Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Профиль «Энергообеспечение предприятий»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.11 «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Приложение 3

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Направление подготовки:

Профиль; «Энергообеспечение предприятий»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Смоленск

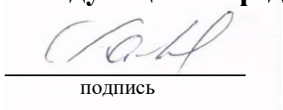
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Профиль «Энергообеспечение предприятий»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.11 «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Методические материалы составил:

_____ _к.т.н., доцент_ _Новиков Г.Ю._
подпись ФИО

«_24_» _июня_ 2020 г.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»:



_____ _В.А. Галковский_
подпись Ф.И.О.

«_02_» _июля_ 2020 г.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Учебно-методическое обеспечение лекционных занятий
по дисциплине

НЕТРАДИЦИОННЫЕ П ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

Учебным планом подготовки бакалавровров по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль подготовки: «Энергообеспечение предприятий») по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» предусмотрено проведение 9 лекционных занятий (34 часов) по 8 темам.

При проведении лекционного занятия по теме №1 «Энергетические ресурсы и их использование» (лекция №1) рассматриваются виды энергоресурсов и единицы их измерения. Характеристика отдельных видов энергоресурсов: органическое топливо, атомная энергия, геотермальная энергия, солнечная энергия, гидроэнергия. Топливно-энергетическая сеть Российской Федерации. Технические аспекты развития энергетики: аккумулирование и передача энергии на расстояние, транспортировка энергоносителей. Экологические аспекты и проблематика развития энергетики.

При проведении лекционных занятий по теме № 2 «Солнечная энергетика и системы солнечного теплоснабжения» (лекции №2,№3) изучаются физические основы преобразования солнечной энергии. Интенсивность и спектральная характеристика солнечного излучения вблизи поверхности Земли». Фотоэлектрические свойства p-n перехода. Вольт-амперная характеристика солнечного элемента. Конструкции и материалы солнечных элементов. Системы солнечного теплоснабжения: концентрирующие гелиоприемники, солнечные коллекторы, солнечные абсорберы.

При проведении лекционного занятия по теме № 3 «Тепловое аккумулирование энергии» (лекция №4) рассматривается понятие теплового аккумулирования. Энергетический баланс теплового аккумулятора. Классификация аккумуляторов тепла. Системы аккумулирования. Тепловое аккумулирование для солнечного обогрева и охлаждения помещений.

При проведении лекционного занятия по теме №4 «Использование геотермальной энергии» (лекция №5) рассматривается прямое использование геотермальной энергии для выработки тепловой и электрической энергии. Геотермальные электростанции с непосредственным использованием природного газа. Геотермальные электростанции с конденсационной турбиной. Геотермальные электростанции с бинарным циклом.

При проведении лекционного занятия по теме №5 «Энергетические ресурсы океана» (лекция №6) рассматривается баланс возобновляемой энергии океана. Теоретические основы преобразования энергии волн. Преобразователи энергии волн, отслеживающие профиль волны. Утка «Солтера». Преобразователи, использующие энергию колеблющегося водяного столба и подводные устройства. Использование энергии приливов и морских течений.

При проведении лекционного занятия по теме №6 «Использование энергии ветра» (лекция №7) рассматривается работа поверхности при действии на

нее ветра. Работа ветрового колеса крыльчатого ветродвигателя. Теория идеального ветряка. Теория реального ветряка. Потери в ветровых двигателях.

При проведении лекционного занятия по теме №7 «Преобразование тепловой энергии океана и низкопотенциальных источников тепла» (лекция №8) оценивается тепловая энергия сосредоточенная в мировом океане. Схемы ОТЭС, работающих по замкнутому, и открытому циклу. Схема ОТЭС на термоэлектрических преобразователях. Тепловые насосы.

При проведении лекционного занятия по теме №8 « Производство биотоплива для энергетических целей» (лекция №9) рассматривается процесс роизводство биомассы для использования в энергетических установках. Пиролиз (сухая перегонка). Термохимические процессы. Спиртовая ферментация (брожение). Использование этанола в качестве топлива.

Теоретические материалы по темам лекционных занятий подробно изложены в рекомендованной литературе, указанной в рабочей программе дисциплины.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Учебно-методическое обеспечение практических занятий
по дисциплине

НЕТРАДИЦИОННЫЕ П ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль подготовки: «Энергообеспечение предприятий») по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» предусмотрено проведение 8 практических занятий (16 часов) по 6 темам.

Вопросы, рассматриваемые на практических занятиях.

Практическое занятие 1

1. Физические основы преобразования солнечной энергии.
2. Фотоэлектрические свойства p-n перехода.
3. Вольт-амперная характеристика p-n перехода.
4. Конструкции солнечных элементов.

Практическое занятие 2

1. Классификация и основные элементы гелиосистем.
2. Концентрирующие гелеоприемники.
3. Солнечные коллекторы.
4. Солнечные абсорберы.

Практическое занятие 3

1. Тепловое аккумулирование энергии.
2. Классификация аккумуляторов тепла.

Практическое занятие 4

1. Системы аккумулирования тепла.
2. Тепловое аккумулирование для солнечного обогрева и охлаждения помещений.
3. Солнечный бассейн.

Практическое занятие 5

1. Прямое использование геотермальной энергии.
2. Геотермальная электростанция с бинарным циклом.
3. Принципы работы теплообменных установок.

Практическое занятие 6

1. Баланс возобновляемой энергии океана.
2. Теоретические основы преобразования энергии волн.
3. Преобразователи энергии волн, отслеживающие профиль волны.
4. Использование энергии приливов и морских течений.

Практическое занятие 7

1. Работа поверхности при действии на нее силы ветра.
2. Работа ветрового колеса крыльчатого ветродвигателя.
3. Теория идеального ветряка.
4. Теория реального ветряка.
5. Потери ветряных двигателей.

Практическое занятие 8

1. Тепловая энергия океана.
2. Схема работы ОТЭС.
3. Принцип работы теплового насоса.

Литература и ресурс информационно-коммуникационной сети интернет используемем при подготовке к практическим занятиям.

1. Алсахов А.Б. Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. А.Б. Алсахов – М.: Издательство МЭИ, 2011. – 271 с.(электронная библиотека НЭЛБУК).
2. Денисов В.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии./ В.В. Денисов.– М.: Феникс, 2015. – 382 с.
3. Ясин Р.А. Ветроустановки: Учебное пособие/ Под ред. М.И. Осипова. – М.: Издательство МВТУим. Баумана, 2007. – 36 с.(электронно-библиотечная система «Лань»).
4. Пугач Л.И., Серант Ф.А. Нетрадиционная энергетика – возобновляемые источники, использование биомассы, термохимическая подготовка,экологическая безопасность./ Л.И. Пугач, Ф.А. Серант. – Новосибирск: изд. НГТУ, 2006. – 347 с.
5. Зимсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК: Учеб. пособие./ В.И. Зимсков. – СПб: Издательство «Лань», 2014. – 368 с.(электронно-библиотечная система «Лань»).

1. Базы данных НЭЛБУК - http://www.nelbook.ru/
2. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

Методические указания по выполнению реферата.

ВВЕДЕНИЕ

Реферат (от лат. refero – сообщать, докладывать) – самостоятельная научно-исследовательская работа, основанная на приблизительном письменном изложении содержания литературных источников (книги, статьи, научные труды) по тематике исследования, воссоздании полученной информации и ее вторичной переработке.

В реферате студенту необходимо раскрыть суть исследуемой проблемы, привести различные точки зрения на нее, изложить собственное мнение по предмету исследования. Содержание материала в реферате должно носить логическую завершенность и проблемно-поисковый характер.

Задачей научного руководителя является определение уровня теоретической подготовки студента, его способности подобрать и проанализировать источники по теме реферата.

Задачей студента является подборка и изложение в соответствии с предъявляемыми требованиями материала источников, а также формулирование выводов, исходя из подобранного и приведенного им в реферате материала.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕФЕРАТОВ

Рефераты являются важной частью самостоятельной научно-исследовательской работы студентов по изучению дисциплин и освоению компетенций. Они позволяют судить о том, насколько студенты умеют раскрывать суть исследуемой проблемы, приводить различные точки зрения, высказывать собственную точку зрения по отдельно взятой теме по мировой экономике и международным экономическим отношениям, истории экономических учений и национальной экономике, денежной, кредитной и банковский системам.

Рефераты должны быть оформлены в соответствии с требованиями настоящих методических указаний и грамотно написаны.

Рефераты представляются студентами в письменной форме с последующим публичным сообщением.

Основное требование, предъявляемое к выполнению рефератов - это умение письменно излагать содержание книг, статей и/или нескольких работ, научных трудов, литературы в целом по избранной теме и оформлять научное исследование.

Задачи рефератов:

1) ознакомить с начальными навыками ведения научно-исследовательской работы;

2) овладеть навыками работы с источниками, самостоятельного письменного изложения текста, проблемного рассмотрения изучаемого материала, оформления исследовательской работы;

3) способствовать приобретению навыков изложения собственного мнения по проблемным вопросам исследуемой темы;

4) овладеть приемами и культурой публичного сообщения по теме реферата и защиты своей точки зрения или признания ее неправомерности;

5) овладеть научно-техническим стилем письма и редакционного оформления работы.

2. ЭТАПЫ ПОДГОТОВКИ РЕФЕРАТОВ

Реферат рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1.Ознакомление с данными методическими указаниями.

2. Выбор темы.

3. Подбор литературных и иных источников, их изучение.

4. Составление оглавления.

5. Изучение требований оформления.

6. Написание.

2.1. Ознакомление с данными методическими указаниями по выполнению рефератов

Студентам необходимо ознакомиться с данными методическими указаниями по написанию рефератов. Это позволит им выбрать тему реферата по соответствующей дисциплине из предложенных перечней тем, ознакомиться с содержанием, требованиями оформления и публичного сообщения по теме реферата и не допустить ряда ошибок, которые могут в дальнейшем повлиять на оценку реферата.

2.2.Выбор тем рефератов

Перечень тем рефератов, приведенный в учебной программе, носит рекомендательный характер. Студентам предоставляется право выбора темы реферата. При выборе темы студенты руководствуются примерным перечнем тем. Студенты, изъявившие желание писать рефераты по иной теме дисциплины или изменить название предлагаемой темы, должны эти действия согласовать с преподавателем соответствующей дисциплины. Тема реферата должна соответствовать образовательной дисциплине, быть грамотно сформулирована и заключать в себе проблему. Следует, по возможности, воздержаться от чрезмерного упрощения, равно как и усложнения формулировок тем, излишней наукообразности.

Конечный срок выбора темы - пятница второй учебной недели (в случае совпадения с неучебным днем - следующий первый учебный день). Если студент к указанному сроку не определится с темой реферата, то выбор темы определяется преподавателем дисциплины.

2.3.Подбор литературных и иных источников, их изучение

От подборки литературных и иных источников зависит глубина освещения темы реферата.

Главное в изучении источников - это подбор и систематизация материалов в соответствии с оглавлением реферата.

Подбором источников студенты должны заниматься самостоятельно. Преподаватели дисциплины рекомендуют основные источники по теме реферата.

Список подобранной литературы и иных источников должен быть согласован с научным руководителем реферата, у которого также необходимо узнать о том, какие изменения и дополнения необходимо учесть при работе с источниками.

После завершения подборки литературных и иных источников необходимо приступить к их детальному изучению.

По мере ознакомления с источниками они включаются в список использованных источников. Источников должно быть не менее трех.

2.4. Составление оглавлений рефератов

Структура рефератов:

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1 (наименование 1 пункта (параграфа) содержательной части реферата).

2 (наименование 2 пункта (параграфа) содержательной части реферата) и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ (если они есть, то указывается отдельно каждое приложение).

Примечание. Допускается наличие подпунктов к пунктам.

В основном тексте реферата должно содержаться не менее двух пунктов (параграфов).

2.5. Оформление рефератов

Студентам необходимо тщательно изучить требования, предъявляемые к оформлению рефератов. Правильность оформления - один из крите-

риев оценки выполнения работы.

Несоблюдение требований по оформлению рефератов служит причиной автоматического отказа в их приеме кафедрой.

Прежде всего, в работе необходимо правильно расположить материалы:

1. Титульный лист
2. Оглавление.
3. Содержательная часть реферата (по пунктам (параграфам)).
4. Заключение.
5. Список использованных источников.
6. Приложения (если таковые имеются, каждое отдельно).

2.5.1. Оформление текста рефератов. При написании рефератов студенты должны использовать научно-исследовательский стиль изложения материала, в котором: отсутствуют личные местоимения; не употребляются глаголы, выражающие чувства; не допускается политизированный подход; повествование ведется от третьего лица (на наш взгляд, по нашему мнению и т.п.) и т.д.

ВВЕДЕНИЕ (1-2 страницы). Введение должно включать в себя крат кое обоснование актуальности темы реферата. Это обоснование обычно завершают так: «Актуальность ... послужила основанием для выбора темы реферата и предопределила её задачи»; «Этим определился выбор темы реферата»; «Все это обусловило выбор темы реферата» и т.д.

Во введении необходимо сформулировать задачи, которые ставит перед собой студент при написании реферата.

Задачи реферата формулируются исходя из их плана работы, и могут быть прописаны в тексте так:

«При написании реферата были поставлены следующие задачи:

- изучить...;
- рассмотреть...;
- уточнить...;
- и пр.»

В этой части работы необходимо также показать, почему данный вопрос может представлять научный интерес и какое может иметь практическое значение.

Введение должно содержать также краткий обзор использованных источников, в котором указывается взятый из того или иного источника материал, анализируются его сильные и слабые стороны.

Во введении может быть дана и другая информация.

В содержательной части реферата (объем - 10-16 страниц), разделенной на пункты (параграфы) (количество которых зависит от глубины изуче-

ния вопроса, но не менее двух), студенты раскрывают тему реферата в соответствии с оглавлением и на основе изученных источников.

В пунктах (параграфах) содержательной части реферата студенты также должны аргументировано изложить собственный взгляд на изучаемые вопросы, самостоятельно сформулировать выводы. Необходимо обратить внимание на обоснованность распределения материала на пункты (параграфы), умение формулировать их название, соблюдение логики изложения.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ (1-2 страницы) необходимо в сжатой форме сделать обобщение содержания реферата: объяснить важность проблем и их обоснованность; привести собственную точку зрения на изложенную проблему, и сделать другие выводы.

Заключение может быть сформулировано в виде тезисов, положений или выводов. Выводы должны быть строго соотносимы с теми целями и задачами, которые ставились в начале работы.

Заключение не может содержать новых моментов, не рассмотренных в основной части реферата.

В заключении также целесообразно указать вопросы, которые остались неразрешенными в рамках данной работы, но нуждаются в дальнейшей разработке.

Ссылки на источники в заключении недопустимы. Основное требование к заключению - краткость и обстоятельность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ПРИЛОЖЕНИЯ приводятся в конце работы.

Общие требования к оформлению текста рефератов.

Общий объём реферата - 12-20 страниц машинописного текста (без списка использованных источников и приложений).

Текст реферата должен быть представлен в машинописном виде на листах писчей бумаги формата А4 (210Х297 мм) через 1,5 интервала и размещен на одной стороне листа при вертикальном его расположении, с полями: верхнее и нижнее - 20 мм; правое - 10 мм; левое - 25 мм. Для разворотных таблиц и рисунков допускается формат А3 (297х420 мм).

При наборе текста на компьютере необходимо использовать размер шрифта четырнадцатый, шрифт «Times New Roman», выравнивание абзаца по ширине, автоматическая расстановка переносов слов, отступ первой строки - 1,27 см (абзацный отступ должен быть одинаковым и равен пяти буквенным знакам (печатать необходимо с шестого буквенного знака)), интервал обычный, не запрещать «висячие строки» и «разрыв абзаца».

Допускается вписывать от руки чернилами (пастой) или тушью, ус-

ловные знаки и отдельные слова, выполнять рисунки, исправлять после аккуратной подчистки (допускается использование корректора) мелкие опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе оформления реферата. Вписываемые знаки должны иметь размер не менее машинописного шрифта, надстрочные и подстрочные индексы, показатели степени и т.п. должны быть меньших размеров, но не менее 60% от высоты шрифта основного текста.

Пункты (параграфы) рефератов последовательно нумеруют арабскими цифрами (например, 1, 2 и т.д.). Допускается двойная нумерация подпунктов (например, 1.1, 2.1 и т.д.). После номеров пунктов, подпунктов точка не ставится. Номер пункта (параграфа) указывают перед заголовком. Каждый раздел рефератов (введение, пункты (параграфы), заключение, список использованных источников, приложения) начинают писать с новой страницы. Заглавными буквами печатаются аббревиатуры, а также названия пунктов и слова «ОГЛАВЛЕНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ».

Например:

ВВЕДЕНИЕ

1 ИСТОРИЯ И ПРОБЛЕМАТИКА РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ.

Слова «ОГЛАВЛЕНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» располагаются по центру страницы, названия пунктов (параграфов) и подпунктов - с абзацного отступа.

Названия подпунктов, а также слова «ОГЛАВЛЕНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» отделяются от текста расстоянием снизу 12 пт. Подпункт в тексте (начиная со второго) отделяется расстояниями: сверху - 18 пт, снизу - 12 пт. Подпункт от пункта печатается через 1,5 интервал.

Текст и названия подпунктов печатаются строчными буквами.

Все страницы рефератов, включая приложения, нумеруются по порядку от титульного листа до последней страницы без пропусков и повторений. Первой страницей считается титульный лист. На нем цифра «1» не ставится. На следующей странице («ОГЛАВЛЕНИЕ») ставится цифра «2» и т.д. Номер страницы ставится на середине нижнего поля листа (страницы), например: 2, 3, 4 и т.д., без всяких дополнительных обозначений (черточек, точек и т.п.).

Студент должен подписать реферат на титульном листе напротив мес-

та расположения своей фамилии.

Рефераты должны быть скреплены в скоросшиватель.

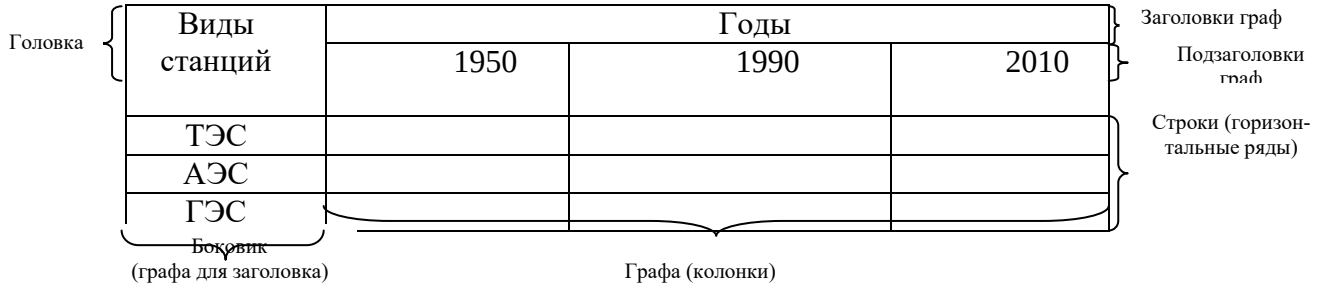
2.5.2. Оформление таблиц. Таблицы сопровождают текстом, который полностью или частично должен предшествовать им, содержать анализ и не повторять приведенные в них цифровые данные. Таблицы, помещаемые в тексте рефератов, должны быть простыми, компактными, содержать обобщенную информацию.

При оформлении таблиц использовать шрифт не менее двенадцатого размера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. Отдельные слова в них можно заменять буквенными обозначениями, если они пояснены в тексте реферата.

Макет-пример *оформления таблицы.*

Таблица 1 – Количество различных видов энергетических станций



Заголовки и подзаголовки граф выполнять через один межстрочный интервал. Подчеркивание заголовка таблицы не допускается.

В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире. При этом знак «№», точки после номера и в конце названия таблицы не ставятся.

Название таблицы печатается через один межстрочный интервал (размер шрифта 14 пунктов).

Название таблицы отделяется от таблицы расстоянием 6 пт.

Текст реферата после таблицы отделяется 1,5 интервалом.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, например: Таблица 1. Допускается нумеровать таблицы в пределах пунктов. В этом случае номер таблицы состоит из двух цифр, первая - номер пункта, вторая - текущий номер таблицы, цифры отделены друг от друга точкой, например: Таблица 2.1.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например: Таблица В. 1.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица», её номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1».

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае — боковик.

Таблицы следует размещать так, чтобы их можно было читать без поворота реферата. Если это невозможно, таблицы располагают так, чтобы для их чтения надо было повернуть реферат по часовой стрелке на 90 градусов.

Таблицы следует размещать после первого упоминания о них в тексте рефератов или на следующей странице. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием её номера (например, таблица 1).

На все таблицы, приведенные в реферате, должны быть ссылки в тексте.

Числа. Целые числа не должны быть многозначными (более четырех знаков). Для этого надо пользоваться соответствующими степенями размерности - тыс., млн., млрд. и т.д.

Дробные числа в таблицах приводят в виде десятичных дробей. При этом числовые значения в пределах одной графы должны иметь одинаковое количество десятичных знаков (также в том случае, когда после целого числа следуют нули, например, 100,0). Показатели могут даваться через тире (30-40 и т.д.), со словами «свыше» (св.30), «от» (от 20), «до» (до 10) и т.п. В том случае, когда цифровые или другие данные в таблице не приводят, то в графе (колонке) ставят прочерк.

Кавычки. Если повторяющийся в графе текст состоит из одного слова, его заменяют кавычками. Если же повторяющийся текст состоит из двух и более слов, при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее - ка-

вычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, знаков, математических символов не допускается.

2.5.3. Оформление иллюстраций. Количество иллюстраций (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) реферата определяется его содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать излагаемому тексту ясность и конкретность. Все иллюстрации именуются рисунками.

Иллюстрации следует располагать в реферате непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Размещать иллюстрации следует так, чтобы их можно было рассматривать без поворота реферата. Если это невозможно, то рисунки располагают так, чтобы для их рассматривания надо было повернуть реферат по часовой стрелке на 90 градусов.

Рисунок размещается посередине страницы, легенда рисунка размещается справа от рисунка и снизу рисунка.

Рисунки могут быть выполнены в цветном или черно-белом цвете.
Фотоснимки, используемые в качестве иллюстраций к реферату, размером меньше формата А4, должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

Основные требования к графику - максимальное использование площади рисунка, минимум надписей, рациональный выбор масштаба по осям, использование множителей и приставок для кратных и дольных единиц. На осях указываются только принятые в тексте обозначения изображенных величин. Если обозначение отсутствует, вдоль осей пишут развернутое наименование величины (с прописной буквы), отделяя от единицы величины запятой. При наличии цифр обязательно указываются величины в соответствии с принятыми сокращениями. Если на рисунке изображено семейство кривых, то буквенное обозначение параметра указывается на первой и последней кривых.

Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, например: Рисунок 1. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах пункта. В этом случае номер иллюстрации состоит из двух цифр, первая - номер пункта, вторая - текущий номер рисунка, цифры отделены друг от друга точкой, например: Рисунок 1.1.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например: Рисунок Г.1.

Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки. Наименование рисунка печатается с заглавной буквы размером шрифта 14 пунктов, через один межстрочный интервал.

Пример оформления рисунка.

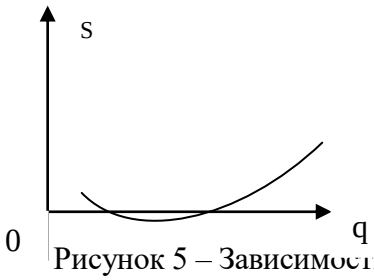


Рисунок 5 – Зависимость себестоимости электроэнергии от объема производства

Если рисунок имеет пояснительные данные (подрисуночный текст), то слово «Рисунок», его номер и наименование помещают после пояснительных данных.

При ссылке на иллюстрацию следует писать: «... в соответствии с рисунком 2» (при сквозной нумерации) и «... в соответствии с рисунком 1.2» - при нумерации в пределах пункта.

2.5.4. Оформление приложений. Приложения оформляются как продолжение реферата на последующих ее листах. Приложения должны иметь общую с рефератом сквозную нумерацию страниц.

В тексте должны быть ссылки на все приложения. Приложения располагаются и обозначаются в порядке ссылок на них в тексте реферата.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» с его обозначением.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ.

В случае полного использования букв алфавита допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Каждое приложение должно иметь тематический заголовок, который записывается симметрично относительно текста с прописной буквы, отдельной строкой.

Рисунки каждого приложения и таблицы обозначаются отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например: Рисунок А.5 или Таблица Б.2.

Пример оформления приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Система теплового аккумулирования

2.5.5. Оформление уравнений и формул.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (х), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «х».

После формул приводят экспликацию - расшифровку приведенных в формуле буквенных обозначений величин. Последовательность расшифровки буквенных обозначений величин должна соответствовать последовательности их в формуле. Расшифровки отделяют друг от друга точкой с запятой. После формулы следует ставить запятую, затем с новой строки набрать слово «где» (без двоеточия) и в подбор набирать экспликацию.

Формулу необходимо располагать по центру страницы.

Формулы в реферате следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках, например (1), в крайнем правом положении на строке, на которой указана формула. Допускается нумерация формул в пределах одного пункта, например (1.1).

Пример:

$$P = E : t \qquad (1)$$

где Е – энергия, Дж.;

t - время, с.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках:

«Пример - ... в формуле (1)».

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (В. 1).

Математические уравнения в реферате излагаются так же, как и формулы.

2.5.6. Оформление сокращений и условных обозначений.

Сокращения в тексте рефератов возможны лишь в тех случаях, когда установлены соответствующим стандартом или правилом русской орфографии и пунктуации, например: и так далее - и т.д.; год (годы) - г. (гг.); тысячи - тыс., миллионы - млн., миллиарды - млрд. Могут применяться узкоспециализированные сокращения. При этом необходимо один раз детально расшифровать их в скобках после первого упоминания, а в последующем эту

расшифровку не повторять, например: ТЭС (тепловая электрическая станция) и т.д.

Сокращение слов в заголовках пунктов (параграфов), таблиц, приложений и в подписях под рисунками не допускается.

Не рекомендуется употреблять для одного и того же понятия термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных терминов в русском языке.

Не допускается замена слов в тексте математическими знаками без цифр, например: < (меньше или равно), > (больше или равно), знак № (номер) и % (процент).

Нельзя сокращать обозначения единиц физических и стоимостных величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц этих величин в таблицах и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы.

Если в рефератах приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице стоимостной или физической величины, то ее указывают только в конце последнего числового значения, например: 4 и 7 Дж.

2.5.7. Оформление единиц измерения. Единицы измерения необходимо указывать в соответствии с государственными стандартами и другими общепринятыми правилами.

Например, принято обозначать сокращенно единицы измерения времени (секунда - с, минута - мин, час - ч); массы (грамм - г, килограмм - кг, тонна - т); площади (квадратный метр - $м^2$ (кв. м)); длины (миллиметр - мм, сантиметр - см, метр - м, километр - км); объема (кубический метр - м (куб. м)); скорости (метр в секунду - м/с, километр в час - км/ч) и т.д.

После таких сокращений точку не ставят. Денежную единицу измерения обозначают с точкой: руб.

2.5.8. Оформление ссылок на источники. ***Ссылки*** являются обязательным элементом любой научной работы. Они сообщают читателю точные сведения о заимствованных автором источниках. Студент обязан сопровождать ссылками не только цитаты, но и любое заимствованное из литературы или иных источников, цифровой материал. Наличие ссылок на источники свидетельствует о научной добросовестности студента.

Действующими в настоящее время стандартами по оформлению ссылок на источники предписано в тексте указывать в ***квадратных скобках*** порядковый номер источника по списку использованных источников и страницу текста в источнике. Цитата в тексте реферата приводится в кавычках, а в скобках указывается источник с указанием страницы, например: [2, с.3]. Сам этот источник в списке использованных источников имеет порядковый номер, в данном примере - 2. Такой порядок оформления ссылок на источник позволяет из-

бегать повторения названий источников при многократном их использовании в тексте работы. Если дается свободный пересказ принципиальных положений тех или иных авторов, то достаточно указать в скобках, после изложения позаимствованных положений, номер источника по списку использованных источников без указания номера страницы.

Примеры *оформления ссылок:*

«Р.М. Гусейнов [1] и В.М. Кудров [4] считают ...».

«В своей работе Лаврушин О.И [5, с. 11] пишет ...».

Если ссылаются на многотомное издание, то, кроме того, указывают номер тома: [1, Т.2, с. 105].

При ссылке на работы одного автора или на работы нескольких авторов приводят номера этих работ: «Ряд авторов [3,5,7] считает ...».

Если в тексте делается ссылка на нормативно-законодательные документы, не опубликованные в печати, то в тексте приводят следующие сведения о них: наименование документа; заключенные в квадратные скобки номер и заголовок соответствующего его раздела; кем и когда утвержден (одобрен).

1.5.9. Оформление списка использованных источников.

1.5.10. Источники, включенные в список использованных источников, должны быть перечислены в алфавитной последовательности (по первым буквам фамилий авторов или по названиям сборников).

В списке использованных источников должно быть не менее трех источников.

В списке использованных источников вначале располагаются источники на русском языке, затем иностранные источники.

Сведения об источниках следует нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

Основным источником данных для библиографического описания использованных книг являются сведения, указанные на обороте их титульного листа.

Общие требования и правила составления библиографической ссылки установлены **ГОСТ Р 7.0.5-2008.** При оформлении списка использованных источников необходимо пользоваться *затекстовой библиографической ссылкой.*

3. ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИЧНОГО СООБЩЕНИЯ РЕФЕРАТОВ

Порядок представления рефератов.

Выполненный реферат должен быть представлен на проверку *научному* руководителю. Научный руководитель на титульном листе проставляет дату сдачи реферата.

При соответствии реферата требованиям, научный руководитель должен проставить на титульном листе: «К сообщению, дата, подпись», после этого реферат подлежит возврату студенту для подготовки к публичному сообщению. Если в оформлении реферата имеются незначительные погрешности, то он может быть допущен к публичному сообщению после их исправления с надписью: «К сообщению, после доработки, дата, подпись».

Студент имеет право доработать представленный материал. Переработанный материал добавляется к реферату. Весь старый текст, а также пометки, замечания научного руководителя не могут быть изъяты из реферата. Если студент переделает заново весь реферат, то он должен сшить оба варианта работы, расположив новый экземпляр сверху.

Публичное сообщение рефератов должно состояться в срок определенный учебной программой.

После публичного сообщения реферата студент должен хорошо ориентироваться в работе, уметь дать пояснения по содержанию текста работы, отвечать на вопросы по существу своей работы.

Пример оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске

Кафедра **промышленной теплоэнергетики**

Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
профиль **«Энергообеспечение предприятий»**

РЕФЕРАТ
по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

на тему
«Ветровые энергетические установки. История появления и развития»

Студентка группы ЭО-18
Васильченко Ю.О.
Научный руководитель
к.т.н., доцент Новиков Г.Ю.

Смоленск

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

НЕТРАДИЦИОННЫЕ П ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

Методические указания по самостоятельной работе студентов

1.Общие сведения о самостоятельной работе студентов по дисциплине

Цель самостоятельной работы – осмысленно и самостоятельно работать с учебным материалом, полученным при контактной работе с преподавателем, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» выполняется в соответствии с рабочей программой дисциплины.

2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине.

Процесс освоения студентами дисциплины включает изучение 8 тем (см. рабочую программу дисциплины).

В самостоятельную работу по темам №1- №8 входит самостоятельное изучение дополнительного материала по теме; выполнение реферата; подготовка к сдаче экзамена; по темам №2-№7 подготовка к практическим занятиям.

2.1. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.

При подготовке к лекции по теме 1 «Энергетические ресурсы и их использование» самостоятельно рассматриваются виды энергоресурсов и единицы их измерения. Характеристика энергоресурсов: органическое топливо, атомная энергия, геотермальная энергия, солнечная энергия, гидроэнергия. Топливно-энергетическая сеть Российской Федерации. Экологические аспекты развития энергетики.

При подготовке к лекциям и практическим занятиям по теме 2 «Солнечная энергетика и системы солнечного теплоснабжения» самостоятельно рассматриваются физические основы преобразования солнечной энергии. Интенсивность солнечного излучения. Конструкции и материалы солнечных элементов.

При подготовке к лекции и практическим занятиям по теме 3 «Тепловое аккумулирование энергии» самостоятельно рассматривается классификация аккумуляторов тепла. Тепловое аккумулирование для солнечного обогрева и охлаждения помещений.

При подготовке к лекции и практическому занятию по теме 4 «Использование геотермальной энергии» самостоятельно рассматриваются геотер-

мальные электростанции с конденсационной турбиной. Геотермальные электростанции с бинарным циклом.

При подготовке к лекции и практическому занятию по теме 5 «Энергетические ресурсы океана» самостоятельно рассматриваются преобразователи, использующие энергию колеблющегося водяного столба и подводные устройства. Использование энергии приливов и морских течений.

При подготовке к лекции и практическому занятию по теме 6 «Использование энергии ветра» самостоятельно рассматривается теория реального ветряка. Потери ветряных двигателей.

При подготовке к лекции и практическому занятию по теме 7 «Преобразование тепловой энергии океана и низкопотенциальных источников тепла» самостоятельно рассматривается энергетический потенциал мирового океана. Преобразование тепловой энергии низкопотенциальных источников. Тепловые насосы.

При подготовке к лекции по теме 8 «Использование биотоплива для энергетических целей» самостоятельно рассматривается спиртовая ферментация (брожение). Использование этанола в качестве топлива.

2.2. Подготовка к сдаче экзамена.

Для подготовки к сдаче экзамена по дисциплине в рабочей программе дан перечень контрольных вопросов и список рекомендуемой литературы

3. Методическое обеспечение самостоятельной работы.

По дисциплине разработаны методические указания к лекционным занятиям, к практическим занятиям с указанием рассматриваемых на них вопросов, методические указания по выполнению реферата, изданы методические указанияпо выполнению лабораторных работ.

Список рекомендуемой литературы представлен в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для контроля качества самостоятельного изучения материала дисциплины.

1. Виды энергоресурсов и единицы их измерения.
2. Характеристика энергоресурсов: органическое топливо, атомная энергия, геотермальная энергия, солнечная энергия, гидроэнергия.
3. Топливно-энергетическая сеть Российской Федерации.
4. Экологические аспекты развития энергетики.
5. Физические основы преобразования солнечной энергии. Интенсивность солнечного излучения.
6. Конструкции и материалы солнечных элементов.
7. Классификация аккумуляторов тепла.

8. Тепловое аккумулирование для солнечного обогрева и охлаждения помещений.
9. Геотермальные электростанции с конденсационной турбиной.
10. Геотермальные электростанции с бинарным циклом.
11. Преобразователи, использующие энергию колеблющегося водяного столба и подводные устройства.
12. Использование энергии приливов и морских течений.
13. Теория реального ветряка.
14. Потери ветряных двигателей.
15. Энергетический потенциал мирового океана.
16. Преобразование тепловой энергии низкопотенциальных источников. Тепловые насосы.
17. Спиртовая ферментация (брожение).
18. Использование этанола в качестве топлива.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Учебно-методическое обеспечение лабораторных занятий
по дисциплине

НЕТРАДИЦИОННЫЕ П ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы выполняются на персональных ЭВМ. Процесс выполнения работ предполагает домашнюю подготовку к работе − 4 часа, работа студента на ПЭВМ − 3 часа, оформление и защита лабораторной работы − 4 часа.

В лабораторной работе №1 выполняется расчет теплоподготовительной установки геотермального источника теплоснабжения с целью определения коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и поверхности нагрева теплообменного аппарата. По результатам расчета проводится выбор стандартного теплообменника.

В лабораторной работе №2 выполняется расчет схемы одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем. По результатам расчета определяются удельные и полные тепловые нагрузки элементов схемы и кпд установки

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Цель работы

Определение коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и поверхности нагрева теплообменного аппарата. Выбор по результатам расчета стандартного теплообменника.

1.2. Задание

1. Изучить указания к выполнению лабораторной работы.

2. Составить алгоритм программы для расчета теплоподготовительной установки геотермального источника теплоснабжения.

3. Составить программу для определения коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и поверхности нагрева теплообменного аппарата.

4. В соответствии с исходными данными приведенными в табл.П1.1, которые выбираются студентом согласно номеру по журналу, выполнить расчет на ПЭВМ коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и поверхности нагрева теплообменного аппарата.

5. По результатам расчета произвести выбор стандартного теплообменника.

6. Провести анализ результатов расчета и сделать вывод об эффективности применения теплообменника в геотермальной установке.

7. Оформить отчет согласно требованиям, предъявляемым к оформлению отчета.

1.3. Указания к выполнению работы

В качестве теплоподготовительной установки рассматривается вертикальный пароводяной подогреватель сетевой воды (ПСВ). Греющей средой является сухой насыщенный пар из геотермальной скважины, прошедший необходимую очистку от примесей. Нагреваемой средой является сетевая вода, циркулирующая в закрытой двухтрубной системе теплоснабжения.

Материал труб теплообменного аппарата − латунь с теплопроводностью λ=105 Вт/м·К; наружный диаметр трубы − $d_н$ выбирается из ряда: 25, 38, 51 мм; толщина стенки трубы $\delta_{ст}$ принимается равной 1 или 1,5 мм; длина трубного пучка выбирается из ряда: 3, 4, 6 м; скорость движения воды в трубах − $\omega_т$ может принимать значения в интервале от 1,5 до 3,5 м/с; толщина слоя накипи $\delta_{нак}$=0,5 мм; теплопроводность накипи $\lambda_{нак}$=1,5 Вт/м·К.

Определяем среднеарифметическое значение температуры воды в трубах

$$t_{вод.ср} = \frac{T_1 + T_1}{2}, [^oC] \quad (1)$$

Определяем коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воде

$$\alpha_2 = B_1 \cdot \left(\frac{\omega_т \cdot \rho_т}{d_{вн}^{0,2}}\right)^{0,8}, \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right] \quad (2)$$

где $\rho_т$ − плотность воды при средней температуре;

B_1 − коэффициент, объединяющий комплекс величин, зависящих от температуры. Значение B_1 определяется из графика, который строится по данным таблицы 1.

Таблица 1

Значения коэффициента B_1 в зависимости от температуры

t, °C	70	80	90	100	110	120	130	140	150
B_1	9,3	9,84	10,35	10,81	11,18	11,58	12	12,36	12,71

Предварительно, по упрощенной формуле, определяется температура стенки трубы

$$t_{ст.предв.} = 0,5 \cdot (t_п + t_{вод.ср.}), [^oC] \quad (3)$$

где $t_п$ − температура греющего пара. Она определяется исходя из заданного давления греющего пара.

Определяем разность температур между паром и стенкой трубы

$$\Delta t = t_п - t_{ст.предв.}, [^oC] \quad (4)$$

Вычисляем критическую разность температур

$$\Delta t_{кр} = \frac{395}{l} \cdot D, [°C] \quad (5)$$

где l − длина трубного пучка, м;

D − коэффициент, зависящий от температуры пара.

Значения коэффициентов A, B, C, D, зависящих от температуры пара, выбираются из таблицы 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов A, B, C, D от температуры пара

$t_{п,}$ °C	A	B	C	D
150	11310	38400	11350	0,0092
170	11420	39700	10320	0,0073
190	11410	40500	9250	0,006

Сравнивают значения величин Δt и $\Delta t_{кр}$. Если $\Delta t \leq \Delta t_{кр}$, то коэффициент теплоотдачи α_1 от пара к стенке трубы рассчитывается по формуле

$$\alpha_1 = \frac{1{,}337 \cdot A}{\sqrt[4]{l \cdot \Delta t}}, \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right] \quad (6)$$

Если $\Delta t > \Delta t_{кр}$, то

$$\alpha_1 = 1{,}163 \cdot \left(0{,}16 \cdot B + \frac{C}{l \cdot \Delta t}\right), \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right] \quad (7)$$

где A, B, C − коэффициенты определяемые в зависимости от температуры пара по таблице 2.

Определяем фактическое значение величины температуры стенки

$$t_{ст} = t_{п} - \frac{\alpha_2 \cdot (t_{п} - t_{ср.вод.})}{\alpha_1 + \alpha_2}, [°C] \quad (8)$$

Если $\frac{t_{ст} - t_{ст.предв.}}{t_{ст}} \cdot 100 \geq 5\%$, то расчет повторяется при новом значении $t_{ст.предв.}$

Определяется коэффициент теплопередачи

$$К = \frac{0{,}95}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{нак}}{\lambda_{нак}} + \frac{1}{\alpha_2}}, [°C] \quad (9)$$

Определяем среднелогарифмический температурный напор между паром и водой

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_{б} - \Delta t_{м}}{2{,}3 \cdot lg \frac{\Delta t_{б}}{\Delta t_{м}}}, [°C] \quad (10)$$

где $\Delta t_{б}$ и $\Delta t_{м}$ − большая и меньшая разность температур между паром и водой.

$$\Delta t_б = t_п - t_1,$$

где t_1 – температура сетевой воды на выходе из теплообменника;

$$\Delta t_м = t_{кб} - t_2,$$

где t_2 – температура сетевой воды на входе в теплообменник;

$t_{кб}$ – температура конденсата.

Определяем площадь поверхности нагрева

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{ср}} \cdot 10^6, [м^2] \qquad (11)$$

где Q – тепловая нагрузка;

k – постоянная Стефана-Больцмана.

1.4. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Описание целей работы и основные расчетные зависимости.
2. Блок-схему алгоритма расчета и текст программы.
3. Анализ результатов и выводы по итогам выполнения работы.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

РАСЧЕТ СХЕМЫ ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ ПАРОЖИДКОСТНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ОХЛАДИТЕЛЕМ.

2.1. Цель работы

Определить параметры рабочего агента в характерных точках схемы, рассчитать удельные и полные тепловые нагрузки элементов схемы парожидкостной теплонасосной установки и ее кпд.

2.2. Задание

1. Изучить указания к выполнению лабораторной работы.
2. Составить алгоритм программы для расчета теплонасосной установки с охладителем.
3. Составить программу для определения удельных и полных тепловых нагрузок элементов схемы одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем и ее кпд.
4. Определить параметры рабочего агента в характерных точках схемы одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем, использовав для этого p-h диаграмму.
5. Выполнить расчет на ПЭВМ удельных и полных тепловых нагрузок элементов схемы и кпд теплонасосной установки.
6. Провести анализ результатов расчета и сделать вывод об эффективности работы одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем.

2.3. Указания к выполнению работы

Рассмотрим принцип действия одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем.

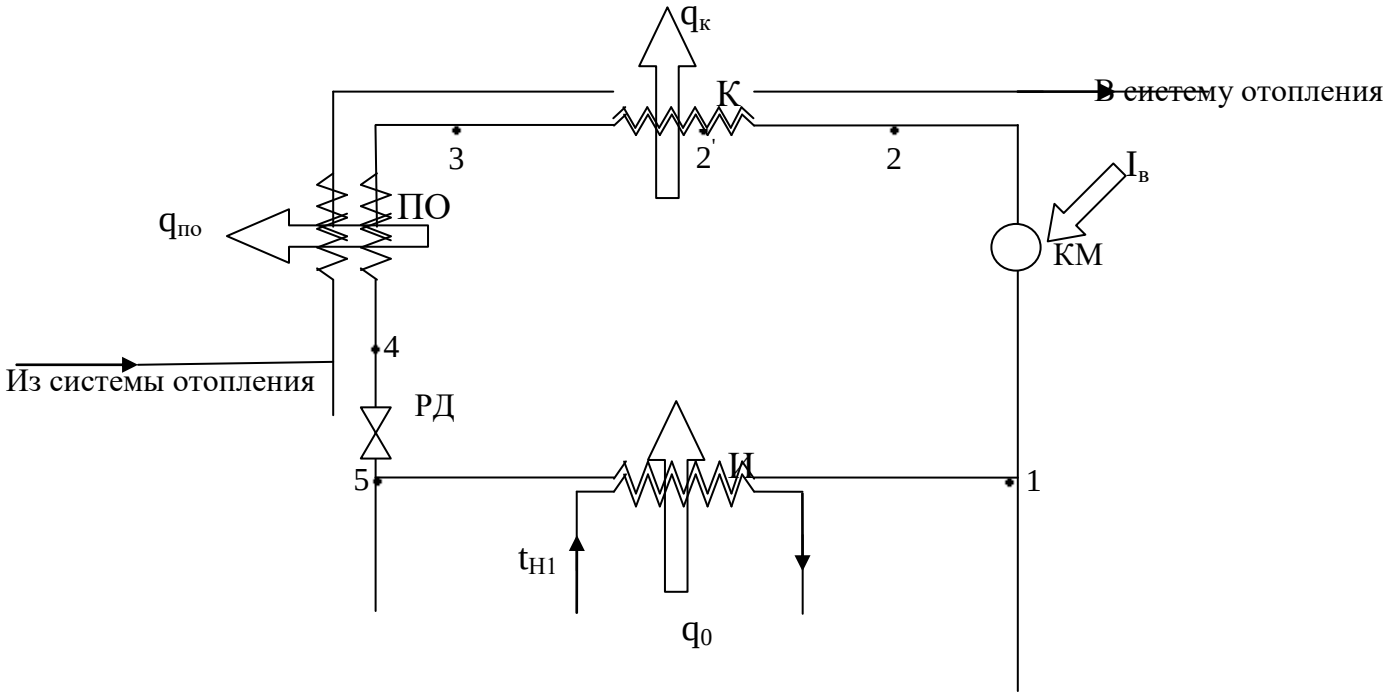


Рис.1. Схема одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем.

Рабочий агент получает тепло в испарителе (И). Точка 5 соответствует жидкому состоянию рабочего агента, точка 1 − пар рабочего агента. В качестве источника низкопотенциального тепла используется речная вода. В компрессоре (КМ) растет давление и температура пара − точка 2. В конденсаторе (К) пары рабочего агента отдают тепло в систему отопления, конденсируясь и переходя в жидкое состояние − точка 3. В охладителе (ПО) жидкий рабочий агент дополнительно охлаждается, отдавая тепло в систему отопления. После прохождения дросселя (РД) падает давление рабочего агента − точка 5, после чего он снова поступает в испаритель.

Определяется температура испарения рабочего агента

$$t_0 = t_{н2} - \Delta t_и, [°C] \quad (12)$$

где $t_{Н2}$ − температура воды на выходе из испарителя;

$\Delta t_и$ − разность температур в испарителе.

Определяется температура конденсата рабочего агента

$$t_к = \tau_2 - \Delta t_к, [°C] \quad (13)$$

где τ_2 – температура воды на выходе из конденсатора;

$\Delta t_к$ – разность температур в конденсаторе.

Используя p-h диаграмму для рабочего агента определяют его давление p и энтальпию h для характерных точек схемы теплонасосной установки.

Определяют внутреннюю работу компрессора

$$I_в = h_2 - h_1, \left[\frac{кДж}{кг}\right] \quad (14)$$

Определяют удельную тепловую нагрузку испарителя

$$q_0 = h_1 - h_5, \left[\frac{кДж}{кг}\right] \quad (15)$$

Определяют удельную тепловую нагрузку конденсатора

$$q_к = h_2 - h_3, \left[\frac{кДж}{кг}\right] \quad (16)$$

Определяем удельную тепловую нагрузку охладителя

$$q_{ПО} = h_3 - h_4, \left[\frac{кДж}{кг}\right] \quad (17)$$

Определяется массовый расход рабочего агента

$$G = \frac{Q_в}{q_к + q_{ПО}}, \left[\frac{кг}{с}\right] \quad (18)$$

где $Q_в$ – теплопроизводительность теплонасосной установки.

Определяется объемная производительность компрессора

$$V_1 = v_1 \cdot G, \left[\frac{м^3}{с}\right] \quad (19)$$

где v_1 – удельный объем рабочего агента, определяемый с использованием p-h диаграммы.

Рассчитывается тепловая нагрузка охладителя

$$Q_{ПО} = q_{ПО} \cdot G, [кВт] \quad (20)$$

Рассчитывается тепловая нагрузка испарителя

$$Q_0 = q_0 \cdot G, [кВт] \quad (21)$$

Определяется удельная работа компрессора

$$l_{эм} = \frac{I_В}{\eta_{эм}}, \left[\frac{кДж}{кг}\right] \quad (22)$$

где $\eta_э$ – электромеханический кпд компрессора.

Определяется удельный расход электроэнергии на единицу выработанного тепла

$$Э_{эм} = \frac{l_{эм}}{q_к + q_{ПО}} \quad (23)$$

Определяется электрическая мощность компрессора

$$N = l_{эм} \cdot G, [кВт] \quad (24)$$

Определяется коэффициент трансформации

$$\mu = \frac{1}{Э_{эм}} \quad (25)$$

Определяется средняя температура низкотемпературного источника тепла

$$T_{н.ср.} = \frac{t_{н1} + t_{н2}}{2}, [°C] \quad (26)$$

Определяется средняя температура тепла, полученного рабочим агентом

$$T_{в.ср.} = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2}, [°C] \quad (27)$$

где τ_1 – температура воды на входе в охладитель.

Определяется коэффициент работоспособности тепла с потенциалом $T_{в.ср.}$

$$\tau_q = 1 - \frac{293}{T_{в.ср.}} \quad (28)$$

Определяется коэффициент полезного действия теплонасосной установки

$$\eta = \frac{(q_к + q_{по}) \cdot \tau_q}{l_{эм}} \quad (29)$$

2.4. Требования к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Описание целей работы, схему теплонасосной установки и основные расчетные зависимости.
2. Блок-схему, алгоритм расчета и текст программы.
3. Анализ результатов и выводы по итогам выполнения работы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ П1

Таблица П1.1

Исходные данные подогревателя сетевой воды

№	**Тепловая нагрузка** Q, МВт	**Давление греющего пара** $p_п$, МПа	**Температура конденсата** $t_{кб}$, °С	**Температура сетевой воды на входе** t_2, °С	**Температура сетевой воды на выходе** t_1, °С
1	1,8	0,20	80	70	95
2	3,2	1,15	82	70	150
3	5,1	0,25	84	70	95
4	1,5	1,10	86	70	150
5	2,5	0,30	88	70	95
6	3,4	1,05	90	70	150
7	4,2	0,35	81	70	110
8	6,5	1,00	83	70	150
9	8,4	0,40	85	70	110
10	2,7	0,95	87	70	150
11	6,3	0,45	89	70	110
12	5,6	0,90	91	70	150
13	1,6	0,50	80	70	130
14	8,5	0,85	82	70	150
15	8,9	0,55	84	70	130
16	9,7	0,80	86	70	150
17	3,3	0,60	88	70	130
18	2,8	0,75	90	70	150
19	4,4	0,65	81	70	130
20	5,9	0,70	83	70	130

Таблица П1.2

Исходные данные для расчета схемы ТНУ

№	$Q_в$, кВт	$t_{н1}$, °С	$t_{н2}$, °С	τ_1, °С	τ_2, °С	Рабочий агент	$\Delta t_и$, °С	$\Delta t_к$, °С	$\Delta t_{охл}$, °С	η_i,%	$\eta_{эм}$,%
1	11	10	5	70	35	R-11	3	5	10	78	91
2	13	9	7	75	40	R-12B1	4	6	11	80	90
3	15	11	8	70	40	R-21	5	7	9	83	92
4	10	7	3	65	30	R-114	2	5	8	85	95
5	12	10	6	80	45	R-142	3	6	12	81	92
6	14	9	6	65	40	R-11	4	9	15	83	90
7	9	8	4	60	30	R12B1	2	4	10	84	94
8	12,5	10	6	70	45	R-21	3	5	13	80	91
9	11,45	8	5	65	35	R-114	2	7	12	83	93
10	10,75	6	2	60	30	R-142	4	8	11	84	96
11	14,3	7	3	65	40	R-11	5	10	15	83	94
12	15,6	11	8	75	35	R12B1	3	9	14	80	95
13	16	11	7	75	40	R-21	2	8	13	81	94
14	16,5	8	5	70	45	R-114	3	7	12	83	92
15	8,5	9	5	65	35	R-142	2	6	10	85	95
16	9,75	10	6	75	45	R-11	4	7	11	86	96
17	11,3	9	6	70	35	R-12B1	3	7	15	84	95
18	12,75	8	4	65	35	R-21	5	6	9	81	94
19	12	7	4	75	50	R-114	3	8	11	84	96

20	11,45	6	3	70	45	R-142	4	7	12	81	91

ПРИЛОЖЕНИЕ П2

Вопросы для защиты лабораторной работы №1

Тепловой расчет теплоподготовительной установки геотермального источника теплоснабжения

1. Конструкция кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.
2. Конструкция пластинчатых теплообменных аппаратов.
3. Достоинства и недостатки кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников.
4. Способы интенсификации процессов теплообмена в рекуперативных теплообменных аппаратах.
5. Температурный напор. прямоточная и противоточная схемы движения теплоносителей.
6. Коэффициент теплопередачи. Способы определения.
7. Последовательность теплового расчета пароводяного теплообменного аппарата

Вопросы для защиты лабораторной работы №2

Расчет схемы одноступенчатой парожидкостной теплонасосной установки с охладителем

1. Схема и процессы работы в T,S−диаграмме одноступенчатой ТНУ с охладителем.
2. Схема и процессы работы в T,S−диаграмме двухступенчатой ТНУ.
3. Достоинства и недостатки двухступенчатой ТНУ по сравнению с одноступенчатой.
4. Как определяются параметры рабочего агента в характерных точках схемы (на примере T,S−диаграммы)?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по теплообменникам: В 2-х т./Пер. с англ. под ред. О.Г.Мартыненко и др. − М.: Энергоатомиздат, 1987. − 352,
2. Бараненко А.В., Тимафеевский Л.С., Долотов А.Г., Попов А.В. Абсорбционные преобразователи теплоты. СПб: СПб ГУНиНТ, 2005 − 338

Материал для самостоятельной подготовки студентов к лекционным и практическим занятиям.

Расчет системы солнечного теплоснабжения.

Точный тепловой расчет систем солнечного теплоснабжения затрудняется из-за влияния случайных колебаний климатических условий и сложного характера взаимодействия между элементами системы. Поэтому в инженерной практике используют специальные компьютерные программы для получения долгосрочной характеристики систем . Произведем расчет для широты горда Сочи.

Таблица 4 - Исходные данные

КСЭ	Количество человек	$T_{гв}$, ºС	$T_{хв}$, ºС	β
4	4	50	20	30

Для среднего дня каждого месяца рассчитывается количество солнечной энергии, поступающей на наклонную поверхность коллектора, для чего определяется угол склонения Солнца δ для месяцев апрель, май июнь, июль, август, сентябрь. Для Сочи широта местности φ=38°. Тогда:

- часовые углы захода Солнца для горизонтальной $\omega_з$ поверхности по формуле (2) для каждого месяца:

$$\omega_з = \arccos\left(-tg\varphi \cdot tg\delta\right) \qquad (2)$$

апрель: $\omega_з = \arccos\left(-tg38 \cdot tg9,4\right) = 97,5^{\circ}C$

май: $\omega_з = \arccos\left(-tg38 \cdot tg18,8\right) = 105,7^{\circ}C$

июнь: $\omega_з = \arccos\left(-tg38 \cdot tg23,1\right) = 109,3^{\circ}C$

июль: $\omega_з = \arccos\left(-tg38 \cdot tg21,2\right) = 107,5^\circ C$

август: $\omega_з = \arccos\left(-tg38 \cdot tg13,5\right) = 101^\circ C$

сентябрь: $\omega_з = \arccos\left(-tg38 \cdot tg2,2\right) = 91,7^\circ C$

- часовые углы захода Солнца для вертикальной ω'$_з$ поверхности по формуле (3) для каждого месяца:

$$\omega_з^{'} = \min\left\{\omega_з, \arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right]\right\} \qquad (3)$$

Вычислим $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right]$ для каждого месяца и найдем ω'$_з$

апрель: $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right] = \arccos\left[-tg\left(38 - 30\right) \cdot tg9,4\right] = 91,3$

тогда $\omega_з^{'} = 91,3$

май: $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right] = \arccos\left[-tg\left(38 - 30\right) \cdot tg18,8\right] = 92,8$

тогда $\omega_з^{'} = 92,8$

июнь: $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right] = \arccos\left[-tg\left(38 - 30\right) \cdot tg23,1\right] = 93,4$

тогда $\omega_з^{'} = 93,4$

июль: $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right] = \arccos\left[-tg\left(38 - 30\right) \cdot tg21,2\right] = 93,1$

тогда $\omega_з^{'} = 93,1$

август: $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right] = \arccos\left[-tg\left(38 - 30\right) \cdot tg13,5\right] = 91,9$

тогда $\omega_з^{'} = 91,9$

сентябрь: $\arccos\left[-tg\left(\varphi - \beta\right) \cdot tg\delta\right] = \arccos\left[-tg\left(38 - 30\right) \cdot tg2,2\right] = 90,3$

тогда $\omega_з^{'} = 90,3$

Среднемесячные коэффициенты пересчета солнечной радиации $R_п$ по формуле (4):

$$R_п = \frac{\cos\left(\varphi - \beta\right) \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_з^{'} \cdot \sin\left(\varphi - \beta\right) \cdot \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_з + \sin\varphi \cdot \sin\delta \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \omega_з} \qquad (4)$$

апрель: $R_{\text{п}} = \dfrac{\cos(38-30)\cdot\cos 9,4\cdot\sin 91,3\cdot\sin(38-30)\cdot\sin 9,4}{\cos 38\cdot\cos 9,4\cdot\sin 97,5+\sin 38\cdot\sin 9,4\cdot\dfrac{\pi}{180}\cdot 97,5} = 0,024$

май: $R_{\text{п}} = \dfrac{\cos(38-30)\cdot\cos 18,8\cdot\sin 92,8\cdot\sin(38-30)\cdot\sin 18,8}{\cos 38\cdot\cos 18,8\cdot\sin 105,7+\sin 38\cdot\sin 18,8\cdot\dfrac{\pi}{180}\cdot 105,7} = 0,039$

июнь: $R_{\text{п}} = \dfrac{\cos(38-30)\cdot\cos 23,1\cdot\sin 93,4\cdot\sin(38-30)\cdot\sin 23,1}{\cos 38\cdot\cos 23,1\cdot\sin 109,3+\sin 38\cdot\sin 23,1\cdot\dfrac{\pi}{180}\cdot 109,3} = 0,043$

июль: $R_{\text{п}} = \dfrac{\cos(38-30)\cdot\cos 21,2\cdot\sin 93,1\cdot\sin(38-30)\cdot\sin 21,2}{\cos 38\cdot\cos 21,2\cdot\sin 107,5+\sin 38\cdot\sin 21,2\cdot\dfrac{\pi}{180}\cdot 107,5} = 0,041$

август: $R_{\text{п}} = \dfrac{\cos(38-30)\cdot\cos 13,5\cdot\sin 91,9\cdot\sin(38-30)\cdot\sin 13,5}{\cos 38\cdot\cos 13,5\cdot\sin 101+\sin 38\cdot\sin 13,5\cdot\dfrac{\pi}{180}\cdot 101} = 0,031$

сентябрь: $R_{\text{п}} = \dfrac{\cos(38-30)\cdot\cos 2,2\cdot\sin 90,3\cdot\sin(38-30)\cdot\sin 2,2}{\cos 38\cdot\cos 2,2\cdot\sin 91,7+\sin 38\cdot\sin 2,2\cdot\dfrac{\pi}{180}\cdot 91,7} = 0,0064$

Таблица 5 – Значения Е, $E_{\text{д}}$, $K_{\text{я}}$ и $T_{\text{н}}$ для каждого месяца

	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
E	7,42	10,5	13,6	18,34	24,1	26,8	26,5	24,9	20,57	14,7	9,03	6,48
$E_{\text{д}}$	3,64	8	3	7,78	6	3	9	7	5,98	1	3,89	3,24
		5,07	6,34		8,1	7,92	7,83	6,48		4,72		
$K_{\text{я}}$	0,45	0,50	0,49	0,53	0,61	0,65	0,66	0,68	0,68	0,64	0,51	0,44
$T_{\text{н}}$	1,0	4,3	9,8	16,4	22,8	27,3	29,3	27,7	22,6	15,3	8,4	3,7

Среднемесячные коэффициенты пересчета солнечной радиации для наклонной поверхности R рассчитываются по формуле (5):

$$R = \left(1 - \frac{E_д}{E}\right) \cdot R_п + \frac{1+\cos\beta}{2} \cdot \frac{E_д}{E} + \rho \cdot \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (5)$$

где ρ=0,2 – коэффициент отражения для подстилающей поверхности земли для летних месяцев.

апрель: $$R = \left(1 - \frac{7,78}{18,34}\right) \cdot 0,024 + \frac{1+\cos 30}{2} \cdot \frac{7,78}{18,34} + 0,2 \cdot \frac{1-\cos 30}{2} = 0,42$$

май: $$R = \left(1 - \frac{8,1}{24,16}\right) \cdot 0,039 + \frac{1+\cos 30}{2} \cdot \frac{8,1}{24,16} + 0,2 \cdot \frac{1-\cos 30}{2} = 0,349$$

июнь: $$R = \left(1 - \frac{7,92}{26,83}\right) \cdot 0,043 + \frac{1+\cos 30}{2} \cdot \frac{7,92}{26,83} + 0,2 \cdot \frac{1-\cos 30}{2} = 0,323$$

июль: $$R = \left(1 - \frac{7,83}{26,59}\right) \cdot 0,041 + \frac{1+\cos 30}{2} \cdot \frac{7,83}{26,59} + 0,2 \cdot \frac{1-\cos 30}{2} = 0,573$$

август: $$R = \left(1 - \frac{6,48}{24,97}\right) \cdot 0,031 + \frac{1+\cos 30}{2} \cdot \frac{6,48}{24,97} + 0,2 \cdot \frac{1-\cos 30}{2} = 0,276$$

сентябрь: $$R = \left(1 - \frac{5,98}{20,57}\right) \cdot 0,064 + \frac{1+\cos 30}{2} \cdot \frac{5,98}{20,57} + 0,2 \cdot \frac{1-\cos 30}{2} = 0,328$$

Среднемесячное дневное количество суммарной солнечной энергии, МДж/(м^2·день), поступающей на наклонную поверхность коллектора

$$E_к = R \cdot E \quad (6)$$

апрель: $$E_к = R \cdot E = 0,42 \cdot 18,34 = 7,7 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}$$

май: $$E_к = R \cdot E = 0,349 \cdot 24,16 = 8,43 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}$$

$$E_к = R \cdot E = 0,323 \cdot 26,83 = 8,67 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}$$

июнь:

$$E_к = R \cdot E = 0,573 \cdot 26,59 = 15,24 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}$$

июль:

$$E_к = R \cdot E = 0,276 \cdot 24,97 = 6,89 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}$$

август:

$$E_к = R \cdot E = 0,328 \cdot 20,57 = 6,75 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}$$

сентябрь:

Полученные результаты сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета прихода солнечной радиации

Месяц	δ, град	$\omega_з$, град	$\omega_з'$, град	$R_п$	E, МДж/(м^{2}день)	$E_д$, МДж/(м^{2}день)	R	$E_к$, МДж/(м^{2}день)
Апрель	9,4	97,5	91,3	0,024	18,34	7,78	0,42	7,7
Май	18,8	105,7	92,8	0,039	24,16	8,1	0,349	8,43
Июнь	23,1	109,3	93,4	0,043	26,83	7,92	0,323	8,67
Июль	21,2	107,5	93,1	0,041	26,59	7,83	0,573	15,24
Август	13,5	101	91,9	0,031	24,97	6,48	0,276	6,89
Сентябрь	2,2	91,7	90,3	0,064	20,57	5,98	0,328	6,75

Расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж, за месяц:

$$Q_{\text{гв}}^{\text{м}} = 4,19 \cdot 10^3 \cdot V_{\text{гв}} \cdot \left(T_{\text{гв}} - T_{\text{хв}}\right) \cdot N \cdot n_{\text{д}} \qquad (7)$$

$V_{гв} = 0{,}1 м^3/(день \cdot чел)$; $n_д$ – число дней в данном месяце, N =4, число жителей; $T_{гв}$=50 °С, $T_{хв}$=20 °С.

$$Q_{гв}^{м} = 4{,}19 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot (50 - 20) \cdot 4 \cdot 30 = 1508400 кДж$$

апрель, июнь, сентябрь:

$$Q_{гв}^{м} = 4{,}19 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot (50 - 20) \cdot 4 \cdot 31 = 1558680 кДж$$

май, июль, август:

Коэффициент замещения *f* эмпирически связан со следующими комплексами:

$$\frac{X}{F_к} = \frac{k \cdot (T_а \cdot T_н) \cdot \Delta t}{Q_{гв}^{м}} \quad (8)$$

где k=4,5…6 – коэффициент, зависящий от типа и теплоизоляции коллектора (СПК-1); $T_а$=100 °С – базисная температура; $T_н$ – температура наружного воздуха; Δt – число секунд в месяце.

$Q_{гв}^{м}$ - расход теплоты на горячее водоснабжение, в данном месяце Дж

апрель: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 16{,}4) \cdot 2592000}{1508400000} = 0{,}695$

май: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 22{,}8) \cdot 26784}{1558640000} = 0{,}663$

июнь: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 27{,}3) \cdot 2592000}{1508400000} = 0{,}625$

июль: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 29{,}3) \cdot 2678400}{1558680000} = 0{,}607$

июль: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 29{,}3) \cdot 2678400}{1558680000} = 0{,}607$

август: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 27{,}7) \cdot 2678400}{1558680000} = 0{,}621$

сентябрь: $\frac{X}{F_к} = \frac{5 \cdot (100 - 22,6) \cdot 2592000}{1508400000} = 0,665$

$$\frac{Y}{F_к} = \frac{\eta_o \cdot E_к \cdot n_д}{Q_{гв}^м} \quad (9)$$

где η*o* =0,7 - эффективный оптический КПД установки;

$Q_{гв}^м$ - расход теплоты на горячее водоснабжение в месяц, МДж.

апрель: $\frac{Y}{F_к} = \frac{0,7 \cdot 18,58 \cdot 30}{1508,4} = 0,26$

май: $\frac{Y}{F_к} = \frac{0,7 \cdot 24,23 \cdot 31}{1558,68} = 0,3$

июнь: $\frac{Y}{F_к} = \frac{0,7 \cdot 24,22 \cdot 30}{1508,4} = 0,3$

июль: $\frac{Y}{F_к} = \frac{0,7 \cdot 24,28 \cdot 31}{1558,68} = 0,3$

август: $\frac{Y}{F_к} = \frac{0,7 \cdot 24,8 \cdot 31}{1558,68} = 0,3$

сентябрь: $\frac{Y}{F_к} = \frac{0,7 \cdot 23,51 \cdot 30}{1508,4} = 0,3$

Поправочный коэффициент для систем горячего водоснабжения равен

$$\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{гв} + 3,86 \cdot T_{хв} - 2,32 \cdot T_н}{100 - T_н} \quad (10)$$

апрель: $\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 20 - 2,32 \cdot 16,4}{100 - 16,4} = 1,31$

май: $\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 20 - 2,32 \cdot 22,8}{100 - 22,8} = 1,23$

июнь: $$\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 20 - 2,32 \cdot 27,3}{100 - 27,3} = 1,16$$

июль: $$\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 20 - 2,32 \cdot 29,3}{100 - 29,3} = 1,13$$

август: $$\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 20 - 2,32 \cdot 27,7}{100 - 27,7} = 1,16$$

сентябрь: $$\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 20 - 2,32 \cdot 22,6}{100 - 22,6} = 1,23$$

Полученные значения сведем в таблицу 7.

Таблица 7 -Значения безразмерных комплексов

Месяц	Число дней в месяце	Число секунд в месяце	$Q^{м}_{гв}$, кДж	X/F_k, м$^{-2}$	$E_к$, МДж/(м^{2}день)	Y/F_k, м$^{-2}$	X_c/X
Апрель	30	2592000	1508400	0,695	18,58	0,26	1,31
Май	31	2678400	1558680	0,663	24,23	0,3	1,23
Июнь	30	2592000	1508400	0,625	24,22	0,3	1,16
Июль	31	2678400	1558680	0,607	24,28	0,3	1,13
Август	31	2678400	1558680	0,621	24,8	0,3	1,16
Сентябрь	30	2592000	1508400	0,665	23,51	0,3	1,23

Рассчитаем *X*, *Y*, *f*, $Q^{м}_{с}$ для заданных площадей коллектора.

Скорректируем значение X/F_k:

$$\frac{X^{к}}{F_к} = \frac{X_c}{X} \cdot \frac{X}{F_k} \qquad (11)$$

апрель: $\frac{X^к}{F_к} = 1,31 \cdot 0,695 = 0,91$

май: $\frac{X^к}{F_к} = 1,23 \cdot 0,663 = 0,82$

июнь: $\frac{X^к}{F_к} = 1,16 \cdot 0,625 = 0,73$

июль: $\frac{X^к}{F_к} = 1,13 \cdot 0,607 = 0,69$

август: $\frac{X^к}{F_к} = 1,16 \cdot 0,621 = 0,72$

сентябрь: $\frac{X^к}{F_к} = 1,23 \cdot 0,665 = 0,82$

$$X = \frac{X^к}{F_к} \cdot F_к \quad (12)$$

$$Y = \frac{Y}{F_к} \cdot F_к \quad (13)$$

$$f = 1,029 \cdot Y - 0,065 \cdot X - 0,245 \cdot Y^2 + 0,0018 \cdot X^2 + 0,0215 \cdot Y^3 \quad (14)$$

$$Q_с^м = f \cdot Q_{гв}^м \quad (15)$$

Для коллектора площадью $F_к$=2,5 м^2:

апрель:

$X = 0,91 \cdot 2,5 = 2,275$

$Y = 0,26 \cdot 2,5 = 0,65$

$$f = 1,029 \cdot 0,65 - 0,065 \cdot 2,275 - 0,245 \cdot 0,65^2 + 0,0018 \cdot 2,275^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 0,65^3 = 0,43$$

$$Q_c^м = 0,43 \cdot 1508400 = 648612 \text{ кДж}$$

май:

$$X = 0,82 \cdot 2,5 = 2,05$$

$$Y = 0,3 \cdot 2,5 = 0,75$$

$$f = 1,029 \cdot 0,75 - 0,065 \cdot 2,05 - 0,245 \cdot 0,75^2 + 0,0018 \cdot 2,05^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 0,75^3 = 0,52$$

$$Q_c^м = 0,52 \cdot 1558680 = 810513,6 \text{ кДж}$$

июнь:

$$X = 0,73 \cdot 2,5 = 1,825$$

$$Y = 0,3 \cdot 2,5 = 0,75$$

$$f = 1,029 \cdot 0,75 - 0,065 \cdot 1,825 - 0,245 \cdot 0,75^2 + 0,0018 \cdot 1,825^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 0,75^3 = 0,53$$

$$Q_c^м = 0,53 \cdot 1508400 = 799452 \text{ кДж}$$

июль:

$$X = 0,69 \cdot 2,5 = 1,725$$

$$Y = 0,3 \cdot 2,5 = 0,75$$

$$f = 1,029 \cdot 0,75 - 0,065 \cdot 1,725 - 0,245 \cdot 0,75^2 + 0,0018 \cdot 1,725^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 0,75^3 = 0,54$$

$$Q_c^м = 0,54 \cdot 1558680 = 841687,2 \text{ кДж}$$

август:

$$X = 0,72 \cdot 2,5 = 1,8$$

$$Y = 0,3 \cdot 2,5 = 0,75$$

$$f = 1,029 \cdot 0,75 - 0,065 \cdot 1,8 - 0,245 \cdot 0,75^2 + 0,0018 \cdot 1,8^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 0,75^3 = 0,53$$

$$Q_c^м = 0,53 \cdot 1558680 = 826100,4 кДж$$

сентябрь:

$$X = 0,82 \cdot 2,5 = 2,05$$

$$Y = 0,3 \cdot 2,5 = 0,75$$

$$f = 1,029 \cdot 0,75 - 0,065 \cdot 2,05 - 0,245 \cdot 0,75^2 + 0,0018 \cdot 2,05^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 0,75^3 = 0,52$$

$$Q_c^м = 0,53 \cdot 1508400 = 784368 кДж$$

Для коллектора площадью $F_к$=5 м^2:

апрель:

$$X = 0,91 \cdot 5 = 4,55$$

$$Y = 0,26 \cdot 5 = 1,3$$

$$f = 1,029 \cdot 1,3 - 0,065 \cdot 4,55 - 0,245 \cdot 1,3^2 + 0,0018 \cdot 4,55^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 1,3^3 = 0,71$$

$$Q_c^м = 0,71 \cdot 1508400 = 1070964 кДж$$

май:

$$X = 0,82 \cdot 5 = 4,1$$

$$Y = 0,3 \cdot 5 = 1,5$$

$$f = 1,029 \cdot 1,5 - 0,065 \cdot 4,1 - 0,245 \cdot 1,5^2 + 0,0018 \cdot 4,1^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 1,5^3 = 0,83$$

$$Q_c^м = 0,83 \cdot 1558680 = 1293704,4 кДж$$

июнь:

$$X = 0,73 \cdot 5 = 3,65$$

$$Y = 0,3 \cdot 2,5 = 1,5$$

$$f = 1,029 \cdot 1,5 - 0,065 \cdot 3,65 - 0,245 \cdot 1,5^2 + 0,0018 \cdot 3,65^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 1,5^3 = 0,79$$

$$Q_c^м = 0,79 \cdot 1508400 = 1191636 кДж$$

июль:

$$X = 0,69 \cdot 5 = 3,45$$

$$Y = 0,3 \cdot 5 = 1,5$$

$$f = 1,029 \cdot 1,5 - 0,065 \cdot 3,45 - 0,245 \cdot 1,5^2 + 0,0018 \cdot 3,45^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 1,5^3 = 0,8$$

$$Q_c^м = 0,8 \cdot 1558680 = 1246944 кДж$$

август:

$$X = 0,72 \cdot 5 = 3,6$$

$$Y = 0,3 \cdot 5 = 1,5$$

$$f = 1,029 \cdot 1,5 - 0,065 \cdot 3,6 - 0,245 \cdot 1,5^2 + 0,0018 \cdot 3,6^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 1,5^3 = 0,85$$

$$Q_c^м = 0,85 \cdot 1558680 = 1324878 кДж$$

сентябрь:

$$X = 0,82 \cdot 5 = 4,1$$

$$Y = 0,3 \cdot 5 = 1,5$$

$$f = 1,029 \cdot 1,5 - 0,065 \cdot 4,1 - 0,245 \cdot 1,5^2 + 0,0018 \cdot 4,1^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 1,5^3 = 0,83$$

$$Q_c^м = 0,83 \cdot 1508400 = 1251972 кДж$$

Для коллектора площадью $F_к$=10 м^2:

апрель:

$$X = 0,91 \cdot 10 = 9,1$$

$$Y = 0,26 \cdot 10 = 2,6$$

$$f = 1,029 \cdot 2,6 - 0,065 \cdot 9,1 - 0,245 \cdot 2,6^2 + 0,0018 \cdot 9,1^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 2,6^3 = 0,95$$

$$Q_c^м = 0,95 \cdot 1508400 = 1432980 кДж$$

май:

$$X = 0,82 \cdot 10 = 8,2$$

$$Y = 0,3 \cdot 10 = 3$$

$$f = 1,029 \cdot 3 - 0,065 \cdot 8,2 - 0,245 \cdot 3^2 + 0,0018 \cdot 8,2^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 3^3 = 1,05$$

$$Q_c^м = 1,05 \cdot 1558680 = 1636614 кДж$$

июнь:

$$X = 0,73 \cdot 10 = 7,3$$

$$Y = 0,3 \cdot 10 = 3$$

$$f = 1,029 \cdot 3 - 0,065 \cdot 7,3 - 0,245 \cdot 3^2 + 0,0018 \cdot 7,3^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 3^3 = 1,08$$

$$Q_c^м = 1,08 \cdot 1508400 = 1629072 кДж$$

июль:

$$X = 0,69 \cdot 10 = 6,9$$

$$Y = 0,3 \cdot 10 = 3$$

$$f = 1,029 \cdot 3 - 0,065 \cdot 6,9 - 0,245 \cdot 3^2 + 0,0018 \cdot 6,9^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 3^3 = 1,1$$

$$Q_c^м = 1,1 \cdot 1558680 = 1714548 кДж$$

август:

$$X = 0,72 \cdot 10 = 7,2$$

$$Y = 0,3 \cdot 10 = 3$$

$$f = 1,029 \cdot 3 - 0,065 \cdot 7,2 - 0,245 \cdot 3^2 + 0,0018 \cdot 7,2^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 3^3 = 1,09$$

$$Q_{\text{с}}^{\text{м}} = 1,09 \cdot 1558680 = 1698961,2 \text{кДж}$$

сентябрь:

$$X = 0,82 \cdot 10 = 8,2$$

$$Y = 0,3 \cdot 10 = 3$$

$$f = 1,029 \cdot 3 - 0,065 \cdot 8,2 - 0,245 \cdot 3^2 + 0,0018 \cdot 8,2^2 +$$
$$+0,0215 \cdot 3^3 = 1,05$$

$$Q_{\text{с}}^{\text{м}} = 1,05 \cdot 1508400 = 1583820 \text{кДж}$$

Доля сезонной нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии $f_{\text{год}}$:

$$f_{\text{год}} = \frac{\sum Q_{\text{с}}^{\text{м}}}{Q_{\text{гв}}^{\text{год}}} \qquad (16)$$

Для коллектора площадью $F_{\text{к}}$=2,5 м^2:

$$f_{\text{год}} = \frac{4710733,2}{1508400 \cdot 3 + 1558680 \cdot 3} = 0,51$$

Для коллектора площадью $F_{\text{к}}$=5 м^2:

$$f_{\text{год}} = \frac{7380098,4}{1508400 \cdot 3 + 1558680 \cdot 3} = 0,8$$

Для коллектора площадью $F_{\text{к}}$=10 м^2:

$$f_{\text{год}} = \frac{9695995,2}{1508400 \cdot 3 + 1558680 \cdot 3} = 1,05$$

Сведем полученные значения в таблицу 8

Месяц	$X^к/F_k$	Y/F_k	Площадь коллектора, м^2											
			2,5				5				10			
			X	Y	f	$Q^м$, с кДж	X	Y	f	$Q^м$, с кДж	X	Y	f	$Q^м$, с кДж
	1	2	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
Апрель	0,91	0,26	2,275	0,65	0,43	648612	4,55	1,3	0,71	1070964	9,1	2,6	0,95	1432980
Май	0,82	0,3	2,05	0,75	0,52	810513,6	4,1	1,5	0,83	1293704,4	8,2	3	1,05	1636614
Июнь	0,73	0,3	1,825	0,75	0,53	799452	3,65	1,5	0,79	1191636	7,3	3	1,08	1629072
Июль	0,69	0,3	1,725	0,75	0,54	841687,2	3,45	1,5	0,8	1246944	6,9	3	1,1	1714548
Август	0,72	0,3	1,8	0,75	0,53	826100,4	3,6	1,5	0,85	1324878	7,2	3	1,09	1698961,2
Сентябрь	0,82	0,3	2,05	0,75	0,52	784368	4,1	1,5	0,83	1251972	8,2	3	1,05	1583820
Итого:						4710733,2				7380098,4				9695995,2
Доля сезонной нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии $f_{год}$						0,51	0,8				1,05			

Таблица 8 – Значения безразмерных комплексов при различной площади коллектора и коэффициента

Представлены графически, результаты расчетов как зависимость доли сезонной нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии, от площади коллектора

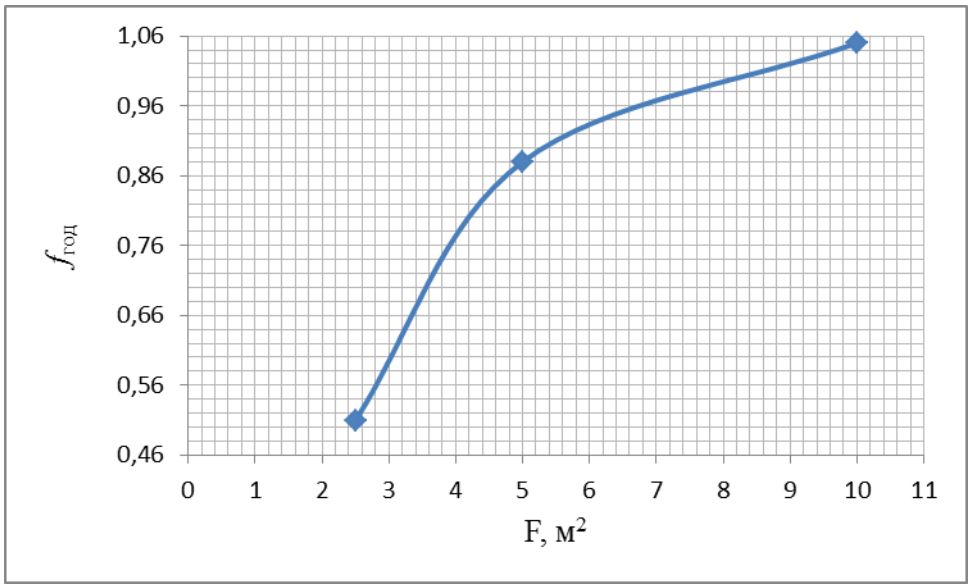


Рисунок 9 - Зависимость доли сезонной нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии $f_{год}$ от площади коллектора, F, м^2.

Годовая экономия в рублях, составляет:

$$Э_{год} = \frac{C_т \cdot f_{год} \cdot Q_н^{год}}{\eta_{тг}} \quad (17)$$

где $C_т$=1000 руб/ГДж – стоимость тепловой энергии от котельной, $Q^{год}_н$ – годовая нагрузка системы теплоснабжения, ГДж/год; $\eta_{тг}$=0,6 – КПД теплогенерирующей установки для индивидуальных теплогенераторов.

Для коллекторов F=2,5 м^2: $Э_{год} = \frac{1000 \cdot 0,51 \cdot 4,7}{0,6} = 3995 руб$

Для коллекторов F=5 м^2: $Э_{год} = \frac{1000 \cdot 0,8 \cdot 7,4}{0,6} = 9867 руб$

Для коллекторов F=10 м^2:
$$Э_{год} = \frac{1000 \cdot 1,05 \cdot 9,7}{0,6} = 16975 \text{руб}$$

Тогда срок окупаемости коллектора:

$$\tau = \frac{C_{ге} \cdot F_к}{Э_{год}} \quad (18)$$

где $C_{ге}$=15000 руб/м^2 – удельные затраты на гелиосистему, отнесенные к 1 м^2 площади поверхности коллектора.

Для коллекторов F=2,5 м^2:
$$\tau = \frac{15000 \cdot 2,5}{3995} = 9,4 \text{лет}$$

Для коллекторов F=5 м^2:
$$\tau = \frac{15000 \cdot 5}{19867} = 3,8 \text{лет}$$

Для коллекторов F=10 м^2:
$$\tau = \frac{15000 \cdot 10}{16975} = 8,8 \text{лет}$$

Годовая экономия топлива, т.у.т, обеспечиваемая использованием солнечной энергии:

$$B = \frac{f_{год} \cdot Q_н^{год}}{Q_т \cdot \eta_{тг}} \quad (19)$$

где $Q_т$=29,3 кДж/т.у.т – теплота сгорания топлива, отнесенная к 1 т условного топлива.

Для коллекторов F=2,5 м^2:
$$B = \frac{0,51 \cdot 4,7}{29,3 \cdot 0,6} = 0,14 \text{т.у.т}$$

Для коллекторов F=5 м^2:
$$B = \frac{0,8 \cdot 7,4}{29,3 \cdot 0,6} = 0,34 \text{т.у.т}$$

Для коллекторов F=10 м^2:
$$B = \frac{1,05 \cdot 9,7}{29,3 \cdot 0,6} = 0,58 \text{т.у.т}$$

В таблице 9 представлены полученные значения.

Таблица 9 - Срок окупаемости системы солнечного горячего водоснабжения

$F_к$, м^2	fгод	$Q^{год}$, гв ГДж	$Q_т$, кДж/т.у.т	$\eta_{mг}$	B, т.у.т	$C_т$, руб/ГДж	Эгод, руб	$C_{гс}$, руб/м^2	τ, годы
2,5	0,51	4,7	29,3	0,6	0,14	1000	3995	15000	9,4
5	0,8	7,4	29,3	0,6	0,34	1000	19867	15000	3,8
10	1,05	9,7	29,3	0,6	0,58	1000	16975	15000	8,8

Анализируя полученные значения, можно сделать вывод, что менее выгодным вариантом как по сроку окупаемости, так и по экономии топлива является коллектор с площадью 2,5 м^2, окупаемость составила 9,4 лет при экономии топлива 0,14 т.у.т., а экономия финансов – 3995 руб в год. Наиболее выгодный вариант – это коллектор площадью 5 м2, срок его окупаемости составил 3,8 года, при экономии 19867 руб в год и 0,34 т.у.т. Коллектор площадью 10 м^2, также оказался невыгодным: при наибольшей экономии топлива: 0,58 т.у.т, коллектор окупит себя через 8,8 лет, это, очевидно связано с большой площадью его размещения.