



## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ**

по дисциплине «Специальность»

по направлению подготовки: 13.06.01 Электро- и теплотехника

направленность программы: Промышленная теплоэнергетика

### **1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Программа вступительных испытаний предназначена для поступающих на образовательную программу высшего образования - программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 13.06.01 – «Электро- и теплотехника», профиль «Промышленная теплоэнергетика».

Программа разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 878.

Целью вступительного испытания является выявление среди поступающих в аспирантуру наиболее способных и подготовленных к освоению образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, подтверждение поступающими в аспирантуру теоретических знаний в области теплоэнергетики и теплотехники и профессиональных компетенций, позволяющих обеспечить в будущем подготовку в аспирантуре и сдачу кандидатского экзамена по специальной дисциплине. Вступительные испытания проводятся в форме устного вступительного экзамена.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знания и умения в области промышленной теплоэнергетики, соответствующие предшествующему уровню подготовки.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

### **2.1. Наименование тем, их содержание, рекомендуемая литература**

#### **Тема 1. Системы энергоснабжения промышленных предприятий.**

Понятие об энергокомплексе промышленного предприятия. Характеристика энергоресурсов промышленного предприятия. Состав энергокомплекса промышленного предприятия. Особенности расчета и моделирования энергокомплекса промышленных предприятий.

Системы технического водоснабжения промышленных предприятий. Классификация потребителей технической воды. Устройства системы технического водоснабжения. Классификация и схемы систем водоснабжения по принципу повторного использования воды. Баланс воды предприятия. Потери воды в оборотных системах водоснабжения. Продувка. Классификация насосных станций. Схемы насосных станций. Выбор насосов по каталогам и приводам. Выбор числа насосов в насосной станции. Устройства для охлаждения воды в оборотных системах. Расчет брызгательных бассейнов. Очистка промышленных сточных вод.

Системы воздушоснабжения промышленных предприятий. Состав систем воздушоснабжения и компрессорных станций. Основные типы потребителей сжатого воздуха на производстве. Приближенный и уточненный расход воздуха у потребителей. Производительность компрессорных станций и потери воздуха в сети. Расчет воздухопроводной сети. Выбор компрессоров для систем воздушоснабжения. Воздухозаборные устройства и фильтры для очистки воздуха. Промежуточные и конечные холодильники. Влагомассоотделители. Установки для осушки сжатого воздуха. Рессиверы. Системы водоснабжения компрессорных станций. Пример расчета компрессорных станций.

Установки для трансформации теплоты. Назначение и область применения установок для трансформации теплоты. Классификация установок для трансформации теплоты по принципу действия. Схема и цикл в  $T$ ,  $S$ - и  $p$ ,  $v$ -диаграммах идеальной установки для трансформации теплоты. Схема и циклы в  $T$ ,  $S$ - и  $p$ ,  $v$ -диаграммах идеальной парокompрессионной установки для трансформации теплоты. Энергетические характеристики эффективности работы установок.

Схемы и циклы в  $p$  -  $v$ -диаграмме реальных парокompрессионных установок: без переохладителя, с переохладителем, с промежуточным регенеративным теплообменником. Методы расчета установок. Компоновка и составные элементы установок.

Системы газоснабжения. Классификация газопроводов. Классификация систем промышленного газоснабжения. Устройства систем газоснабжения. Схемы заводского и внутрицехового газопроводов. Обязочные газопроводы. Режим работы газовой сети низкого давления. Расчет газопроводных сетей. Регулирование газопроводных сетей. Внутренние источники газового топлива на промышленном предприятии.

Системы по обеспечению производства продуктами разделения воздуха. Назначение систем. Характеристики продуктов разделения воздуха. Методы разделения газовых смесей. Ректификационные колонны. Состав установок по разделению воздуха.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Трубаев П. А., Гришко Б. М. Практикум по гидравлическим машинам и компрессорам: учеб. пособие. Учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, БИЭИ, 2012. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015101311082950700000652150>
2. Чекалина Т. В. Энергоснабжение промышленных предприятий: учебное пособие. Учебное пособие. Новосибирск: НГТУ. 2011. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=228939&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=228939&sr=1)
3. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий; под ред. Гамазина С.И. Справочное издание. М.: Издательский дом МЭИ. 2010. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8125>
4. Трубаев П. А., Губарев А.В., Гришко Б.М. Системы энергоснабжения промышленных предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2012
5. Трубаев П. А., Гришко Б.М. Тепловые насосы. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2010

### **Тема 2. Парогенерирующие установки промышленных предприятий**

Понятие о парогенерирующих установках, материальный, тепловой и эксергетический балансы парогенерирующих установок. Место и значение парогенерирующих установок в технологических системах. Эволюция парогенераторов. Перспективы развития парогенерирующих установок. Общая технологическая схема, рабочие вещества и основные элементы современного парогенератора (ПГ). Источники теплоты. Материальные балансы рабочих веществ. Общее уравнение теплового баланса. Располагаемая и полезно использованная теплота. Потери теплоты и их определение. Тепловой КПД ПГ по прямому и обратному балансам. Изменение КПД при переменных нагрузках. Эксергетический баланс и эксергетический КПД ПГ.

Топочные процессы и устройства парогенераторов, теплообмен в парогенерирующих установках. Классификация, общие характеристики и основные показатели топочных устройств. Особенности сжигания газа с высокой и низкой теплотой сгорания. Газовые горелки ПГ. Подготовка и сжигание жидкого топлива. Топки для сжигания жидкого топлива, мазутные форсунки. Классификация и типы слоевых топков. Топки с зажатым и кипящим слоем. Особенности сжигания топлива в пылевидном состоянии. Схемы пылеприготовления. Углеразмольные установки. Пылеугольные горелки. Топки для сжигания угольной пыли с гранулированным и жидким шлакоудалением. Циклонные и

вихревые топки. Топки для сжигания различных промышленных отходов. Радиационный теплообмен в топке парогенератора. Конструктивный и поверочный расчет топки. Теплообмен в конвективных поверхностях ПГ. Основные направления интенсификации радиационного и конвективного теплообмена. Техничко-экономический выбор конечного охлаждения газов в топке и на выходе из теплоиспользующих элементов ПГ.

Гидродинамика и аэродинамика парогенерирующих установок, водный режим и качество ПГ, тепловые и конструктивные схемы ПГ. Условия надежной работы теплоиспользующих элементов. Основные характеристики и общее уравнение движения двухфазного потока в трубах. Принципиальные схемы испарительных систем. Особенности гидродинамики элементов с естественной и принудительной циркуляцией рабочего тела. Расчет простого и сложного контуров естественной циркуляции. Газовое и воздушное сопротивление ПГ. Способы преодоления. Основы аэродинамического расчета воздушного и газового трактов. Технологические показатели качества воды. Требования к питательной воде и пару. Способы подготовки воды. Организация водного режима. Периодическая и непрерывная продувка. Ступенчатое испарение. Получение чистого пара. Тепловые схемы ПГ. Воздухо- и газоподогреватели, водяные экономайзеры, последовательность включения. Техничко-экономические пределы подогрева воздуха. Испарительные поверхности нагрева. Пароперегреватели. Методы регулирования температуры перегретого пара. Конструктивные схемы ПГ с естественной и принудительной циркуляцией.

### Рекомендуемая литература:

1. Лебедев В.М., Приходько С.В. Тепловой расчет котельных агрегатов средней производительности: Учебное пособие.-2-е изд., испр. и доп. учебное пособие. СПб: Изд-во «Лань». 2017.  
[https://e.lanbook.com/book/91071?category\\_pk=933#authors](https://e.lanbook.com/book/91071?category_pk=933#authors)
2. Тепловой расчет котлов [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсового проекта для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника / сост.: Ю. В. Васильченко, А. В. Губарев. - Электрон. текстовые дан. методические указания. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016122413392753400000651428>
3. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016060613541965800000656872>. Э.Р. №1862
4. Машиностроение. Энциклопедия. Котельные установки. Т. IV-18 [Электронный ресурс] / Ю.А. Рундыгин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков и др.; Под ред. Ю.С. Васильева, Г.П. Поршнева. Энциклопедия. М.: Машиностроение. 2009. <http://e.lanbook.com/view/book/790>
5. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013

6. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. учебник. М.: ООО «БАСТЕТ». 2009

7. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности. учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия». 2011

### **Тема 3. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки**

Введение в энергетику теплотехнологии. Общие особенности и теплотехническая классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов. Технологические, энергетические и экологические проблемы теплотехнологии. Теплотехнические принципы организации технологических процессов. Примеры осуществления высокотемпературных теплотехнологических процессов в черной и цветной металлургии, в химических производствах и в промышленности строительных материалов. Структурные, тепловые, теплотехнические и конструктивные схемы высокотемпературных теплотехнологических установок. Энергетика теплотехнологии как научно-практическая основа энергосберегающей модернизации технологического установок.

Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТПиУ. Структура уравнений материального баланса. Материальные расчеты идеальных, неравновесных и равновесных теплотехнологических процессов. Алгоритм расчета теоретического минимума температурного уровня теплотехнологического процесса. Тепловой баланс теплотехнологического реактора. Зональные тепловые балансы. Тепловые балансы отдельных элементов тепловой схемы высокотемпературной теплотехнологической установки. Тепловой и энергетический баланс высокотемпературной теплотехнологической установки в целом. Видимый, суммарный и приведенный удельные расходы топлива; суммарные удельные энергозатраты, приведенные к первичному топливу. Алгоритмы расчета теоретического минимума видимого удельного расхода топлива.

Внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе. Схема теплообмена в рабочем пространстве высокотемпературной теплотехнологической установки; внешний и внутренний конвективный и комбинированный теплообмен. Потери тепла в окружающую среду. Основные закономерности и пути интенсификации радиационного теплообмена в теплотехнологических реакторах. Внешний радиационный теплообмен в системе газ-кладка-материал. Зональный метод расчета радиационного теплообмена. Основные уравнения и принципы математического моделирования внешнего теплообмена в реакторе ВТУ.

Внутренний теплообмен в теплотехнологическом реакторе. Продолжительность тепловой обработки технологического материала, нагрева и плавления термически тонких и массивных тел. Аналитические методы и принципы математического моделирования внутреннего теплообмена при тепловой обработке технологических материалов и изделий

в ВТУ.

Массообменные процессы в теплотехнологическом реакторе. Внешний и внутренний массообмен в теплотехнологическом реакторе. Основные закономерности массообменных процессов в газовой среде и технологических расплавах. Аналитические методы и принципы математического моделирования внешнего и внутреннего массо-обмена в теплотехнологическом реакторе. Продолжительность химических превращений в диффузионно-массивных телах, гомогенизации или расслоения расплавленных продуктов технологического процесса. Пути интенсификации теплотехнологического процесса; отбор рациональных теплотехнических условий в рабочем пространстве.

Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах. Основные требования, предъявляемые к организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах. Выбор источника энергии. Способы преобразования электрической энергии и области их применения высокотемпературных теплотехнологических установках. Способы обеспечения требуемых состава и температуры продуктов горения, повышения светимости факела. Способы сжигания топлива в плотном фильтруемом и в кипящем слое. Аналитическая теория диффузионного прямого факела. Транспортирующая способность осесимметричной турбулентной струи. Структура и длина диффузионного факела. Изменение расхода несгоревшего топлива по длине факела. Температура и радиационная теплоотдача факела. Классификация газогорелочных устройств и форсунок, их основные характеристики, область применения. Связь генерации теплоты с режимами теплообмена.

Термическая и термохимическая переработка топлива. Назначение, основные виды и классификация процессов термохимической переработки топлив. Пирогенетическое разложение топлив. Процессы коксования твердого топлива и крекинга нефти. Термохимическая переработка топлив: процессы газификации твердых топлив, конверсия углеводородных газов. Целенаправленная подготовка топлива как способ совершенствования высокотемпературных процессов.

Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии. Энергосбережение в высокотемпературной теплотехнологии. Снижение энергозатрат на базе отбора источников теплоты, оптимизации условий генерации теплоты и параметров теплотехнологических процессов, совершенствования тепловой изоляции и герметизации рабочего пространства. Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем регенерации энергетических отходов; схемы регенеративного теплоиспользования; энергетический эффект регенерации; предпосылки реализации глубокой регенерации; регенеративные устройства. Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем внешнего использования тепловых и горючих отходов. Системы испарительного охлаждения печей, энерготехнологические котлы и котлы-утилизаторы. Основные направления технического прогресса

энергетики высокотемпературной теплотехнологии.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Тепловые процессы и агрегаты в технологии керамических, силикатных и тугоплавких неметаллических материалов [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению курсового проекта для студентов направления 240100.62- Хим. технология, профиль подготовки 240100.62-01- Хим. технология неметал. и силикат. материалов / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. технологии стекла и керамики; сост.: Т. С. Руденко, Н. С. Бельмаз. - Электрон. текстовые дан. метод. указ. Белгород : Изд-во БГТУ. 2012. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918203615131700008471>
2. Дзюзер В. Я. Теплотехника и тепловая работа печей: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. - Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань». 2016. [https://e.lanbook.com/book/71710?category\\_pk=933#authors](https://e.lanbook.com/book/71710?category_pk=933#authors)
3. Троянкин Ю. В. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных технологических установок (CD). Учебное пособие. Термика-М. 2005. <http://colibri.krav.ru/id/186262.html>
4. В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц. Методики расчета нагревательных и термических печей. Учебно-справочное пособие. М.: Теплотехник. 2004.
5. Высокотемпературные процессы в теплотехнологических установках [Электронный ресурс] : сост.: В. А. Кузнецов, П. А. Трубаев, А. В. Трулев. метод. указания к выполнению лаб. работ. Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2012. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918184652566900007718>, Э.Р. N 1709
6. Кузнецов В. А. Стекловаренная печь. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, ЭБСАСВ. 2013.

### **Тема 4. Энерготехнологическая очистка газов**

Введение. Содержание, цель и задачи дисциплины. Топливосберегающий, материалоресурсный и экологический аспекты.

Энергетические и технологические параметры уходящих газов.

Методики расчетов влагосодержания и полной энтальпии уходящих газов от теплотехнологического и теплоэнергетического оборудования. Методики расчетов объемных, массовых расходов сухих смесей газовых компонентов, водяных паров и влажных газов.

Расчет тепловых потоков уходящих газов и определение возможных количеств утилизируемой теплоты и повышения КПД теплогенераторов.

Оборудование энерготехнологической обработки газов.

Контактные теплообменники, их типы, характеристики, расчет и области применения. Процессы изменения состояния влажного газа в контактных теплообменниках и построение векторов на I-x диаграмме.

Поверхностные теплообменники утилизации теплоты запыленных газов,

их достоинства и недостатки.

Контактно-рекуперативные теплообменники комплексной обработки уходящих газов, их устройство, работа, достоинства и недостатки.

Контактно-рекуперативные теплообменники с восходящим прямотоком фаз эмульгированном режиме (КРТ).

Принцип работы и устройство контактно-рекуперативных теплообменников, их достоинства, недостатки, области применения.

Тепловой и конструктивный расчет трубного пучка контактно-рекуперативного теплообменника. Конструирование и расчет вспомогательных узлов контактно-рекуперативных теплообменников с восходящим прямотоком фаз (форсунок, каплеуловителей, опорно-распределительных решеток, корпуса аппарата, патрубков и штуцеров).

Газодинамический и гидравлический расчет КРТ.

Определение массы аппарата, его ориентировочной стоимости, экономической эффективности его использования.

Методы улавливания оксидов серы с получением дополнительной продукции. Источники генерации оксидов серы. Классификация методов улавливания серы. Метод улавливания оксидов серы органическими поглотителями. Методы улавливания оксидов серы сульфитными растворами: аммиачные методы, магnezитовые, известняковый. Сорбционные методы улавливания оксидов серы твердыми поглотителями: метод поглощения  $SO_2$  в кипящем слое угольными сорбентами, процесс поглощения  $SO_2$  «Лурги». Методы обезвреживания  $SO_2$  каталитическим окислением. Методы промышленной очистки газов от оксидов азота. Механизмы генерации оксидов азота. Классификация методов очистки газов от оксидов азота. Методы снижения генерации оксидов азота в теплогенерирующих установках.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Ассад М.С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив. Образование, расчет, эксперимент [Электронный ресурс]. учебное пособие. Минск: Белорусская наука. 2010. <http://www.iprbookshop.ru/12312>.

2. Лебедева Е.А. Охрана воздушного бассейна от вредных технологических и вентиляционных выбросов [Электронный ресурс]: учебное пособие. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2010. : <http://www.iprbookshop.ru/16952>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Свергузова С.В. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза. Учебное пособие. Белгород, БГТУ. 2010.

## **Тема 5. Парогенераторы ТЭС**

**Топливо и тепловой баланс парогенератора.** Производство пара на электрической станции. Место и значение парогенератора в системе электростанции. Классификация парогенераторов. Основные характеристики парогенераторов. Энергетическое топливо и его характеристики. Виды топлива и



его состав. Теплота сгорания топлива. Технические характеристики топлива. Основные месторождения топлив. Продукты сгорания топлива. Состав продуктов сгорания. Определение расхода воздуха, необходимого для горения топлива. Определение коэффициента избытка воздуха. Теплосодержание воздуха и продуктов сгорания. Тепловой баланс парогенератора. Общее уравнение теплового баланса. Определение располагаемого тепла. Потери тепла  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$ ,  $q_5$  и  $q_6$ . Полезно использованное тепло.

Типы парогенераторов. Парогенераторы с естественной циркуляцией.

Техническое развитие парогенераторов. Современные парогенераторы. Парогенераторы с многократной принудительной циркуляцией. Прямоточные парогенераторы. Особенности парогенераторов с многократной принудительной циркуляцией. Конструкция парогенераторов с многократной принудительной циркуляцией. Особенности работы прямоточных парогенераторов. Российские и зарубежные прямоточные парогенераторы. Парогенераторы с многократной принудительной циркуляцией. Прямоточные парогенераторы.

Особенности парогенераторов с многократной принудительной циркуляцией. Конструкция парогенераторов с многократной принудительной циркуляцией. Особенности работы прямоточных парогенераторов. Российские и зарубежные прямоточные парогенераторы.

Тепловой расчёт и водный режим парогенераторов. Тепловой расчёт парогенератора. Задачи теплового расчёта и методика его проведения. Определение объёмов и теплосодержаний продуктов сгорания. Таблица *IV*. Тепловой расчёт топки. Тепловой расчёт конвективных поверхностей нагрева. Водный режим парогенераторов. Методы получения чистого пара. Вывод примесей из парогенератора. Безнакипный режим барабанных парогенераторов. Водный режим прямоточных парогенераторов.

Поверхности нагрева парогенераторов. Парообразующие поверхности нагрева. Тепловосприятие парообразующих поверхностей нагрева и их компоновка. Методы повышения надёжности топочных экранов и их конструкции. Особенности газоплотных экранов и методы повышения их надёжности. Футерованные экраны. Пароперегреватели. Методы регулирования температуры перегретого пара. Классификация пароперегревателей. Условия работы пароперегревателей и методы повышения надёжности. Компоновка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Низкотемпературные поверхности нагрева. Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Водяные экономайзеры. Воздухоподогреватели. Методы повышения коррозионной стойкости воздухоподогревателей.

Эксплуатация парогенераторов. Эксплуатационные режимы и показатели. Стационарные режимы эксплуатации. Режим растопки парогенератора и пуска блока.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных

предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016060613541965800000656872>

<http://www.iprbookshop.ru/28379>

2. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013

3. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. учебник. М.: ООО «БАСТЕТ». 2009

4. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности. учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия». 2011

5. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013

## **Тема 6. Современные проблемы теплоэнергетики**

Структура мирового энергопотребления. Динамика роста энергопотребления в мире и в России. Факторы, обуславливающие актуальность энергосбережения. Энергосбережение и экология.

Энергетическая светимость солнца и спектральные характеристики солнечного излучения. Солнечный коллектор и способы повышения его эффективности. Солнечные кондиционеры, промышленное и сельскохозяйственное использование, теплицы, опреснители соленой воды, солнечные кухни.

Физические основы преобразования энергии солнечного излучения в электрическую. Коэффициент полезного действия фотоэлемента и перспективы его увеличения. Конструкция фотоэлементов и особенности технологии их изготовления. Другие методы получения электрической энергии: внешний фотоэффект, термоэлектронная эмиссия, термоэлектричество.

Основные особенности газового топлива как источника энергии теплотехнологических процессов. Кинетическое, диффузионное и смешанное горение в ламинарном и диффузионном потоках. Устойчивость пламени, обеспечение безаварийной работы газовых горелок. Интенсификация сжигания газового топлива.

Биотопливо для энергетики и бытового потребления. Технология обработки биотоплива. Установки для производства тепла, пиролиза, гидрогенизации биогаза. Экономика и экология.

Классификация геотермальных районов. Запас энергии в земной коре и методы её использования. Естественный водоносный слой. Использование геотермальной энергии для обогрева и получения электрической энергии.

Термодинамические основы использования тепловой энергии океана. Тепловая схема с идеальными и реальными теплообменниками. Расчет теплообменников. Биозасорение и борьба с ним. Рабочее тело паротурбинной установки. Технические проблемы.

Специфические проблемы аккумулирования и передачи энергии при использовании различных возобновляемых источников энергии. Биоаккумуляторы, химические аккумуляторы, топливные элементы. Аккумуляторные

электробатареи, тепловые аккумуляторы, гидростатические аккумуляторы, резервуары со сжатым воздухом, маховики.

Технико-экономические и технологические характеристики источников энергии, их взаимосвязь с организацией технологического процесса. Основные принципы и критерии сравнительной оценки и выбора источников энергии теплотехнологии.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика / Трухний А.Д., Поваров О.А., Изюмов М.А., Малышенко С.П.; Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е. В. Аметистова. учебное пособие. М.: МЭИ. 2011. <http://elib.bstu.ru/Reader/Book/8098>

2. Кудинов, А. А., Зиганшина С. К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. учебное пособие. М.: Машиностроение. 2011. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2014](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2014)

3. Григорьева О. К. , Францева А. А. , Овчинников Ю. В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. учебное пособие. Новосибирск: НГТУ. 2015. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=436027&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=436027&sr=1)

4. Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика / Трухний А.Д., Поваров О.А., Изюмов М.А., Малышенко С.П.; Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е. В. Аметистова. учебное пособие. М.: МЭИ. 2011

5. Кудинов А. А., Зиганшина С. К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. учебное пособие. М.: Машиностроение. 2011.

### **Тема 7. Теплотехнологические комплексы и безотходные системы**

Материально-ресурсный, экологический, технико-экологический, экономический и организационный аспекты теплотехнологических комплексов и безотходных систем.

Основные положения законодательства в области охраны окружающей среды. Источники виды и нормирование загрязнений окружающей среды. Предельно-допустимые концентрации (ПДК). Предельно-допустимые выбросы (ПДВ), предельно-допустимые сбросы (ПДС), эколого-экономический анализ производственных переделов теплотехнологических процессов.

Энергосберегающие технологии в горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, химической промышленности. Реализация энергосберегающих тепловых схем систем и комплексов. Основное энергосберегающее оборудование нового поколения систем и комплексов.

Особенности материально-ресурсного, энергетического, экологического и технологического аспектов цементного производства по существующим технологиям. Потери сырья, тепловой энергии, уровень загрязнения окружающей среды, технологические издержки и потери качества продукции.

Назначение и классификация энерготехнологических установок. Схемы и оборудование установок с низкотемпературной очисткой продуктов газа-

фикации мазутов. Схема теплофикационной парогазовой установки ИВТ. Схема парогазотурбинной ЭТУ с газификацией и низкотемпературной очисткой газификации мазутов. Схема парогазовой ЭТУ с котлом-утилизатором. Схема конденсационного паротурбинного блока с предварительной газификацией мазутов и высокотемпературной очисткой. Схема парогазовой ЭТУ с газификацией и высокотемпературной очисткой продуктов газификации твердых топлив.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Щелоков Я.М. Экологические проблемы энергетических производств. Справочное издание. М.: Теплотехник. 2008.

## **Тема 9. Теплофикация и теплоснабжение**

Назначение систем теплоснабжения, история развития систем теплоснабжения, перспективы развития систем теплоснабжения.

Классификация систем теплоснабжения, требования нормативных документов к теплоносителям, проектированию, прокладке и эксплуатации тепловых сетей. Устройства на сетевых трубопроводах. Требования к изоляции трубопроводов. Защита трубопроводов от коррозии. Тепловые пункты и требования нормативных документов к ним.

Нормирование тепловых потерь в тепловых сетях. Методика определения нормативных значений расхода тепловой энергии и теплоносителя. Методика определения нормативных значений удельного расхода и температуры теплоносителя. Определение нормативных значений затрат электроэнергии на передачу тепловой энергии.

Задачи и порядок работ по проведению испытаний водяных тепловых сетей. Выбор участков сети для испытаний, определение параметров испытания. Подготовка оборудования, сети и измерительной аппаратуры к испытаниям. Составление программ испытаний. Проведение тепловых испытаний, обработка результатов испытаний, определение тепловых потерь участков сети.

Классификация, назначение и особенности отопительных котельных. Характеристика тепломеханического оборудования отопительных котельных. Особенности эксплуатации котельных. Режимы генерации тепловой энергии в отопительных котельных.

Назначение и схемы паротурбинных и газотурбинных ТЭЦ. Основное оборудование, применяемое для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Когенерационные установки. Особенности эксплуатации паротурбинных и газотурбинных ТЭЦ.

Политика Дании в области энергетики. Характеристики систем централизованного теплоснабжения Дании. Тепловые электростанции, развитие сис-

стем централизованного теплоснабжения, мероприятия по теплоизоляции. Потребительские установки централизованного теплоснабжения, измерение потребления тепла в системе централизованного теплоснабжения.

Основные положения Киотских протоколов. Методы снижения тепловых и токсичных выбросов при производстве тепловой энергии на ТЭЦ и котельных. Уменьшение вредных выбросов за счет снижения расхода топлива на производство тепловой энергии: аудит зданий, снижение тепловых потерь в тепловых сетях, повышение эффективности теплогенерирующих устройств.

Контроллинг на предприятиях теплоснабжения: цель, задачи, основные положения. Обеспечение успешного развития предприятия теплоснабжения. Экономическая эффективность и рентабельность предприятия.


Государственная экономическая политика и энергетическая стратегия России, средства и этапы ее реализации. Энергетическая безопасность России. Формирование перспективного спроса на энергоресурсы. Развитие и совершенствование систем теплоснабжения.

### Рекомендуемая литература:

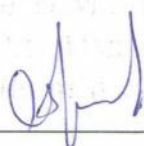
1. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2016060613541965800000656872>.  
<http://www.iprbookshop.ru/28379>.
2. Лебедев В.М., Приходько С.В., Скачко Т.А., Глухов С.В. Источники и системы теплоснабжения предприятий. Учебник. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 2013.  
<http://www.iprbookshop.ru/26805>.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. учебник. М.: Изд-во МЭИ. 2001.
4. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции. учебник. М.: Изд-во МЭИ. 2004.
5. В. Ш. Магадеев Источники и системы теплоснабжения. учебное пособие. М.: Энергия. 2013.

Программа разработана базовой кафедрой по направленности образовательной программы энергетики теплотехнологии.

Составитель (составители) программы:

/ Канд. техн. наук, доц.  \_\_\_\_\_ Кожевников В.П.

Заведующий (ая) кафедрой:

/ Канд. техн. наук, доц.  \_\_\_\_\_ Кожевников В.П.