

# ПРОГРАММА

## Федерального интернет-экзамена для выпускников бакалавриата и специалитета (ФИЭБ)

### Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

#### Уровень высшего образования

#### БАКАЛАВРИАТ

Федеральный интернет-экзамен для выпускников бакалавриата и специалитета (ФИЭБ) – внешняя независимая оценка качества подготовки бакалавров и специалистов.

Цель ФИЭБ – оценка индивидуальных результатов освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) на соответствие требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) по направлениям подготовки и специальностям.

ФИЭБ проводится в вузах – базовых площадках, в оборудованных компьютерами аудиториях в режиме online. Продолжительность экзамена составляет 180 минут.

В рамках ФИЭБ студент получает экзаменационный билет, состоящий из двух частей. Экзаменационный билет представлен педагогическими измерительными материалами (ПИМ) в тестовой форме.

**Первая часть ПИМ** представляет собой полидисциплинарное тестирование. В первой части студенту предлагается 20 тестовых заданий по определенному перечню дисциплин (предметных полей). Для определения конкретных дисциплин (предметных полей), которые войдут в этот перечень, студенту необходимо самостоятельно осуществить выбор дисциплин (предметных полей) из предложенного списка. Студент должен **выбрать не менее 4 дисциплин (предметных полей)** из предложенных. Комплект заданий первой части ПИМ формируется методом случайной выборки.

**Вторая часть ПИМ** включает междисциплинарные кейс-задания, которые соответствуют типам задач профессиональной деятельности, определенным в Федеральном государственном образовательном стандарте по данному направлению подготовки (уровень высшего образования – бакалавриат).

Кейс-задание представлено общим фрагментом, в котором обозначена практико-ориентированная ситуация, и заданиями в тестовой форме, выполняя которые студент демонстрирует готовность к решению профессиональных задач в соответствии с конкретным типом задач профессиональной деятельности. Общий фрагмент может содержать дополнительные материалы – документы в виде файлов для скачивания и последующей работы с ними. Студенту необходимо самостоятельно **выбрать 3 типа задач профессиональной деятельности ФГОС** в соответствии с программой экзамена по направлению подготовки, ориентируясь на конкретную ОПОП, по которой он завершает обучение.

Результаты ФИЭБ оцениваются следующим образом. Каждое правильно выполненное задание первой части позволяет набрать студенту 2 балла. Результаты выполнения первой части ПИМ оцениваются с учетом частично выполненных заданий. Максимальное количество баллов, которое может получить студент, правильно выполнивший задания первой части, составляет **40 баллов**. Максимальное количество баллов за правильное выполнение конкретной подзадачи междисциплинарного кейса устанавливается с учетом его сложности. Правильно выполненные кейс-задания второй части ПИМ позволяют набрать студенту **60 баллов**. За верное выполнение всех заданий экзаменационного билета (ПИМ) можно получить максимально **100 баллов**.

## Часть 1 ПИМ

Студенту предлагается 20 тестовых заданий по определенному перечню дисциплин (предметных полей). Студентом должно быть выбрано **не менее 4 дисциплин** (предметных полей) из предложенных.

### Безопасность жизнедеятельности

#### Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности в техносфере

Идентификация опасных и вредных факторов. Определение опасных зон жизненного пространства. Применение средств и мер защиты. Мониторинг опасностей и состояния зон пребывания человека. Специальная оценка условий труда.

#### Негативные факторы техносферы и их воздействие на человека

Действие электрического тока на организм человека. Действие шума и вибраций на организм человека. Действие электромагнитных полей на организм человека. Действие микроклимата и тепловых излучений на организм человека. Производственное освещение.

#### Пожарная и радиационная безопасность

Основные пожаровзрывоопасные свойства веществ. Категорирование помещений по пожаровзрывоопасности. Действие ионизирующих излучений на организм человека. Дозиметрические величины.

#### Принципы и средства снижения травмоопасности и вредного воздействия технических систем

Методы защиты от шума и вибраций. Основные меры защиты от поражения электрическим током в электроустановках. Методы и средства тушения пожаров. Методы и средства защиты от электромагнитных полей. Методы и средства защиты от излучений инфракрасного диапазона. Методы и средства защиты от ионизирующих излучений.

#### Особенности аварий на объектах теплоэнергетики и промышленности, безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации: классификация чрезвычайных ситуаций и стадии их развития. Основные причины аварий в энергетике. Принципы техники безопасности в теплоэнергетике и теплотехнике. Производственный травматизм.

### Список литературы

1. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техногенная безопасность) : учеб. для академического бакалавриата / С. В. Белов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2015. – 701 с.
2. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак. – 13-е изд., испр. – М. Лань: 2017. – 704 с.
3. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / под ред. Л. А. Михайлова. – 2-е изд. – СПб : ПИТЕР, 2012. – 461 с.
4. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / под ред. Л. А. Муравья. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 431 с.
5. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / В. В. Абрамов. – 2-е изд., испр. и доп. М. : 2013. – 365 с.
6. Электробезопасность. Теория и практика : учеб. пособие для вузов / П. А. Долин [и др.]; под ред. В. Т. Медведева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2012. – 218 с.

## Гидрогазодинамика

### Одномерные потоки жидкостей и газов

Уравнения сохранения для одномерных течений. Основные режимы работы сопла Лаваля. Нерасчетный режим сопла Лаваля. Переменный режим работы суживающего сопла. Особенности течения на срезе в суживающемся канале.

### Плоское (двумерное) движение идеальной несжимаемой жидкости

Формула Жуковского – Чаплыгина для расчета гидродинамических сил. Режимы обтекания цилиндра плоскопараллельным потоком несжимаемой жидкости. Обтекание вращающегося цилиндра. Функция тока и потенциал скорости. Комплексный потенциал и комплексная скорость.

### Сопротивление при течении вязкой жидкости в трубах, местные сопротивления

Параметры течения вязкой жидкости в трубах. Режимы течения жидкости в трубах. Коэффициенты сопротивления для различных режимов течения жидкости. Особенности перехода ламинарного течения в турбулентное. Граничные условия для скорости на стенке при движении вязкой жидкости.

### Сопротивление тел, обтекаемых вязкой жидкостью

Турбулентный и ламинарный пограничные слои на поверхности и их особенности. Плохообтекаемые тела в потоке дозвукового вязкого газа. Сила сопротивления при обтекании аэродинамических тел. Отрыв пограничного слоя на обтекаемой поверхности. Законы распределения скоростей в пограничном слое.

### Скачки уплотнений

Течение газа в трубе постоянного сечения со скачком уплотнения. Соотношение для безразмерных скоростей на прямом скачке уплотнения (уравнение скачка). Особенности адиабатического течения газа до и после скачка. Газодинамические параметры на скачке уплотнения. Изменение степени повышения давлений на прямом скачке.

## Список литературы

1. Грибин, В. Г. Механика жидкости и газа. Сборник задач : учеб. пособие / В. Г. Грибин, В. В. Нитусов. – М : Издательский дом МЭИ, 2009. – 52 с.
2. Дейч, М. Е. Гидрогазодинамика : учеб. пособие / М. Е. Дейч, А. Е. Зрянкин. – М. : Энергоатомиздат, 1984 – 348 с.
3. Емцев, Б. Т. Техническая гидромеханика : учеб. / Б. Т. Емцев – М : Машиностроение, 1987 – 440 с.
4. Зрянкин, А. Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей : учеб. для вузов / А. Е. Зрянкин. – М : Издательский дом МЭИ, 2014. – 590 с.
5. Кудинов, А. А. Гидрогазодинамика : учеб. пособие / А. А. Кудинов. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 336 с.
6. Кулагин, В.А. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. А. Кулагин, Е. П. Грищенко. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 278 с.
7. Нитусов, В. В. Гидрогазодинамика. Сборник задач : учеб. пособие / В. В. Нитусов, В. Г. Грибин. – М : Издательский дом МЭИ, 2007. – 80 с.
8. Самойлович, Г. С. Гидрогазодинамика : учеб. для вузов / Г. С. Самойлович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М : Машиностроение, 1990. – 384 с.

## Материаловедение и ТКМ

### Кристаллическое строение металлов

Типы кристаллических решеток и их основные характеристики. Дефекты кристаллического строения. Кристаллизация металлов. Влияние дефектов на свойства. Механические свойства и методы их определения.

### **Основы теории сплавов**

Методы построения диаграмм состояния. Диаграммы состояния I–IV типов. Связь между диаграммами состояния и свойствами сплавов. Диаграммы с полиморфными превращениями. Диаграмма Fe–Fe<sub>3</sub>C.

### **Углеродистые и легированные стали. Чугуны**

Состав и маркировка углеродистых сталей. Примеси и их влияние на свойства стали. Виды чугунов, их состав, строение и маркировка. Классификация легированных сталей и их маркировка. Влияние легирующих элементов на диаграмму изотермического распада аустенита.

### **Основы термической обработки**

Классификация и основные параметры термической обработки. Основные превращения при термической обработке. Отжиг 1-го и 2-го рода. Закалка. Отпуск.

### **Цветные металлы и сплавы на их основе. Неметаллические конструкционные материалы**

Классификация металлов. Сплавы на основе меди. Сплавы на основе алюминия. Основные виды неметаллических конструкционных материалов. Композиты и керамики: получение, свойства, применение.

### **Список литературы**

1. Гуляев, А. П. *Металловедение : учеб.* / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. – М. : Альянс, 2011. – 544 с.
2. Лахтин, Ю. М. *Материаловедение : учеб. для вузов* / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 6-е изд., стер. – М. : Альянс, 2011. – 527 с.
3. *Материаловедение : учеб. пособие для вузов* / Л. В. Тарасенко [и др.]; под ред. Л. В. Тарасенко. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 475 с.
4. Новиков, И. И. *Металловедение : учеб.* В 2 т. Т. 1. *Основы металловедения* / И. И. Новиков [и др.]; под общей ред. проф. В. С. Золоторевского. – 2-е изд. испр. – М. : МИСиС, 2014. – 490 с.
5. Новиков, И. И. *Металловедение : учеб.* В 2 т. Т. 2. *Термическая обработка. Сплавы* / И. И. Новиков [и др.]; под общей ред. проф. В. С. Золоторевского. – 2-е изд. испр. – М. : МИСиС, 2014. – 523 с.
6. *Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 1 : учеб. для академического бакалавриата* / Г. П. Фетисов [и др.]; под ред. Г. П. Фетисова. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 386 с.
7. *Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 2 : учеб. для академического бакалавриата* / Г. П. Фетисов [и др.]; отв. ред. Г. П. Фетисов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2017. – 389 с.

### **Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов**

#### **Задачи и цели метрологии, стандартизации и сертификации**

Цель и задачи метрологии, принцип «Единства измерений». Объект, задачи, принципы и методы стандартизации. Государственная система стандартизации в Российской Федерации. Правовые основы, системы и схемы сертификации. Этапы и органы сертификации.

#### **Общие сведения об измерениях**

Физические величины, единицы измерений. Виды и методы измерений. Средства измерений, их метрологические характеристики. Погрешности измерений, их классификация. Обработка результатов измерений.

### **Методы и средства измерения физических величин**

Методы и средства измерения температуры. Методы и средства измерения давления и уровня. Методы и средства измерения расхода и теплоты. Методы и средства анализа жидкостей. Методы и средства анализа состава газов.

### **Основные понятия управления, термины и определения теории автоматического управления. Характеристики динамических систем**

Понятие динамической системы и объекта управления. Что такое регулятор и как он работает. Статическое и динамическое состояние динамических систем. Особенности управления технологических объектов управления в теплоэнергетике. Экспериментальные методы определения динамических характеристик.

### **Математическое описание динамических систем. Элементарные динамические звенья и их соединения**

Использование дифференциальных уравнений для описания статического и динамического состояний объектов управления. Использование интегральных преобразований Лапласа и Фурье для описания и анализа динамических систем. Численное имитационное моделирование динамических систем управления. Элементарные динамические звенья и использование их для моделирования систем управления. Виды соединений и правила преобразования динамических характеристик соединений звеньев.

### **Устойчивость динамических систем. Динамическая оптимизация систем регулирования**

Понятие устойчивости динамических систем. Критерии устойчивости. Понятие запаса устойчивости. Показатели запаса устойчивости. Показатели качества работы автоматической системы регулирования. Типы регуляторов. Виды схем автоматического регулирования. Достоинства и недостатки схем регулирования по отклонению и по возмущению. Цели и задачи настройки параметров регуляторов.

### **Функциональные подсистемы АСУТП. Технические средства АСУТП**

Назначение и состав АСУТП. Роль человека-оператора в АСУТП. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике. Исполнительные механизмы и регулирующие органы в системах автоматического управления и регулирования. Логические системы управления. Системы автоматического пуска и защиты.

### **Инноватика и проектирование АСУТП**

Понятие инноватики и инновационного процесса. Проектирование – элемент инновационного процесса на действующем предприятии. Состав проектной документации на АСУТП. Виды графических документов в проектах. Правила построения функциональных схем автоматизации.

### **Список литературы**

1. Андриюшин, А. В. Управление и инноватика в теплоэнергетике : учеб. пособие /А. В. Андриюшин, В. Р. Сабанин, Н. И. Смирнов. – М : Издательский дом МЭИ, 2011. – 392 с.
2. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для вузов / Ю. В. Димов. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2013. – 496 с.
3. Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учеб. пособие. – 2-е изд. испр. и доп. – СПб. : Лань, 2013. – 424 с.
4. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство МЭИ, 2008. – 460 с.
5. Теплотехнические измерения и приборы : учеб. для вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. – 3-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2007. – 458 с.

# Механика

## Статика

Основные понятия. Сила. Момент. Определение момента силы. Условие равновесия тела. Система сходящихся сил. Условие равновесия тела. Плоская система сил. Условие равновесия тела. Пространственная система сил. Статические инварианты.

## Кинематика

Кинематика точки. Сложное движение точки. Вращательное движение. Плоское движение. Сферическое движение. Углы Эйлера.

## Динамика

Динамика точки. Теоремы об изменении кинетической энергии. Теорема об изменении количества движения. Теорема об изменении момента количества движения. Уравнение Лагранжа 2-го рода.

## Основы механики материалов и конструкций

Основные определения и гипотезы. Механические свойства материалов. Виды расчетов на прочность. Понятие коэффициента запаса. Понятие напряженно-деформированного состояния. Виды напряженного состояния. Критерии прочности.

## Расчеты стержневых систем на прочность, жесткость и устойчивость

Растяжение-сжатие. Изгиб. Кручение. Сложное напряженное состояние. Расчет стержневых систем на устойчивость.

## Список литературы

1. Александров, А. В. Сопротивление материалов в 2 ч. Часть 1 : учеб. и практикум для академического бакалавриата / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин; под ред. А. В. Александрова. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 293 с.
2. Александров, А. В. Сопротивление материалов в 2 ч. Часть 2 : учеб. и практикум для академического бакалавриата / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 273 с.
3. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики : учеб. пособие / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. – СПб. : Лань, 2009. – 736 с.
4. Ицкович, Г. М. Сопротивление материалов. Руководство к решению задач в 2 ч. Часть 1 : учеб. пособие для академического бакалавриата / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров; под ред. Л. С. Минина. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 324 с.
5. Ицкович, Г. М. Сопротивление материалов. Руководство к решению задач в 2 ч. Часть 2 : учеб. пособие для академического бакалавриата / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров; под ред. Л. С. Минина. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 299 с.
6. Кирсанов, М. Н. Теоретическая механика : сборник задач / М. Н. Кирсанов. – М. : Инфра-М, 2014. – 430 с.
7. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие / И. В. Мещерский. – СПб. : Лань, 2012. – 448 с.
8. Окопный, Ю. А. Механика материалов и конструкций : учеб. / Ю. А. Окопный, В. П. Радин, В. П. Чирков. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 2002. – 436 с.
9. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики : учеб. / С. М. Тарг. – М. : Высшая школа, 2010. – 416 с.
10. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / В. И. Феодосьев. – 15-е изд., испр. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 590 с.

## **Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика**

### **Метод проецирования. Виды**

Стандарты ЕСКД, ГОСТ 2.301–2.305. Геометрическое черчение. Геометрическая модель объекта. Абсолютная и объектная система координат. Стандартные изображения (основные и дополнительные виды). Комплексный чертеж. Построение третьего вида объекта по двум заданным.

### **Поверхности и тела вращения**

Поверхности и тела как базовые геометрические элементы формы объектов. 2D и 3D модели объектов. Образование поверхностей. Поверхности вращения (цилиндр, конус, сфера, тор), точки на поверхностях. Пересечение базовых поверхностей вращения с плоскостями. Взаимное пересечение поверхностей. Элементы булевой алгебры (объединение, пересечение и др.).

### **Сечения и разрезы**

Сечения (определения, правила построения). Классификация сечений. Разрезы (определения, правила построения). Классификация разрезов. Условности и упрощения, используемые при построении разрезов и сечений.

### **Параметризация чертежа геометрического объекта**

Параметрическое описание элементарных базовых элементов формы. Понятие измерительной базы. Классификация размеров. Правила нанесения размеров.

### **Рабочие чертежи и эскизы деталей**

Виды изделий и конструкторских документов. Деталь. Эскиз детали. Рабочий чертеж детали. Стандартные и нестандартные изделия.

### **Виды соединений**

Основные параметры резьбы. Расчет геометрических параметров резьбовых соединений. Обозначение резьбы на изображениях. Обозначение и изображение неразъемных соединений.

### **Чертеж сборочных единиц**

Понятие сборочной единицы. Чертежи сборочных единиц: сборочный чертеж (СБ), чертеж общего вида (ВО). Спецификация как текстовый конструкторский документ. Условности и упрощения при оформлении чертежей сборочных единиц.

### **Схема тепловая**

Схемы. Виды и типы схем. Схема тепловая принципиальная, правила ее оформления. Оформление перечня элементов, входящих в состав схемы.

### **Общие вопросы компьютерной графики**

Термины компьютерной графики. Устройства и их работа. Среда AutoCAD. Основные термины 3D режима в AutoCAD. Создание и настройка чертежа в AutoCAD.

### **Список литературы**

1. Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии : учеб. пособие / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. – М. : Высш. школа, 2009. – 272 с.
2. Государственные стандарты РФ. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей. – М. : Государственный комитет по стандартам, 2011.
3. Инженерная 3D-компьютерная графика : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева; под ред. А. Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2017. – 602 с.
4. Королев, Ю. И. Начертательная геометрия : учеб. для вузов / Ю. И. Королев. – СПб. : Питер, 2009. – 256 с.
5. Лагерь, А. И. Основы начертательной геометрии : учеб. / А. И. Лагерь, А. Н. Мота,

- К. С. Рушелюк. – М. : Высшая школа, 2007. – 281 с.
6. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учеб. для прикладного бакалавриата / В. С. Левицкий. – 9-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 435 с.
  7. Локтев, О. В. Краткий курс начертательной геометрии : учеб. для студентов высших технических учебных заведений / О. В. Локтев. – изд. 7-е, стер. – М. : Высшая школа, 2010. – 135 с.
  8. Чекмарев, А. А. Инженерная графика : учеб. для прикладного бакалавриата / А. А. Чекмарев. – 13-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 389 с.
  9. Чекмарев, А. А. Черчение. Справочник : учеб. пособие для прикладного бакалавриата / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – 9-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 351 с.

## **Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии**

### **Углы, определяющие положение Солнца и наклонной плоскости относительно горизонтальной плоскости и меридиана**

Угол падения солнечных лучей на произвольно ориентированную плоскость. Высота солнцестояния. Азимут солнца. Зенитный угол. Угол наклона произвольно ориентированной плоскости относительно горизонтальной плоскости. Часовой угол. Склонение Солнца.

### **Процессы теплообмена в солнечных энергетических установках**

Коэффициент теплоотдачи при радиационном теплообмене между абсорбером и прозрачным ограждением в солнечном коллекторе. Коэффициент теплоотдачи между прозрачным ограждением солнечного коллектора и небосводом. Коэффициент отвода тепла от солнечного коллектора. Полезная теплота, отводимая от солнечного коллектора. Тепловая изоляция солнечного коллектора. Мгновенное значение к.п.д. солнечного коллектора. Эффективность ребра солнечного коллектора.

### **Солнечные системы теплоснабжения**

Месячная нагрузка горячего водоснабжения солнечного дома. Месячная нагрузка отопления солнечного дома.

### **Концентрирующие солнечные коллекторы**

Степень концентрации параболоцилиндрического концентратора. Характеристики параболоцилиндрических концентраторов. Характеристики концентратора СРС.

### **Тепловые аккумуляторы солнечных систем теплоснабжения**

Аккумуляторы тепла энтальпийного типа. Аккумуляторы тепла с фазовым переходом.

### **Ветроэнергетика**

Основные компоненты ветроэнергетической установки с горизонтальной осью вращения. Типы ветроэнергетических установок. Базовые углы, определяющие работу ветроэнергетической установки.

### **Геотермальная энергетика**

Виды геотермальных флюидов. Виды геотермальных станций. Способы удаления неконденсирующихся газов из геотермальных флюидов.

### **Энергия океана**

Технологии использования энергии океана. Использование разности температур поверхностной и глубинной воды океана. Использование энергии волн.

## **Список литературы**

1. Амирханов, Р. А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем : монография / Р. А. Амирханов, В. А. Бутузов, К. А. Гарькавый. – М. : Энергоатомиздат, 2009. – 502 с.
2. Баранов, Н. Н. Нетрадиционные источники энергии и методы преобразования

энергии

/ Н. Н. Баранов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 – 384 с.

3. Даффи, Дж. Основы солнечной теплоэнергетики : монография / Дж. Даффи, У. Бекман. – М : Интеллект, 2013. – 885 с.
4. Елистратов, В. В. Возобновляемая энергетика : учеб. пособие / В. В. Елистратов. – СПб : Издательство Политехнического университета, 2011. – 239 с
5. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК : учеб. пособие / В. И. Земсков. – СПб. : Лань, 2014. – 352 с.
6. Роза, А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы : монография. – М. : Интеллект : Издательский дом МЭИ, 2010. – 704 с.
7. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / Ю. Д Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. :КноРус 2012. – 240 с.
8. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии : учеб. / С. Н Удалов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2009. – 432 с.
9. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии : учеб. пособие / С. Н Удалов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 457 с.

## **Тепломассообмен**

### **Введение в тепломассообмен. Способы переноса теплоты**

Способы тепло- и массопереноса. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена. Определение основных понятий теплообмена: температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Теплоотдача. Закон Ньютона – Рихмана. Теплопередача. Вектор плотности теплового потока. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел.

### **Одномерные стационарные задачи теплопроводности**

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Перенос теплоты в плоской стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи. Термические сопротивления. Перенос теплоты в цилиндрической стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи. Термические сопротивления. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по ее критическому диаметру. Расчет изменения температуры жидкости по длине трубопровода (Задача Шухова). Температурное поле при наличии в теле источников теплоты (пластина, цилиндрический стержень). Оребрение поверхности теплообмена как способ интенсификации процесса теплопередачи. Теплопередача через оребренную стенку. Коэффициент эффективности ребра.

### **Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности**

Нестационарные задачи теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Метод разделения переменных решения линейного уравнения теплопроводности. Метод Фурье. Понятие о подобных процессах теплопроводности. Критерии подобия. Безразмерная форма решения задачи о нестационарном температурном поле в охлаждаемой пластине. Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) бесконечно длинного цилиндра и некоторых тел конечных размеров. Предельные случаи по числу Био и числу Фурье. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Теоремы Кондратьева. Определение теплофизических свойств материалов методом регулярного режима.

## **Введение в конвективный теплообмен**

Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения сохранения энергии, движения, неразрывности, обобщенное дифференциальное уравнение. Условия однозначности. Уравнение теплоотдачи. Местный и средний коэффициенты теплоотдачи. Понятие пограничного слоя. Гидродинамический и тепловой пограничный слой. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена в приближении пограничного слоя. Качественный анализ характеристик пограничного слоя при обтекании тонкой пластины. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Релея, число Пекле, число Нуссельта. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Классификация теплоносителей по числу Прандтля. Применение методов теории подобия и размерности для построения критериальных уравнений подобия и теплового моделирования. Питеорема. Экспериментальное изучение процессов конвективного теплообмена. Турбулентность. Рейнольдсовы преобразования дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Турбулентная теплопроводность. Турбулентная вязкость. Турбулентное число Прандтля.

## **Внешняя задача конвективного теплообмена**

Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Задачи Блазиуса и Польгаузена. Аналогия Рейнольдса. Теплообмен и сопротивление при вынужденном внешнем обтекании трубы и пучка труб. Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объеме жидкости. Теплоотдача при свободной конвекции в ограниченном объеме (щели, зазоры).

## **Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)**

Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Влияние начального участка, граничных условий на теплоотдачу и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Теплообмен и сопротивление на стабилизированном участке течения: задача Гретца – Нуссельта, формулы Пуазейля, интеграл Лайона. Турбулентное движение в трубах. Применение аналогии Рейнольдса для получения расчетных соотношений: число Стантона, формулы Диттуса – Белтера, Михеева и Блазиуса. Расчет теплоотдачи и сопротивления в широком диапазоне изменения чисел Рейнольдса при течении в трубах: формулы Петухова, Гнилински и Филоненко, номограмма Моуди.

## **Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя**

Теплообмен при кипении жидкостей. Критический радиус парового пузырька. Пузырьковое и пленочное кипение на поверхности в большом объеме. Кривая кипения. Расчет коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении на поверхности в большом объеме: формулы Лабунцова, Розенау. Критические тепловые нагрузки при кипении: формулы Кутателадзе, Зубера. Теплоотдача при пленочном кипении. Формула Бромли. Кипение в трубах. Режимы течения парожидкостной смеси. Расчет теплоотдачи при кипении в трубах. Кризисы теплоотдачи первого и второго рода. Расчет коэффициентов запаса до кризиса. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теория Нуссельта пленочной конденсации. Поправочные коэффициенты к теории Нуссельта (на волновое течение и переменность физических свойств конденсата). Турбулентное течение пленки конденсата – расчет коэффициента теплоотдачи (размерная и безразмерная формулировка). Влияние влажности и перегрева пара, примесей воздуха в паре на теплоотдачу при пленочной конденсации.

## **Теплообменные аппараты**

Классификация теплообменных аппаратов. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты

рекуперативного теплообменника. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Средний температурный напор. Метод среднелогарифмического температурного напора расчета теплообменного аппарата. Понятие эффективности ( $\epsilon$ ) теплообменного аппарата и числа единиц переноса (NTU). Метод  $\epsilon - NTU$  расчета теплообменного аппарата. Оценка максимальной теплопроизводительности теплообменного аппарата. Сравнение прямого и обратного, предельные случаи. Теплогидравлический расчет теплообменника типа «труба в трубе» и пластинчатого теплообменника.

### **Основы расчета теплообмена излучением**

Физическая природа теплового излучения. Классификация потоков излучения. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения, формула Поляка. Законы излучения абсолютно черного тела. Понятие диффузной поверхности излучения и серого тела. Лучистый теплообмен в замкнутой системе серых тел, разделенных диатермичной средой. Угловые коэффициенты излучения. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами; телом и оболочкой; экранирование излучения. Теоретические основы современных зональных методов расчета теплообмена излучением. Приближенный расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе тел, разделенных излучающе-поглощающей средой (серое приближение). Расчет теплообмена в системе типа «газ в оболочке»: закон Бугера, эффективная длина луча. Определение поглощательной способности и степени черноты среды (продуктов сгорания). Понятие о методах расчета сложного теплообмена (радиационно-кондуктивного и радиационно-конвективного).

### **Список литературы**

1. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. – 2-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2006. – 164 с.
2. Галин, Н. М. Тепломассообмен (в ядерной энергетике) / Н. М. Галин, П. Л. Кириллов. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 376 с.
3. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.
4. Кудинов, А. А. Тепломассообмен : учеб. пособие / А. А. Кудинов. – М. : Инфра-М, 2012. – 375 с.
5. Практикум по теплопередаче : учеб. пособие для вузов / А. П. Солодов [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 296 с.
6. Солодов, А. П. Тепломассообмен в энергетических установках : электронный курс / А. П. Солодов. – М. : МЭИ, 2008–2013. [http://tw.t.mpei.ac.ru/Solodov/HMT-eBook\\_2009/](http://tw.t.mpei.ac.ru/Solodov/HMT-eBook_2009/)
7. Справочник по теплообменникам. В 2-х томах. Т. 1 / под ред. Б. С. Петухова, В. К. Шикова. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 560 с.
8. Тепломассообмен : учеб. для вузов / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – М. : МЭИ, 2011. – 562 с.
9. Теплотехника : учеб. для вузов / колл. авторов, под. общ. ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. – 3 изд. перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 792 с.
10. Теплоэнергетика и теплотехника. В 4 кн. Кн. 2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : справочник / колл. авторов, под общ. ред. А. В. Клименко и В. М. Зорина. – М. : МЭИ, 2007. – 564 с.
11. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену : учеб. пособие для вузов / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – 3-е изд., стер. – М. : МЭИ, 2010. – 195 с.
12. Ягов, В. В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях : учеб. пособие для вузов / В. В. Ягов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 542 с.

# Техническая термодинамика

## Основные законы термодинамики

1-й закон термодинамики, теплота, работа расширения, внутренняя энергия. Уравнение 1-го закона для потока вещества, энтальпия, техническая работа. 2-й закон термодинамики, уравнения 2-го закона для обратимых и необратимых процессов.

## Идеальный газ. Калорические свойства идеального газа

Термическое и калорическое уравнения состояния идеального газа. Термодинамические процессы (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный) идеального газа. Взаимосвязь калорических свойств идеального газа: внутренней энергии, энтальпии, теплоемкостей ( $c_p$  и  $c_v$ ) и показателя адиабаты.

## Структура таблиц воды и водяного пара

Определение состояния воды (или водяного пара) и необходимых термодинамических свойств по двум произвольно заданным параметрам:  $p$  и  $t$ ,  $p$  и  $v$ ,  $p$  и  $h$ ,  $p$  и  $s$ ,  $p$  и  $x$ ,  $t$  и  $v$ ,  $t$  и  $h$ ,  $t$  и  $s$ ,  $t$  и  $x$  ( $x$  – степень сухости влажного пара).

## Свойства и диаграммы реального газа

Полные (фазовые)  $p,v$ - и  $p,T$ -диаграммы, кривые плавления, насыщения и сублимации, тройная и критическая точки. Области однофазных состояний: твердое, жидкое и газообразное. Области двухфазных состояний: твердое тело + жидкость, влажный пар (жидкость + пар), твердое тело + пар; пограничные кривые. Области фазовых переходов: плавление, затвердевание, кипение, конденсация, сублимация, десублимация.

## Процессы в соплах

Процесс течения газа или пара в суживающихся соплах и соплах Лаваля, скорость истечения и расход газа или пара, кризис течения, изображение процессов в  $h,s$ - и  $p,v$ -диаграммах. Изменение параметров потока газа или пара при течении в соплах. Влияние профиля канала на скорость потока газа или пара. Выбор типа сопла. Влияние трения на процесс течения в соплах.

## Процессы в дросселях и компрессорах

Процесс адиабатного дросселирования, изменение параметров потока газа или водяного пара при адиабатном дросселировании. Процессы в неохлаждаемых и охлаждаемых компрессорах, теплота и работа процесса. Изменение параметров газа в компрессорах без учета трения. Влияние трения на процесс сжатия газа в неохлаждаемых компрессорах. Сравнение характеристик охлаждаемого и неохлаждаемого компрессоров.

## Цикл Карно. Газовые циклы

Термодинамические циклы теплосиловых установок, подведенная к циклу и отведенная от него теплота, работа и КПД цикла. КПД цикла Карно. Циклы двигателей внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто), при постоянном давлении (цикл Дизеля) и при комбинированном подводе теплоты (цикл Тринклера). Принципиальная схема и цикл простой газотурбинной установки (ГТУ) – цикл Брайтона, мощность и КПД ГТУ, влияние трения в турбине и компрессоре на эффективность ГТУ.

## Цикл простой паротурбинной установки (цикл Ренкина)

Принципиальная схема и цикл простой паротурбинной установки – цикл Ренкина. Термический КПД цикла Ренкина. Влияние параметров пара на термический КПД и другие характеристики цикла Ренкина. Влияние трения в турбине и насосе на характеристики необратимого цикла Ренкина.

## Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок

Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок, подведенная и отведенная теплота, работа цикла. Обратный цикл Карно – цикл холодильной и теплонасосной установок. Принципиальные схемы и циклы холодильной

и теплонасосной парокомпрессионных установок. Холодопроизводительность и холодильный коэффициент как характеристики холодильных установок. Теплопроизводительность и отопительный коэффициент как характеристики теплонасосных установок.

### Список литературы

1. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. – 2-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2006. – 164 с.
2. Александров, А. А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики : справочник / А. А. Александров, К. А Орлов, В. Ф. Очков. – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 224 с.
3. Александров, А. А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок : учеб. пособие для вузов / А. А. Александров. – М. : Издательский дом МЭИ, 2016. – 159 с.
4. Барилевич, В. А., Смирнов Ю. А. Основы технической термодинамики и теории массообмена: учебное пособие для вузов по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» / В. А. Барилевич, Ю. А. Смирнов. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 432 с.
5. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика : учеб. для вузов / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – 5-е изд. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.
6. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2019. – 454 с.
7. Сборник задач по технической термодинамике / Т. Н. Андрианова [и др.]. – 5-е изд. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 356 с.

### Электротехника и электроника

#### Электрические цепи постоянного тока

Понятие об электрической цепи, элементы цепи. Схемы и топология цепи. Свойства источников и приемников. Законы Кирхгофа, Ома. Метод анализа электрической цепи на основе законов Кирхгофа. Анализ электрической цепи с одним источником на основе эквивалентных преобразований. Принцип суперпозиции. Делители напряжения и тока. Анализ электрической цепи методом эквивалентного активного двухполюсника. Анализ электрической цепи с нелинейным элементом.

#### Электрические цепи переменного тока

Параметры синусоидальных ЭДС, напряжений и токов. Связь напряжений и токов на элементах R, L, C. Представление переменных величин в комплексной форме. Законы Кирхгофа и Ома. Мощность в цепи переменного тока. Цепь с последовательным соединением элементов R, L, C и резонанс напряжений. Параллельное соединение элементов R, L, C и резонанс токов.

#### Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные цепи

Понятие о трехфазных цепях. Способы соединения трехфазных источников электрической энергии. Способы соединения приемников в трехфазных цепях. Соединения нагрузки трех- и четырехпроводной звездой. Соединения нагрузки треугольником. Защитные зануление и заземление цепей. Основные правила эксплуатации электрических цепей.

#### Переходные процессы в линейных электрических цепях и линейные цепи с негармоническими токами

Понятие о переходных процессах в линейных электрических цепях и линейные цепи с негармоническими токами. Законы коммутации. Анализ переходных процессов в цепи RL с источником постоянного напряжения. Анализ переходных процессов в цепи RC

с источником постоянного напряжения. Анализ переходных процессов в цепи RLC с источником постоянного напряжения. Анализ линейных цепей с периодическим негармоническим воздействием методом суперпозиции гармоник. Понятие об электрических фильтрах.

### **Магнитные цепи. Трансформаторы**

Магнитные свойства электротехнических магнитных материалов. Электромагнитные устройства (ЭМУ) с постоянными магнитными потоками и их описание магнитной цепью. Анализ неразветвленной однородной и неоднородной магнитных цепей. ЭМУ с переменными магнитными потоками и их описание электрической схемой замещения. Понятия об однофазном и трехфазном трансформаторах и их основные свойства.

### **Электрические машины постоянного тока**

Назначение и устройство электрических машин постоянного тока. Принцип работы электрических машин постоянного тока в генераторном режиме. Уравнение электрического состояния и эквивалентная схема замещения якорной цепи. Способы возбуждения генератора. Принцип работы электрических машин постоянного тока в двигательном режиме. Механическая характеристика и уравнение механического состояния двигателя. Особенности пуска двигателя постоянного тока. Способы возбуждения двигателя. Способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.

### **Асинхронные машины**

Конструкция и принцип действия асинхронной машины. Основные уравнения, векторная диаграмма и схемы замещения. Электромагнитный момент и механическая характеристика асинхронной машины. Потери энергии, КПД и рабочие характеристики асинхронного двигателя. Пуск в ход асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и с контактными кольцами. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.

### **Синхронные машины**

Конструкция и принцип действия синхронной машины. Характеристика холостого хода синхронного генератора. Основные параметры синхронных генераторов. Электромагнитный момент и угловая характеристика синхронной машины. Параллельная работа синхронного генератора с сетью. Регулирование активной и реактивной мощности.

### **Полупроводниковые диоды, неуправляемые выпрямители, параметрические стабилизаторы**

Полупроводники в электронике и «р-п» переход. Выпрямительный диод и его свойства. Однополупериодный и мостовой выпрямители. Сглаживающие С-фильтры. Стабилитрон и параметрический стабилизатор.

### **Биполярный и полевой транзисторы, усилители**

Биполярный транзистор (БТ) и его свойства. Усилительный каскад с общим эмиттером. Эмиттерный повторитель. Полевой транзистор и усилительный каскад с общим истоком. Дифференциальный усилительный каскад.

### **Операционный усилитель и схемы на его основе**

Операционный усилитель и его свойства. Инвертирующий и неинвертирующий усилители напряжения. Интегратор и дифференциатор. Сумматор. Активные фильтры. Компаратор и триггер Шмита. Мультивибратор. Генераторы гармонических сигналов.

### **Список литературы**

1. Жаворонков, М. А. Электротехника и электроника : учеб. пособие /М. А. Жаворонков, А. В. Кузин. – 5-е изд., стер. – М. : Академия, 2013. – 400 с.
2. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учеб. / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. – СПб. : Лань, 2019. – 736 с.

3. Касаткин, А. С. Электротехника : учеб. для неэлектротехн. спец. Вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – М. : Академия, 2005. – 544 с.
4. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника : учеб. для академического бакалавриата / В. А. Кузовкин, В. В. Филатов. – М. : Юрайт, 2019. – 431 с.
5. Миловзоров, О. В. Электротехника : учеб. для вузов / О. В. Миловзоров, Н. Г. Панков. – М. : Высшая школа, 2004. – 287 с.
6. Рекус, Г. Г. Основы электротехники и электроники в задачах с решениями : учеб. пособие для вузов / Г. Г. Рекус. – М. : Высшая школа, 2005. – 343 с.
7. Электротехника и электроника : учеб. для вузов в 3 книгах. Кн. 1. Электрические и магнитные цепи / под ред. В. Г. Герасимова. – М. : Арис, 2010. – 288 с.
8. Электротехника и электроника : учеб. для вузов в 3 книгах. Кн. 2. Электромагнитные устройства и электрические машины / под ред. В. Г. Герасимова. – М. : Арис, 2010. – 272 с.
9. Электротехника и электроника : учеб. для вузов в 3 книгах. Кн. 3. Электрические измерения и основы электроники / под ред. В. Г. Герасимова. – М. : Арис, 2010. – 432 с.

## **Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии**

### **Актуальность рационального использования энергетических ресурсов**

Основные виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения. Структура энергетики страны и актуальность рационального использования энергоресурсов. Мировой энергетический баланс, тенденции его изменения. Потенциал энергосбережения в России и пути его реализации. Связь эффективного использования топливно-энергетических ресурсов и состояния окружающей среды.

### **Методы и критерии оценки эффективности использования энергии. Нормирование потребления энергоресурсов**

Балансовые соотношения для анализа энергопотребления. Основные критерии эффективности использования ТЭР. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения. Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов. Нормативно-эксплуатационные технологические затраты и потери тепловой энергии в тепловых сетях.

### **Энергетические балансы потребителей топливно-энергетических ресурсов**

Основные промышленные и жилищно-коммунальные потребители энергетических ресурсов. Основные виды энергетических балансов. Энергетический баланс региона. Энергетический баланс промышленного предприятия. Распределение основных потоков потребляемой энергии на промышленном предприятии.

### **Методы энергосбережения при производстве тепловой энергии**

Виды источников тепловой энергии. Способы повышения энергетической эффективности ТЭС. Автономные источники тепловой энергии, их преимущества и недостатки. Когенерация и тригенерация. Основные энергосберегающие мероприятия для паровых и водогрейных котлов в производственных котельных. Метод рационального распределения тепловой нагрузки между котельными агрегатами в производственной котельной.

### **Энергосбережение в системах транспорта и распределения тепловой энергии**

Рациональное энергоиспользование в системах производства и распределения энергоносителей. Тепловые сети. Их виды и основные элементы. Основные виды затрат, потерь энергии и ресурсов в тепловых сетях. Меры по их сокращению. Основные этапы расчета потерь энергии с поверхности трубопроводов, с утечками теплоносителя. Потери энергии, связанные с нарушением тепловых и гидравлических режимов тепловых сетей.

### **Вторичные энергетические ресурсы**

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Экономия энергии при утилизации ВЭР. Регенеративное и внешнее использование теплоты ВЭР. Вторичные энергетические ресурсы избыточного давления. Тепловые насосы. Использование низкопотенциального тепла с помощью тепловых насосов. Экономия энергии при использовании турбо-детандерных агрегатов и газовых бескомпрессорных утилизационных турбин.

### **Энергосбережение в теплотехнологиях**

Структуры энергообеспечения предприятий. Принципиальные схемы технологий и области их применения. Высокотемпературные теплотехнологические установки. Методы энергосбережения в высокотемпературных установках. Рациональное энергоиспользование в низкотемпературных теплотехнологических установках. Типовые энергосберегающие мероприятия.

### **Рациональное использование энергии в зданиях и сооружениях**

Инженерные системы обеспечения жизнедеятельности в зданиях и сооружениях. Общие принципы энергосбережения в зданиях и сооружениях. Современные энергосберегающие технологии строительства зданий и сооружений. Типовые энергосберегающие мероприятия в зданиях и сооружениях. Энергетическая и экономическая оценки энергосберегающих эффектов.

### **Учет энергетических ресурсов. Основы энергоаудита**

Значение учета энергетических ресурсов. Приборы учета тепловой и электрической энергии и обеспечения энергетического обследования. Виды энергоаудита, нормативная база энергоаудита. Основные этапы организации и проведения работ по обследованию энергохозяйств предприятий и организаций. Энергетические обследования промышленных предприятий. Энергетический паспорт.

### **Список литературы**

1. Данилов, О. Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учеб. для студентов вузов / О. Л. Данилов, А. Б. Горяев, И. В. Яковлев; под ред. А. В. Клименко. – 2-е изд. – М. : МЭИ, 2011. – 423 с.
2. Основы энергосбережения : учеб. / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков, под ред. Н. И. Данилова. – Екатеринбург : Автограф, 2010. – 550 с.
3. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации : федер. закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (с изменениями на 27 декабря 2018 года) (редакция, действующая с 1 января 2019 года) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы Техэксперт <http://docs.cntd.ru/document/902186281/>
4. Сибикин, Ю. Д., Сибикин, М. Ю. Технология энергосбережения : учеб./ Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : ФОРУМ, 2012. – 352 с.
5. Стратегия – 2020 : Новая модель роста – новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 года. В 2 кн. Кн. 1 / под научн. руководством В. А. Мау, Я. И. Кузьминова. – М. : Дело, 2013. – 430 с.
6. Стратегия – 2020 : Новая модель роста – новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 года. В 2 кн. Кн. 2 / под научн. руководством В. А. Мау, Я. И. Кузьминова. – М. : Дело, 2013. – 408 с.
7. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учеб. пособие / Л. И. Молодежникова. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 205 с.

## Часть 2 ПИМ

Студенту предлагаются междисциплинарные кейс-задания, которые соответствуют типам задач профессиональной деятельности, определенным в Федеральном государственном стандарте по данному направлению подготовки бакалавра, актуализированным в соответствии с профессиональными стандартами. При формировании заданий части 2 ПИМ *не учитывается перечень дисциплин (предметных полей)*, которые студент выбрал для полидисциплинарного тестирования в части 1 ПИМ.

Студент должен **выбрать 3 типа задач профессиональной деятельности ФГОС** в соответствии с программой экзамена по направлению подготовки, ориентируясь на конкретную ОПОП, по которой он завершает обучение.

Типы задач профессиональной деятельности, определенные Федеральным государственным образовательным стандартом по данному направлению подготовки бакалавриата<sup>1</sup>:

«1.12. В рамках освоения программы бакалавриата выпускники могут готовиться к решению задач профессиональной деятельности следующих типов:

- проектно-конструкторский;
- производственно-технологический;
- научно-исследовательский;
- организационно-управленческий;
- наладочный;
- сервисно-эксплуатационный».

Междисциплинарные кейс-задания, соответствующие типам задач, разработаны с учетом перечня основных задач профессиональной деятельности, представленного в проекте примерной основной образовательной программы по направлению подготовки. \*\*\*

«2.3. Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам):

Таблица 2.1

Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности
проектно- конструкторский	- участие в сборе и анализе исходных данных для расчета и проектирования объектов профессиональной деятельности; - участие в разработке проектной и рабочей технической документации объектов профессиональной деятельности; оформление законченных проектно-конструкторских работ; - проверка соответствия разрабатываемых проектов и технической документации объектов профессиональной деятельности нормативным документам; - проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений
производственно-технологический	- схемы размещения ОПД и их систем; - правила технологической дисциплины при их обслуживании;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии ОПД;</li> <li>- организация метрологического обеспечения технологических процессов ОПД;</li> <li>- обеспечение экологической безопасности проектируемых объектов профессиональной деятельности</li> </ul>
научно-исследовательский	<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ и обработка научно-технической информации по тематике исследования из отечественных и зарубежных источников;</li> <li>- проведение экспериментов по заданной методике, обработка и анализ результатов исследований;</li> <li>- составление отчетов и представление результатов выполненной работы</li> </ul>
организационно-управленческий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность к управлению и организации работы малых коллективов;</li> <li>- разработка оперативных планов работы по проектированию и эксплуатации объектов профессиональной деятельности</li> </ul>
наладочный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- участие в оценке состояния оборудования, поверке, регулировке и настройке объектов профессиональной деятельности;</li> <li>- участие в наладке, испытаниях и приемке/сдаче в эксплуатацию объектов профессиональной деятельности</li> </ul>
сервисно-эксплуатационный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проверка технического состояния и остаточного ресурса объектов;</li> <li>- профессиональной деятельности, организация профилактических осмотров и текущего ремонта;</li> <li>- подготовка технической документации на ремонт объектов профессиональной деятельности;</li> <li>- подготовка технической документации на ремонт объектов профессиональной деятельности.» ***</li> </ul>

<sup>1</sup> Приказ Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. № 143 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника» С изменениями и дополнениями от: 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г., 19 июля 2022 г. (Зарегистрировано в Минюсте России 22.03.2018 № 50480) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://fgosvo.ru/uploadfiles//FGOS%20VO%203%2B%2B/Bak/130301\\_B\\_3\\_08112022.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles//FGOS%20VO%203%2B%2B/Bak/130301_B_3_08112022.pdf)

\*\*\* [https://fgosvo.ru/uploadfiles/Projects\\_POOP/BAK/130301\\_POOP\\_B.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/Projects_POOP/BAK/130301_POOP_B.pdf)