^3/ \text{кг} \cdot \text{сут.}$);

S – концентрация органического вещества на выходе, $\text{кг}/m^3$;

θ – время полного обмена жидкости в реакторе в сутках; (минимальный срок выдержки навоза - 12 суток);

K - кинетический коэффициент;

μ_{\max} – максимальная скорость роста микроорганизмов, сутки^{-1} .

Концентрация органического вещества на выходе определяется по формуле:

$$S = \frac{G_{\text{сух}} \cdot S_0}{W_6},$$

где $G_{\text{сух}}$ – суточный выход сухих веществ, кг/сут;

S_0 – содержание органического вещества;

W_6 – суточный объем биомассы, м³/сут.

Суточный выход сухих веществ определяется по формуле:

$$G_{\text{сух}} = c_{\text{сух}} \cdot G_6,$$

где G_6 – суточное количество биомассы, поступающей на переработку, кг/сут;

$c_{\text{сух}}$ – содержание в биомассе сухого вещества.

Суточный объем биомассы определяется по формуле:

$$W_6 = G_6 / \rho_6, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где ρ_6 – плотность биомассы (навоза), кг/м³.

Величина кинетического коэффициента зависит от типа сбраживаемой биомассы:

для навоза крупного рогатого скота (КРС) – $K = 0,8 + 0,0016 \cdot e^{0,06 \cdot S}$;

для свиного навоза – $K = 0,5 + 0,0043 \cdot e^{0,091 \cdot S}$

Максимальная скорость роста микроорганизмов зависит от температуры протекания процесса сбраживания:

$$\mu_{\text{max}} = 0,013 \cdot t - 0,129, \text{ сут}^{-1},$$

где t – температура процесса анаэробного сбраживания, °С.

Минимальный объем реактора:

$$V_{\text{min}} = W_6 \cdot \theta, \text{ м}^3.$$

Суточный выход метана (м³/сут) определяется по формуле:

$$L_{CH_4} = \frac{l_{CH_4} \cdot V_{\min}}{k},$$

где k – коэффициент заполнения реактора (при расчете принять $k = 0,9$).

Суточный выход биогаза ($m^3/сут$) из реактора определяется по формуле:

$$L_{БГ} = \frac{L_{CH_4}}{C_{CH_4}},$$

где C_{CH_4} – концентрация метана в биогазе.

Количество теплоты (МДж/сут), которое выделится при сжигании биогаза за сутки:

$$Q_{сут} = L_{БГ} \cdot Q_{БГ}^H,$$

где $Q_{БГ}^H$ – низшая теплота сгорания биогаза, МДж/ m^3 .

Практическое занятие №5

Солнечная энергетика

Задание №5

На солнечной электростанции башенного типа установлено n гелиостатов, каждый из которых имеет поверхность – F_{Γ} , м². Гелиостаты отражают солнечные лучи на приемник, на поверхности которого зарегистрирована максимальная энергетическая освещенность $H_{\text{пр}} = 2,5$ МВт/м². Коэффициент отражения гелиостата – R_{Γ} . Коэффициент поглощения приемника $A_{\text{пр}} = 0,95$. Максимальная облученность гелиостата $H_{\Gamma} = 600$ Вт/м².

Определить площадь поверхности приемника $F_{\text{пр}}$ и теплоту, отдаваемую излучением и конвекцией в окружающую среду, если рабочая температура поверхности приемника равна t , °С. Исходные данные выбрать из таблицы в соответствии с вариантом, указанным преподавателем. При расчетах принять, что степень черноты поверхности приемника $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,95$, а величина конвективных потерь теплоты вдвое меньше потерь за счет излучения.

Таблица 6 – Исходные данные для задания №4

Величина	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество гелиостатов	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
Площадь поверхности гелиостата, м ²	36	38	40	44	46	50	53	56	60	64
Температура поверхности приемника, °С	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680
Коэффициент отражения зеркала гелиостата	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86

5.1 Общие сведения

Электростанция башенного типа предназначена для использования солнечной энергии на выработку электрической энергии. Гелиостаты

(концентраторы) солнечной энергии направляют солнечное излучение на поверхность теплоприемника, в котором происходит испарение воды и перегрев образовавшегося водяного пара. Затем пар направляется в паровую турбину, используемую для привода электрогенератора.

4.2 Методические указания к выполнению расчетов

Тепловой поток, МВт, получаемый поверхностью теплоприемника от гелиостатов можно определить по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = R_{\text{г}} \cdot A_{\text{пр}} \cdot F_{\text{г}} \cdot H_{\text{г}} \cdot n,$$

где $R_{\text{г}}$ – коэффициент отражения зеркала гелиостата;

$A_{\text{пр}}$ – коэффициент поглощения приемника;

$F_{\text{г}}$ – площадь поверхности одного гелиостата;

n – количество установленных гелиостатов.

Площадь поверхности теплоприемника может быть определена по формуле:

$$F_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}} / H_{\text{пр}},$$

где $H_{\text{пр}}$ – максимальная энергетическая освещенность, МВт/м².

Потери теплоты в окружающую среду за счет излучения от поверхности теплоприемника в окружающую среду можно определить по закону Стефана-Больцмана для «серого» тела:

$$Q_{\text{луч}} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot c_0 \cdot (T/100)^4 \cdot F_{\text{пр}},$$

где $\varepsilon_{\text{пр}}$ – степень черноты поверхности теплоприемника;

c_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела (5,67 Вт/(м²·К⁴));

T – абсолютная температура поверхности теплоприемника, К.

Потери теплоты в окружающую среду за счет конвективного теплообмена определяются из соотношения:

$$Q_{\text{конв}} = 0,5 \cdot Q_{\text{луч}}.$$

Суммарные теплотери в окружающую среду определяются по формуле:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{луч}} + Q_{\text{конв}}$$

Задание №6

Для отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома требуется Q , ГДж, в сутки теплоты. Определить емкость бака водяного аккумулятора тепловой энергии (V , м³) для системы солнечного отопления, если допустимый диапазон изменения температуры горячей воды в аккумуляторе составляет – t_1 / t_2 . Исходные данные выбрать из таблицы 6 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем.

Таблица 7 – Исходные данные для задания №5

Величина	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Суточное потребление теплоты на отопление и горячее водоснабжение, ГДж	0,5	0,6	0,7	0,8	0,45	0,35	0,3	0,25	0,9	1,0
Верхняя граница температурного диапазона, °С	80	75	70	65	85	90	60	95	88	78
Нижняя граница температурного диапазона, °С	60	55	50	45	65	70	40	70	68	58

6.1 Общие положения

Во многих регионах РФ целесообразно использовать солнечную энергию на цели отопления и горячего водоснабжения. Наиболее просто это может осуществлено с помощью солнечных коллекторов, установленных на крыше или стенах дома. Циркулирующий в коллекторах незамерзающий теплоноситель нагревает воду в баке-аккумуляторе. Вода из бака-аккумулятора подается насосом в системы отопления и горячего водоснабжения. Емкость аккумулятора должна быть достаточной для того, чтобы сгладить неравномерность интенсивности солнечного излучения в течении суток.

6.2 Методические указания к выполнению расчетов

Необходимый объем бака-аккумулятора, м³ можно определить по формуле:

$$V = 10^6 \cdot Q / (\rho \cdot c \cdot (t_1 - t_2)),$$

где ρ – плотность воды, кг/м³;

c – теплоемкость воды, кДж/(кг·°С).

Практическое занятие №6

Энергетика морей и океанов

Задание 7

Определить величину КПД океанической тепловой электростанции (ОТЭС), использующей температурный перепад поверхностных и глубинных вод. Какой расход теплой воды V , м³/ч, потребуется для ОТЭС мощностью N , МВт? При расчетах принять, что действительный КПД ОТЭС, работающей по циклу Ренкина, вдвое меньше термического КПД установки, работающей по циклу Карно. Исходные данные выбрать из таблицы 7 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем.

Таблица 8 – Исходные данные для задания 6

Величина	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура воды на поверхности океана, t_1 , °С	32	30	28	26	24	22	25	27	29	23
Температура воды на глубине океана – t_2 , °С	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6
Мощность ОТЭС – N , МВт	1,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0

7.1 Общие положения

Задание 6 посвящено изучению перспектив использования перепада температур поверхностных и глубинных вод океана для получения электроэнергии. Наиболее перспективной установкой для этого является океаническая тепловая электростанция (ОТЭС), работающая по циклу Ренкина. В качестве рабочего тела ОТЭС используются низкокипящие вещества (аммиак, хладоны). Вследствие небольшой разности температур океанической воды на поверхности и на глубине ($\Delta T = 15 - 25$ К) термический КПД наиболее эффективного цикла Карно не превышает 10 %. Реальный КПД цикла Ренкина в этих условиях будет примерно в 2 раза меньше.

7.2 Методические указания к выполнению расчетов

Термический КПД цикла Карно определяется по формуле:

$$\eta_t^K = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

где T_1 и T_2 – абсолютные температуры воды на поверхности и на глубине океана;

Действительный КПД ОТЭС, работающей по циклу Ренкина будет равен:

$$\eta_p = 0,5 \cdot \eta_t^K.$$

Если пренебречь потерями теплоты в теплообменнике испарителя, то количество теплоты, подведенное в нем к рабочему телу ОТЭС можно определить по формуле:

$$Q_1 = N / \eta_p.$$

Объемный расход теплой (поверхностной) воды определяется по уравнению теплового баланса:

$$V = Q_1 / (\rho \cdot c_w \cdot (T_1 - T_2))$$

Задание 8

Определить энергетический потенциал прилива океанического бассейна, если известны: высота прилива и площадь бассейна.

Исходные данные выбрать из таблицы 8 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем.

Таблица 9 – Исходные данные для задания 7

Величина	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя высота прилива, м	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,5	7,0
Площадь поверхности бассейна, км ²	400	500	600	700	800	900	950	550	650	750

8.1 Общие положения

Для регионов, расположенных в прибрежных зонах океанов и морей возможно использование энергии приливных волн. Энергетический потенциал приливных волн достаточно высок.

7.2 Указания к выполнению расчетов

Существует несколько методик определения энергетического потенциала (кВт·ч) приливной волны. При решении данного задания рекомендуется использовать уравнение, предложенное Л. Б. Бернштейном:

$$\mathcal{E} = 1,97 \cdot 10^6 \cdot R^2 \cdot F,$$

где R – средняя высота приливной волны, м;

F – площадь поверхности бассейна, км².

Практическое занятие №7

Малая гидроэнергетика

Задание 9

Как изменится мощность малой ГЭС, если напор водохранилища H , в период засухи уменьшится в n раз, расход воды сократится на m %. При выполнении расчетов полагать, что потери в гидравлических сооружениях и основном оборудовании малой ГЭС при этом не изменятся. Исходные данные для расчетов выбрать из таблицы 9 в соответствии с вариантом, предложенным преподавателем.

Таблица 10 – Исходные данные для задания 8

Величина	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
m , %	15	20	25	30	35	40	45	50	17	28
КПД малой ГЭС	0,4 5	0,4 7	0,4 9	0,5 1	0,5 2	0,5 3	0,5 5	0,5 7	0,5 9	0,6

9.1 Общие положения

Малые ГЭС могут быть обустроены на небольших реках. Особенно это целесообразно в регионах, для которых характерно заметное изменение уровня земли в месте обустройства ГЭС.

8.2 Указания для выполнения расчетов

Мощность малой ГЭС можно определить по формуле:

$$N = 9,81 \cdot \rho \cdot V \cdot H \cdot \eta,$$

где ρ – плотность воды, кг/м³;

H – напор водохранилища, м;

V – объемный расход воды в м³/с;

η – КПД ГЭС.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Солнечная энергетика. Эволюция солнечной батареи.
2. Аэростатные солнечные электростанции.

3. Проекты использования солнечного «ветра».
4. Аккумулирующие ГЭС. Перспективы развития.
5. Инновационные проекты по использованию энергии морских волн.
6. Ледниковые электростанции.
7. Приливная энергетика в России. Теория и практика.
8. Инновационные проекты по использованию энергии ветра.
9. Геотермальная энергетика в России. Теория и практика.
10. Перспективы и проблемы биоэнергетики.
11. «Зеленый» дом, теория и практика.
12. Гибридные энергетические установки.
13. Космическая энергетика.
14. Вирусные и бактериальные батареи.
15. Грозовые электростанции.
16. Экологические проблемы при использовании альтернативных источников энергии.
17. Двигатели на магнитном подвесе. Теория и практика.
18. Магнитогидродинамический генератор.
19. Методы оценки потенциала альтернативных источников энергии.
20. Использование альтернативных источников энергии на промышленных предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяев А.А и др. Возобновляемые источники энергии: учебно – методическое пособие по решению контрольных задач по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»/ Горяев А.А., , Петухов С.В., Баланцева Н.Б., Бутаков С.В.. – Архангельск: Издательство САФУ, 2015г. –

2. В.Г. Лайбеш Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебн. Пособие-СПб:СЖТУ,2003-79с. 2. Горяев А.А. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие /А.А. Горяев, Г.А. Шепель. – Архангельск: САФУ, 2010. – 120с.

3. Хахалева Л.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.: Пособие для проведения практических занятий. Ульяновск, 2008. – 32с.