

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**И. С. Александров**

## **ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»)

Калининград  
2023

УДК 697.343

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры строительства ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет»

А.А. Герасимов

**Александров, И. С.**

Теплоснабжение: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студ. магистратуры по направ. подгот. 08.04.01 Строительство (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция») / **И. С. Александров.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 20 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 1, рис. – 3, список лит. – 6 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 31.05.2023 г., протокол № 09

УДК 697.343

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Александров И.С., 2023 г.

## Содержание

Введение .....	4
1. Тематический план занятий .....	9
2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов.....	15
Список рекомендуемой литературы.....	16
Приложение А. Экзаменационные вопросы.....	17

## Введение

Дисциплина *Теплоснабжение* входит в состав основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 08.04.01 Строительство.

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний в области централизованного теплоснабжения, проектирования, строительства и эксплуатации систем теплоснабжения коммунальных потребителей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: - величины: тепловые потоки; расходы теплоносителя; критерии гидравлической устойчивости систем теплоснабжения; критерии надежности систем теплоснабжения; - понятия: о системах теплоснабжения; классификации систем теплоснабжения по технологическим и конструктивным признакам; степени обеспеченности параметров надежности; выбора целесообразных технологических схем теплоснабжения с учетом особенностей обслуживаемых объектов и климатических условий районов постройки; установления энергопотребления системой теплоснабжения в расчетных условиях; выбора и расчета элементов системы теплоснабжения; выбора способов снижения энергопотребления систем теплоснабжения; расчета элементов системы теплоснабжения; анализа режимов работы систем теплоснабжения; выбора способов и схем автоматического управления и регулирования систем теплоснабжения

Уметь: - рассчитать тепловую мощность системы теплоснабжения; - выбрать источник теплоты; - предложить принципиальную схему системы теплоснабжения в целом; - разработать схемы тепловых пунктов; - выбрать метод регулирования отпуска теплоты; - выбрать месторасположение источника теплоты или точку врезки в существующую тепловую сеть; - выполнить трассировку тепловой сети; - проектировать тепловые сети; - проектировать тепловые пункты; - проектировать системы горячего водоснабжения здания и микрорайона; - обосновать принципы эксплуатации тепловых сетей и тепловых пунктов, их рациональное обслуживание и ремонт,

диспетчерское управление с применением средств телемеханизации; - рассчитать и подобрать оборудование тепловых сетей; - рассчитать и подобрать оборудование тепловых пунктов; - рассчитать гидравлические режимы тепловых сетей; - определить технико-экономическую эффективность принятых решений.

Владеть: - навыками проектирования систем теплоснабжения и проектов производства работ (ППР), разрабатываемых до начала выполнения строительных работ; программно-вычислительным комплексом и системой автоматизированного проектирования.

Дисциплина опирается на компетенции, знания, умения и навыки студентов, полученные при изучении дисциплин *Теплогенерирующие установки* и *Техническая термодинамика и теплообмен*.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания и вопросы для практических занятий;
- задания для курсовой работы;
- тестовые задания по дисциплине.

В соответствии с учебным планом по дисциплине *Теплоснабжение* предусмотрены практические работы. На выполнение некоторых практических работ необходимо затратить более двух академических часов.

Перед началом выполнения практической работы обучающиеся изучают задание, и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Защита работы проводится либо на очередном практическом занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Обучающийся, защитивший работу с ответами на вопросы, получает оценку «зачтено» за данную практическую работу.

*Задание для выполнения курсовой работы* обучающиеся получают в начале семестра. Целью выполнения курсовой работы является формирование

компетенций, связанных с профессиональной деятельностью, систематизация знаний, умений, навыков, полученных при изучении теоретического курса. При этом обучающемуся дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов в области профессиональных задач в области теплоснабжения.

Основная часть пояснительной записки курсовой работы состоит из пяти разделов. В течении семестра преподаватель осуществляет текущий контроль выполнения разделов курсовой работы на практических занятиях.

*Тестовые задания по дисциплине* используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов, на каждый из которых приведены три-четыре варианта ответа, в том числе один правильный. Оценивание осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 50-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 50 % правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине *Теплоснабжение* проводится в форме экзамена.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся экзаменационные вопросы. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список экзаменационных вопросов представлен в приложении А. Критерии выставления оценки представлены в таблице 1.

Выполненная курсовая работа представляется для проверки на кафедру строительства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки курсовая работа допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовая работа отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать её на проверку.

Если курсовая работа допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются

правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты.

Условия допуска к экзамену для студентов:

1. Выполненные и защищенные в полном объеме практические работы, предусмотренные программой.
2. Выполненная и защищенная на положительную оценку («удовлетворительно», «хорошо», «отлично») курсовая работа.
3. Выполненный на оценку «зачтено» тест.

Порядок и правила выставления экзамена по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

Таблица 1 – Система и критерии оценивания

Система оценок Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## 1. Тематический план занятий

### Тема 1. Совершенствование технологий центрального регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Технология центрального качественного регулирования при включении водогрейных котлов в замкнутый контур.
2. Технологии качественного и качественно-количественного регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения.
3. Расчет количественного регулирования тепловой нагрузки открытых систем теплоснабжения.
4. Стабилизация гидравлического режима потребителей тепла при качественном и качественно-количественном регулировании.
5. Особенности режимов работы систем отопления при количественном регулировании тепловой нагрузки.
6. Технологии теплоснабжения при совместном центральном и местном регулировании тепловой нагрузки.

*Тема практической работы 1.* Определение зависимости расхода сетевой воды от температуры наружного воздуха при количественном регулировании открытой системы теплоснабжения.

Цель работы: Получения навыков в расчете режимов регулирования систем теплоснабжения.

#### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Каков порядок расчета температурного графика замкнутого контура водогрейных котлов в двухконтурных схемах?
2. Порядок расчета количественного регулирования в открытых системах.
3. Пути предотвращения гидравлической разрегулировки систем отопления.
4. Сочетание центрального и местного регулирования. Преимущества.
5. Безразмерные характеристики теплообменных аппаратов, используемые в расчетах режимов регулирования.

6. Особенности регулирования открытых систем теплоснабжения.

## **Тема 2. Моделирование работы теплообменного оборудования систем теплоснабжения**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Методы расчета и принципы проектирования теплообменных аппаратов.
2. Автоматизированный расчёт теплообменного аппарата.
3. Расчёт теплообменных аппаратов с изменением агрегатного состояния обоих теплоносителей.
4. Расчёт теплообменных аппаратов с изменением агрегатного состояния одного из теплоносителей.
5. Расчёт теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
6. Постановка задач оптимизации теплообменных аппаратов.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

*Тема практической работы 2.* Разработка алгоритма расчета на ЭВМ теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.

Цель работы: Получения навыков в разработке и реализации на ЭВМ алгоритмов автоматизированного расчета теплообменных аппаратах.

### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Расчет теплообменника в случае постоянных значений кинетических и теплофизических коэффициентов?
2. Случай переменных теплоемкостей и коэффициентов теплоотдачи при расчете теплообменного оборудования.
3. Критерий оптимальности (целевая функция) при постановке задачи оптимизации теплообменных аппаратов.
4. Алгоритма расчета оптимальной конструкции теплообменника.

5. Методы снижения тепловых и гидравлических потерь в теплообменниках – рекуператорах.
6. Алгоритм расчета оптимального теплообменника по критерию приведенных затрат.

### **Тема 3. Проектирование гидравлических режимов тепловых сетей**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Статический и динамический режимы. Требования к режиму давления. Разработка режима давления при сложном рельефе местности и протяженных тепловых сетях.
2. Определение гидравлического сопротивления тепловой сети. Гидравлический режим закрытых тепловых сетей с автоматизированными и неавтоматизированными абонентами.
3. Гидравлический режим открытых тепловых сетей. Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими станциями.
4. Гидравлический удар. Гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения и способы ее повышения.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

*Тема практической работы 3.* Расчет коэффициента гидравлической устойчивости для абонентов, присоединенных к тепловой сети по различным схемам.

Цель работы: Получения навыков в определении гидравлической устойчивости различных потребителей для обеспечения надежной работы тепловых сетей и местных систем.

#### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. В чем заключается задача расчета гидравлического режима закрытой тепловой сети?
2. Гидравлическая характеристика регулирующих органов.
3. Понятие гидравлической устойчивости и пути ее повышения.

4. Основная особенность гидравлического режима открытых систем теплоснабжения?
5. Расчет потокораспределения в кольцевых сетях. Уравнения Кирхгофа.
6. Расчет потокораспределения в сети, питаемой от нескольких источников.
7. Что такое гидравлический удар в тепловой сети? Какова его причина?
8. Какие устройства применяются для защиты системы теплоснабжения от недопустимого повышения давления при гидравлическом ударе?

#### **Тема 4. Оптимизация систем теплоснабжения**

##### *Ключевые вопросы темы*

1. Критерии выбора оптимального варианта при решении задач оптимизации параметров систем теплоснабжения.
2. Определение оптимальной расчетной температуры сетевой воды.
3. Определение оптимального удельного падения давления в тепловой сети.
4. Определение оптимальной толщины тепловой изоляции.
5. Применение ЭВМ для оптимизации систем теплоснабжения.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

*Тема практической работы 4.* Расчет коэффициентов готовности тепловой сети к обеспечению расчетного теплоснабжения потребителей.

Цель работы: определить характеристики надежности элементов систем, определение вероятности рабочего состояния сети и вероятности состояния сети с отказом одного из элементов.

##### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Какие особенности следует учитывать при решении задач оптимизации систем теплоснабжения?

2. Что выступает критериями выбора оптимального варианта при решении задач оптимизации параметров теплоснабжающих систем?
3. От каких трех звеньев теплофикационной системы зависит оптимальная температура сетевой воды?
4. Каковы положительные и отрицательные последствия увеличения удельного линейного падения давления в тепловой сети?
5. Как определяется расчет толщины тепловой изоляции по минимуму приведенных затрат?
6. Перечислите модели для оптимизации теплофикационных систем, применяющиеся в отечественной практике?

## **Тема 5. Надежность систем теплоснабжения**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Категории надежности потребителей теплоты.
2. Повреждения и отказы в тепловых сетях. Поток отказов.

Вероятность отказов.

3. Свойства надежности тепловых сетей. Нормативы надежности.

Показатели надежности.

4. Качество теплоснабжения. Обеспечение заданных параметров теплоснабжения. Методы повышения надежности.

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов.

*Тема практической работы 5.* Расчет интенсивности отказов тепловой сети. Расчет параметров потока отказов элементов тепловой сети.

Цель работы: получение практических навыков в определении характеристик надёжности элементов технических систем.

### *Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Сколько существует категория надежности потребителей теплоты и какими нормативными документами это определяется?

2. Что понимают под надежностью системы централизованного теплоснабжения?
3. Дайте определение «потока отказов»?
4. Перечислите свойства надежности тепловых сетей?
5. Какие существуют критерии надежности систем централизованного теплоснабжения?
6. Какие современные методы повышения надежности систем теплоснабжения Вы знаете?
7. Какими способами обеспечиваются заданные параметры теплоснабжения?
8. Какие существуют постепенные и стихийные причины повреждаемости тепловой сети?

## **2. Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы. Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, нормативной документации в области теплоснабжения. Только после этого можно приступать к выполнению практических заданий работ.

После проработки теоретического материала, выполнения практической работы нужно ответить на вопросы для самоконтроля. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

Необходимо отметить, что при обучении на заочной форме большее количество часов отведено учебным планом на самостоятельное изучение материала.

При освоении данной дисциплины студент должен выполнить контрольную работу (для студентов заочной формы обучения), пройти тестирование.

При выполнении контрольной работы следует придерживаться следующих правил:

- условия задач должны полностью соответствовать варианту;
- решение задачи необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями.

Контрольную работу рекомендуется начинать выполнять сразу после прослушивания необходимого теоретического материала на лекциях

Тестирование проводится на практических занятиях, каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов.

## Список рекомендуемой литературы

1. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение: учебник / А. Л. Шкаровский. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 392 с.
2. Авдюнин, Е. Г. Источники и системы теплоснабжения. Тепловые сети и тепловые пункты: учебник / Е. Г. Авдюнин. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 300 с.
3. Самарин, О. Д. Системы теплоснабжения, газоснабжения: учебное пособие / О. Д. Самарин. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. – 60 с.
4. Козин, В.Е. Теплоснабжение. Учебное пособие / В.Е. Козин, Т.А. Левина. – Москва: Издательство АСВ, 2006. – 404с.
5. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. – Москва, 1997. – 79 с.
6. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. Москва, 2012. – 78 с.
7. Профессиональная справочная система Техэксперт <http://техэксперт.рус/>

## Приложение А. Экзаменационные вопросы

1. Основные уравнения теплового баланса, применяемые при расчете центрального регулирования отпуска теплоты.
2. Расчет отопительного температурного графика при качественном регулировании отпуска теплоты и зависимом присоединении местных систем отопления.
3. Основные характеристики теплообменных аппаратов независимых систем отопления.
4. Определение параметров работы теплообменных аппаратов независимых систем отопления при переменных режимах.
5. Расчет отопительного температурного графика при качественном регулировании отпуска теплоты и независимом присоединении местных систем отопления.
6. Корректировка температурного графика при параллельном присоединении подогревателей воды системы ГВС и нормальной подаче теплоты в системы отопления (закрытые водяные системы).
7. Корректировка температурного графика при смешанном присоединении подогревателей воды системы ГВС и нормальной подаче теплоты в системы отопления (закрытые водяные системы).
8. Расчет повышенного температурного графика при последовательном присоединении подогревателей воды системы ГВС и связанной подаче теплоты в системы отопления (закрытые водяные системы).
9. Определение повышенного расхода сетевой воды при последовательном присоединении подогревателей воды системы ГВС и связанной подаче теплоты в системы отопления (закрытые водяные системы).
10. Центральное качественное регулирование отпуска теплоты в открытых водяных системах теплоснабжения и нормальной подаче теплоты в системы отопления.

11. Центральное качественное регулирование отпуска теплоты в открытых водяных системах теплоснабжения и связанной подаче теплоты в системы отопления.
12. Местное количественное регулирование подачи теплоты в системы вентиляции.
13. Местное количественное регулирование подачи теплоты в независимые системы отопления.
14. Основные требования к прокладке тепловых сетей.
15. Гидравлическая устойчивость теплосетей и способы ее повышения.
16. Основные требования к гидравлическим режимам тепловых сетей.
17. Особенности подземной бесканальной прокладки предварительно изолированных трубопроводов.
18. Трубы и трубопроводная арматура тепловых сетей. Компенсаторы и опоры трубопроводов тепловых сетей.
19. Расчет теплотерь через изоляцию теплопроводов при надземной прокладке.
20. Расчет теплотерь через изоляцию теплопроводов при подземной прокладке в непроходных каналах.
21. Расчет теплотерь через изоляцию теплопроводов при подземной бесканальной прокладке.
22. Определение толщины изоляции теплопроводов при надземной прокладке.
23. Определение толщины изоляции теплопроводов при подземной прокладке в непроходных каналах.
24. Определение толщины изоляции теплопроводов при подземной бесканальной прокладке.
25. Нагрузки, воздействующие на элементы тепловых сетей.
26. Выбор насосного оборудования тепловых сетей.
27. Основные источники теплоты в системах теплоснабжения.
28. Основные задачи технической эксплуатации тепловых сетей.

29. Основные структурные подразделения предприятий, эксплуатирующих тепловые сети.

30. Основные средства контроля и автоматического управления параметрами теплоносителей в тепловых пунктах.

Локальный электронный методический материал

Игорь Станиславович Александров

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,2. Печ. л. 1,2.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1