

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
(ННГАСУ)

*программа*

*ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В МАГИСТРАТУРУ*

**«Комплексное вступительное испытание по направлению подготовки  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника»**

Нижегород – 2016

## 1. Общие положения

**1.1.** На обучение по программам магистратуры принимаются заявления от лиц, имеющих документ государственного образца о высшем профессиональном образовании.

**1.2.** Поступающий должен знать:

- методы разработки обобщенных вариантов решения проблемы, анализа вариантов, прогнозирования последствий, отыскания компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирования реализации проекта;
- порядок разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний;
- порядок разработки и состав технической документации;
- способы планирования процесса эксплуатации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, тепловых сетей;
- методы и формы организации работы коллектива исполнителей, принципы принятия управленческих решений в условиях различных мнений;
- методы, способы и средства осуществления технического контроля, испытаний и управления качеством в процессе производства;
- методы анализа теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов деятельности;
- методические, нормативные и руководящие материалы, касающиеся выполняемой работы, методы исследования, правила и условия выполнения работ;
- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности используемых технических средств, материалов и их свойства;
- основные требования, предъявляемые к технической документации, материалам и изделиям;
- методы проведения технических расчетов и определения экономической эффективности исследований и разработок;
- достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в соответствующей области знаний;
- основы экономики;
- основы трудового законодательства;
- правила экологической безопасности и нормы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты.

Поступающий в магистратуру должен уметь:

- формулировать задачи, выявлять приоритеты решения задач;
- использовать информационные технологии при конструировании энергетического, теплотехнического, теплотехнологического оборудования, сетей и систем;
- оценивать производственные и непроизводственные затраты на обеспечение заданного уровня качества продукции с учетом международных стандартов;
- применять методы анализа, синтеза и оптимизации технологических процессов, процессов обеспечения качества, испытаний и сертификации продукции;
- использовать системы автоматизированного ведения эксперимента;
- использовать компьютерные технологии моделирования и обработки результатов.

## 2. Программа вступительных испытаний

При поступлении в вуз для обучения по программам магистерской подготовки поступающие сдают комплексное вступительное испытание (в виде письменного экзамена по базовым дисциплинам соответствующей программы подготовки бакалавра).

Вступительное испытание проводится в виде письменного экзамена по дисциплинам основной образовательной программы по направлению Теплоэнергетика и теплотехника.

Дисциплины, включенные в комплексный экзамен:

- теоретические основы теплотехники;
- источники и системы теплоснабжения предприятий;
- технологические энергоносители предприятий
- энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях.

## 2.1. Теоретические основы теплотехники

### Раздел 1. Термодинамика

#### Содержание разделов дисциплины.

Значение курса термодинамики как научной дисциплины. История создания, современное состояние и перспективы развития термодинамики.

Термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Тепловые установки и их роль в развитии промышленности и энергетики. Экономия топлива и энергии, научное обоснование снижения нормативов расхода теплоты, энергосберегающая техника и технология, вторичные энергоресурсы, охрана окружающей среды.

Предмет технической термодинамики и ее задачи. Метод термодинамического анализа. Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамические параметры. Термодинамическое равновесие. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые термодинамические процессы.

Идеальный газ. Газовые смеси

Модель и основные законы идеального газа. Уравнения состояния для идеальных газов в форме Клапейрона и Менделеева. Газовая постоянная.

Способы задания состава газовых смесей. Законы Дальтона и Амага. Определение средней молекулярной массы и газовой постоянной смеси. Определение парциального давления. Связь между массовыми, объемными и мольными долями.

Теплоемкость газов

Основные понятия и определения. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости от давления и температуры. Уравнение Р. Майера. Теплоемкость газовых смесей. Эмпирические формулы для определения теплоемкости газов.

Первый закон термодинамики

Теплота и работа как формы передачи энергии. Внутренняя энергия и ее свойства. Работа расширения газа,  $pV$  - диаграмма. Формулировки первого закона термодинамики и его аналитическое выражение. Понятие об энтальпии газа.

Уравнение первого закона термодинамики для потока. Полное давление и температура торможения газа.

Процессы изменения состояния газов

Определение политропного процесса. Вывод уравнения политропы. Соотношения между основными термодинамическими параметрами в политропном процессе. Зависимость теплоемкости от показателя политропы. Графическое определение показателя политропы.

Исследование частных термодинамических процессов: изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного.

Второй закон термодинамики

Понятие о циклах прямом и обратном, обратимом и необратимом. Термический КПД цикла. Основные формулировки второго закона термодинамики. Цикл Карно прямой и обратный. Теорема Карно.

Интеграл Клаузиуса для обратимого произвольного цикла. Понятие об энтропии, как функции состояния. Определение энтропии газа через его основные термодинамические параметры.

$Ts$ - диаграмма и ее использование для исследования термодинамических процессов. Регенеративный цикл. Использование принципа регенерации для решения задач энергосбережения.

Аналитическое выражение второго закона для обратимых и необратимых процессов. Совмещенное уравнение первого и второго законов термодинамики.

Энтропия как мера необратимости процессов. Статистический характер второго закона термодинамики.

Дифференциальные уравнения термодинамики

Основные математические методы. Уравнения Максвелла. Частные производные внутренней энергии и энтальпии. Теплоемкости.

Реальные газы. Водяной пар

Физическая модель реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Критическое состояние. Теория ассоциаций и уравнения состояния реальных газов Вукаловича-Новикова и Майера-Боголюбова. Использование дифференциальных уравнений и ЭВМ для изучения свойств реальных веществ.

Условия равновесия, правило фаз, фазовые переходы, фазовая диаграмма. Тройная точка.

Водяной пар. Основные понятия и определения. Связь между давлением и температурой насыщенного пара. Процесс парообразования в  $p$ - $v$ -,  $T$ - $s$ - и  $h$ - $s$ - диаграммах. Критическая точка. Пограничные кривые. Определение параметров водяного пара по таблицам и диаграммам.

Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Внутренняя энергия и энтальпия пара. Сверхкритическая область состояния пара. Термодинамические паровые процессы, их расчет по таблицам и диаграммам.

Теплоемкость водяного пара и ее зависимость от температуры и давления.

Влажный воздух

Абсолютная и относительная влажности воздуха. Температура точки росы. Гигрометр. Психрометр. Определение средней молекулярной массы, газовой постоянной и плотности влажного воздуха. Влагосодержание и энтальпия влажного воздуха.  $h$ - $d$  - диаграмма и построение основных процессов изменения состояния влажного воздуха в этой диаграмме. Температуры мокрого термометра и адиабатного насыщения влажного воздуха.

Термодинамика потока

Параметры газового потока. Математическое описание процесса истечения. Течение газа в каналах переменного сечения. Сопла и диффузоры. Влияние геометрической формы канала на параметры потока. Истечение газа через суживающиеся сопла. Определение располагаемой работы газа, его скорости и расхода. Критическое отношение давлений и критическая скорость. Истечение из сопла Лаваля. Действительный процесс истечения. Расчет истечения водяного пара с использованием  $h$ - $s$  - диаграммы.

Сущность процесса дросселирования. Изменение параметров газа и пара при дросселировании. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффект. Температура инверсии. Физическая сущность эффекта Джоуля-Томсона. Представление процесса дросселирования в  $h$ - $s$  - диаграмме. Методы ожижения газов.

Сжатие газов и паров

Термодинамические процессы сжатия в компрессорах. Сжатие газа в поршневом одноступенчатом компрессоре. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Многоступенчатое сжатие. Распределение степени повышения давления по ступеням. Процессы сжатия в  $p$ - $v$  - и  $T$ - $s$  - диаграммах. Определение мощности, расходуемой на привод компрессора.

Центробежные и осевые компрессоры. Необратимое адиабатное сжатие. Изотермический и адиабатный КПД компрессора.

Газовые циклы

Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания: с изохорным, изобарным и смешанным подводом теплоты. Термический КПД циклов. Термодинамический анализ циклов. Методы повышения КПД поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Циклы газотурбинных установок. Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении. Термический КПД цикла. Действи-

тельный цикл и его КПД. Методы повышения КПД газотурбинных установок. Оптимальная степень повышения давления. Регенерация теплоты в цикле. Многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод теплоты.

Циклы турбореактивных двигателей.

Циклы паросиловых установок

Циклы паросиловых установок. Принципиальная схема паротурбинной установки. Принципиальная возможность осуществления цикла Карно водяного пара. Цикл Ренкина, его термический КПД. Методы повышения термического КПД цикла Ренкина. Действительный цикл с учетом необратимости адиабатного расширения в турбине. КПД паротурбинной установки, удельные расходы пара, теплоты и топлива. Цикл со вторичным перегревом пара. Цикл с регенеративным подогревом питательной воды. Эксергетический анализ работы паросиловой установки.

Теплофикационные циклы: с противодавлением, ухудшенным вакуумом в конденсаторе, комбинированной выработкой электроэнергии и теплоты. Сравнение комбинированной и отдельной выработки электроэнергии и теплоты. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела паротурбинных установок. Парогазовая установка и ее цикл.

Принципиальные схемы и термодинамические циклы атомных электрических и теплофикационных станций. Атомные станции теплоснабжения. Экологические аспекты и безопасность работы атомных энергетических установок.

Методы непосредственного преобразования теплоты в электроэнергию.

Схема и цикл установки с магнетогидродинамическим генератором. Термоэлектрические генераторы. Термодинамические основы преобразования энергии в топливных элементах.

Циклы холодильных установок и тепловых насосов

Обратный цикл Карно - идеальный цикл холодильной установки. Классификация холодильных установок. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Цикл пароэжекторной холодильной установки. Цикл воздушной холодильной машины. Холодильный коэффициент и способы его увеличения. Требования, предъявляемые к холодильным агентам. Абсорбционная холодильная установка. Понятие о циклах глубокого охлаждения.

Трансформация теплоты. Коэффициент преобразования теплоты. Термотрансформаторы. Циклы теплового насоса. Совместное получение теплоты и холода.

Элементы химической термодинамики

Первый закон термодинамики применительно к химическим реакциям. Закон Гесса. Зависимость тепловых эффектов реакции от температуры.

Условия термодинамического равновесия. Понятие о термодинамических потенциалах, химический потенциал. Условие равновесия фаз, правило фаз Гиббса, фазовая диаграмма.

Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Принцип Ле-Шателье. Влияние температуры на скорость химических реакций. Уравнение Вант-Гоффа. Энергия активации. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Закон действующих масс. Тепловая теорема Нернста.

Растворы. Условие равновесия в растворах. Идеальные и разбавленные растворы. Диаграммы состояния растворов. Равновесие "жидкость-пар" для многокомпонентной системы. Закон Генри, закон Рауля.

#### **Основная литература для подготовки к экзамену:**

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 416 с.
2. Сборник задач по технической термодинамике: Учеб.пособие для вузов. // Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В., Зубарев В.Н. и др. - М.: Энергия, 1981. - 264 с.
3. Зубарев В.Н., Александров А.А., Охотин В.С. Практикум по технической термодинамике: Учеб.пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 304 с.
4. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 80 с.

### Дополнительная литература

1. Мурзаков В.В. Основы технической термодинамики. - М.: Энергия, 1973. - 304 с.
2. Техническая термодинамика: Учеб.для вузов / В.И. Крутов, С.И. Исаев, И.А. Кожин и др.; Под ред. В.И. Крутова.- М.: Высшая школа,1991. - 384 с.
3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: Учеб.пособие для вузов.- М.: Высшая школа, 2003. - 261 с.
4. Хрусталева Б.М., Несенчук А.П., Романюк В.Н. Техническая термодинамика: Учеб.для вузов. В 2-х ч., ч. 1. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 487 с.
5. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб.пособие для вузов.- М.: Высшая школа, 1975. – 496 с.
6. Ларионов Н.Н. Теплотехника: Учеб.для вузов. – М.: Стройиздат, 1985. – 432 с.
7. Теплотехника: Учеб.для вузов / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 2002. – 671 с.
8. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. - М.: Машиностроение, 1973. - 344 с.
9. Дыскин Л.М., Пузиков Н.Т. Расчет термодинамических циклов: Учебное пособие. - Н.Новгород: ННГАСУ, 2000. - 87 с.

## Раздел 2. Тепломассообмен

Содержание разделов дисциплины

Значение курса тепломассообмена как научной дисциплины. История возникновения, современное состояние и перспективы развития тепломассообмена.

Тепломассообмен как теоретическая основа строительной теплофизики. Роль тепломассообмена в различных областях техники и охрана окружающей среды.

Основные понятия и определения.

Предмет и метод тепломассообмена. Два способа переноса в пространстве и времени различных субстанций: энергии, массы, количества движения и электрического заряда. Макроскопический перенос субстанции. Поток субстанции. Плотность потока субстанции. Поток массы и тепла. Плотность потока массы и тепла. Микроскопический перенос субстанций. Потенциалы. Поле потенциалов. Поле температур и концентраций. Изопотенциальные (изотермические, изоконцентрационные) поверхности. Стационарные и нестационарные поля потенциалов (температур, концентраций). Трехмерные, двумерные и одномерные стационарные и нестационарные поля потенциалов (температур, концентраций). Понятие о перекрестных потоках субстанций и выборе потенциалов переноса.

Законы Фурье, Фика, Ома и Ньютона.

Градиент потенциала (температуры, скорости движения, концентрации). Линейная связь между плотностью потока субстанции и градиентом соответствующего потенциала. Случаи нарушения законов переноса субстанций.

Дифференциальное уравнение энергии.

Внутренние источники тепловой энергии. Плотность внутренних источников тепла. Закон сохранения энергии для элементарного объема пространства через который протекает жидкость.

Уравнение Навье-Стокса.

Силы действующие на выделенный элементарный объем текущей жидкости. Массовые и поверхностные силы. Закон сохранения количества движения для элементарного объема пространства через который протекает жидкость.

Уравнение неразрывности.

Закон сохранения массы для элементарного объема пространства через который протекает жидкость.

Уравнение теплопроводности. Краевые условия.

Частный случай дифференциального уравнения энергии для макроскопически неподвижной среды. Геометрические и физические условия. Начальные условия. Условия сопряжения температурного поля на границе изучаемой области и ее окружения. Граничные условия 1, 2 и 3 рода. Закон теплоотдачи Ньютона. Трехмерное, двумерное и одномерное нестационарное и стационарное уравнения теплопроводности. Уравнение теплопроводности с внутренними источниками тепла.

Стационарные теплопередача и теплопроводность.

Стационарные теплопередача и теплопроводность через однослойную плоскую стенку. Многослойные плоские стенки. Стационарные теплопередача и теплопроводность через цилиндрическую однослойную стенку. Многослойные цилиндрические стенки. Критический диаметр изоляции труб. Теплопередача и теплопроводность через однослойную и многослойную сферические стенки. Стационарные теплопередача и теплопроводность плоской стенки с внутренними источниками тепла. Стационарная теплопередача и теплопроводность цилиндра с внутренними источниками тепла.

Теплопередача ребра. Оребренные стенки.

Вывод дифференциального уравнения для теплопередачи ребра постоянного поперечного сечения и его решение. Теплопередача ребра бесконечной и конечной длины.

Теплопередача при нестационарном режиме.

Теплопроводность неограниченного массива при граничных условиях 1 рода. Теплопроводность неограниченного массива при граничных условиях 2 рода. Теплопередача при охлаждении плоской стенки. Определение количества тепла, отданного стенкой в процессе охлаждения. Теплопередача при охлаждении (нагревании) бесконечно длинного цилиндра. Определение количества тепла, отданного цилиндром в процессе охлаждения. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел.

Температурные волны.

Температурные волны в полуограниченном массиве. Температурные волны в плоской стенке ограниченной толщины. Теплопроводность и теплопередача стен при распространении температурных волн.

Конвективный теплообмен.

Основные понятия и определения. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Ламинарное и турбулентное течения. Турбулентный перенос теплоты и количества движения.

Основы теории подобия и моделирования процессов конвективного теплообмена.

Общие положения. Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных. Безразмерные переменные (числа подобия) и уравнения подобия. Условия подобия физических процессов. Следствия из условий подобия. Моделирование процессов конвективного теплообмена.

Теплоотдача при свободном движении жидкости.

Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме. Теплоотдача при свободном движении в ограниченном пространстве.

Теплоотдача при внешнем обтекании тел.

Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб.

Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах.

Особенности движения и теплообмена в трубах. Участок гидродинамической стабилизации. Участок тепловой стабилизации. Теплоотдача в круглых трубах при ламинарном режиме течения. Теплоотдача в круглых трубах при турбулентном режиме течения. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах.

Теплообмен при фазовых превращениях.

Теплообмен при конденсации чистого пара. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри

труб. Теплообмен при капельной конденсации пара. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения. Кризисы кипения. Зависимость теплового потока от температурного напора.

Лучистый теплообмен.

Виды лучистых потоков. Законы Планка, Релея-Джинса, Вина, Стефана-Больцмана, Киргофа, Ламберта. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.

Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.

Основные понятия и законы. Дифференциальное уравнение массообмена. Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Тепло- и массообмен при испарении жидкости в парогазовую среду.

Теплообменные аппараты.

Классификация аппаратов. Основные положения и уравнения теплового расчета. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Противоточная схема движения теплоносителей. Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.

### **Основная литература для подготовки к экзамену:**

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергоиздат, 1981, - 415 с.
2. Кушнырев В.И., Лебедев В.И., Павленко В.А. Техническая термодинамика и теплопередача. - М.: Стройиздат, 1986, - 464 с.
3. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. - М.: Энергия, 1969. - 264 с.

### **Дополнительная литература**

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1973. - 320 с.
2. Шорин С.Н. Теплопередача. - М.: Высшая школа, 1964. - 490 с.
3. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. - М.: Энергия, 1974. - 560 с.
4. Казаков Г.М., Сухов В.В. Расчет рекуперативного теплообменного аппарата (учебное пособие). - Н.Новгород: ННГАСУ, 2001.

## **2.2. Источники и системы теплоснабжения предприятий**

Содержание разделов дисциплины

Основные элементы централизованной системы теплоснабжения; источники теплоты, тепловые сети и сооружения, местные системы теплопотребления. Тепловые потоки систем теплоснабжения:

Определение тепловых потоков на отопление. Определение тепловых потоков на вентиляцию. Определение тепловых потоков на горячее водоснабжение. Определение тепловых потоков на технологические нужды. Определение годовых расходов теплоты аналитическим методом.

Виды систем теплоснабжения:

Классификация систем теплоснабжения; централизованные, децентрализованные, закрытые, открытые, водяные, паровые.

Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения. Преимущества и недостатки закрытых и открытых водяных тепловых сетей. Регулирование отпуска теплоты. Назначение регулирования и его методы.

Основные положения по выбору способа регулирования.

Расчет графиков температур при качественном регулировании по нагрузке отопления. Расчет графиков температур воды калориферов вентиляционных систем. Расчет графиков



температур воды при двухступенчатой смешанной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения. Расчет графиков температур воды при регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Рекомендации по разработке схемы теплосети. Выбор трассы и способа прокладки тепловых сетей по территории промышленных предприятий.

Основные положения по разработке схемы теплосети. Выбор трассы и способы прокладки тепловых сетей по территории промышленных предприятий.

Гидравлический расчет водяных тепловых сетей. Гидравлический режим водяных тепловых сетей: разработка гидравлического режима водяных тепловых сетей; построение пьезометрического графика.

Подбор сетевых, подпиточных и подкачивающих насосов. Гидравлический расчет паровых сетей: гидравлический расчет паропроводов; гидравлический расчет конденсатопроводов.

Элементы теплопроводов и их расчет: трубы и арматура; компенсационные устройства. Опоры.

Паровые системы теплоснабжения: системы с возвратом конденсата; системы без возврата конденсата. Сбор и возврат промышленного конденсата. Открытая и закрытая системы сбора конденсата.

Паровые вводы предприятий. Схемы. Оборудование.

Источники тепла систем теплоснабжения. Назначение, классификация.

Промышленные котельные установки. Энергетические, экономические и экологические характеристики. Тепловые схемы промышленных котельных.

Расчет тепловых схем. Выбор основного и вспомогательного оборудования.

Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий. Назначение, классификация.

Энергетические показатели теплоэлектроцентралей. Методика расчета энергетических показателей ТЭЦ. Тепловые нагрузки ТЭЦ. Методика расчета. Тепловые схемы ТЭЦ. Разработка и расчет. Основное и вспомогательное оборудование ТЭЦ.

Теплофикационные турбины. Газовые турбины. Парогазотурбинные установки.

ТЭЦ с использованием вторичных энергоресурсов предприятий. Технико-экономические показатели.

Расчет тепловых схем ТЭЦ с утилизацией тепла от промышленных предприятий.

Конденсационные электрические станции. Технико-экономические требования. Конденсационные турбины. Основное и вспомогательное оборудование конденсационных электрических станций.

Прикладные программы расчета систем теплоснабжения.

#### **Основная литература для подготовки к экзамену:**

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для студентов ВТУЗОВ – М.: Энергоиздат, 1982.;
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для студентов вузов по направлению «теплоэнергетика»-7-е изд.,-М.:Изд-во МЭИ, 2001
3. Белоконь Н.И. Термодинамические процессы газотурбинных двигателей. - М.:Недра, 1989г.
4. Зысин В.С. комбинированные парогазовые установки и циклы – М.,1989
5. Гельтман А.Э., Будницкий Д.М., Апатовский Л.Е. Блочные конденсационные электростанции большой мощности. - М.,1990
6. Ионин А.А., Хлыбов Б.М. и др.: Теплоснабжение: учебник для Вузов – М.: Стройиздат, 1982.
7. Виноградов Ю.И., Векштейн Л.М., Соболев И.Д. Промышленное теплоснабжение. - К.: Техника, 1975г.
8. под ред. Николаева А.А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей – М.: Издательство литературы по строительству, 1965;

9. под ред. Громова Н.К., Шубина Е.П. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию – М.: Энергоиздат, 1982 ;
10. Розкин М.Я., Козуля И.Э. и др. Проектирование систем теплоснабжения промышленных узлов \_ К.: Будивельник, 1978 - 127 с.;
11. СНиП 41-02-2003 Тепловые сети / ГОССТРОЙ СССР – М.:ЦИТП, 2004-37 с.;
12. СП 41 – 101 –95 Проектирование тепловых пунктов / Минстрой России – М.; ГУП ЦПП, 1997;
13. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды – М.: недра, 1993;
14. ГОСТ 21.403 – 80 Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое. – М.: 1981.
15. 21.606 – 95 СПДС. Правила выполнения рабочей документации теплотехнических решений котельных М. МИТКС, 1995.
16. 21.605 – 82 СПДС. Сети тепловые (Тепломеханическая часть). Рабочие чертежи. – М.: Госком СССР. 1989.
17. ГОСТ 21.206 – 93 СПДС. Условные обозначения трубопроводов. – М. 1993.;
18. Стандарты предприятия (системы проектной документации): СТП ННГАСУ 1-1-98....1-7-98.

### **Дополнительная литература**

Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий: Учебник для техникумов / Голубков Б.Н., Данилов О.Л., Зосимовский Л.В. и др.; под ред. Б.Н. Голубкова – 2-е изд., перераб. – М. Энергия, 1979.-544 с.: ил.

### **2.3. Технологические энергоносители предприятий**

Структура содержания дисциплины

Обобщенное понятие о системе обеспечения энергоносителями промышленных технологических потребителей. Современные масштабы и перспективы производства и потребления энергоносителей на промышленных предприятиях. Характеристика энергоносителей. Взаимосвязи между системами в комплексе промпредприятия и между основными структурными элементами системы: генератором, коммуникацией и потребителем.

Обобщенные показатели и характеристики системы. Способы оценки эффективности системы в целом. Использование энергетических показателей в обобщенной оценке энергопотребления. Методы термодинамической и термоэкономической оценки комплексных и многоцелевых систем и их элементов.

Принципы и методика определения нагрузок по энергоносителям в системе.

Проблематика использования вторичных энергоресурсов при производстве и распределении энергоносителей.

Системы холодоснабжения

Теоретические основы холодильной техники. Характеристика потребителей искусственного холода на промышленных предприятиях по расходам и температурным уровням. Комбинированные системы холодо- и теплоснабжения.

Системы холодоснабжения с компрессионными, абсорбционными и парожетторными холодильными машинами. Области рационального использования, оценка возможностей утилизации вторичных энергоресурсов для получения холода.

Станции централизованной выработки холода, методы определения расчетной потребности в холоде отдельными установками, цехами, предприятиями. Технологические схемы холодильных станций и цехов. Оборудование холодильных станций, его назначение, конструктивное оформление, методы расчета, режимы работы.

Системы воздухоснабжения

Характеристика потребителей сжатого воздуха на предприятиях различных отраслей промышленности по расходам, режимам потребления и т.д. Требования к качеству (содер-

жание влаги, масла, пыли, температура) и надежность подачи технологического и силового воздуха. Осушка сжатого воздуха.

Определение нагрузки на компрессорную станцию, выбор типа и количества компрессоров. Использование банков данных компрессорного оборудования и оборудования систем воздухообеспечения для автоматизированного проектирования систем воздухообеспечения.

Типы компрессорных станций промышленных предприятий, выбор привода компрессоров для конкретных видов потребителей сжатого воздуха.

Компоновка компрессорной станции, электро-, масло- и водоснабжение станций. Особенности схем и компоновок крупных компрессорных станций металлургических, машиностроительных, химических и др. предприятий.

Системы обеспечения предприятий продуктами разделения воздуха

Характеристика промышленных потребителей технического и технологического кислорода, азота, аргона и др. продуктов разделения воздуха по расходам и параметрам. Показатели интенсификации производственных технологических процессов, внедрение новых технологий, снижение загрязнения окружающей среды при использовании кислорода в технологических установках промпредприятий. Требования к качеству продуктов разделения воздуха. Специфика потребления продуктов разделения воздуха, графики и режимы потребления.

Методы промышленного разделения воздуха. Сравнение показателей циклов и процессов, используемых для охлаждения и ожижения воздуха. Особенности низкотемпературного разделения воздуха на компоненты. Колонны одно- и двухкратной ректификации.

Определение потребности в продуктах разделения воздуха цехов и предприятий, алгоритмизация выбора оптимального состава и количества установок на станции с использованием банков данных по воздуходелительным установкам и вспомогательному оборудованию.

Хранение и транспортировка продуктов разделения воздуха.

Системы технического водоснабжения

Характеристика потребителей технической воды и основные направления ее использования на промышленном предприятии.

Особенности водоснабжения водоемких предприятий. Водоснабжение тепловых и атомных электростанций, металлургических предприятий, нефтеперерабатывающих заводов, предприятий химической, текстильной и пищевой промышленности.

Требования к качеству, параметрам, расходам воды систем технического водоснабжения. Дегазация, обессоливание и опреснение воды.

Методика определения потребности в воде на технологические, противопожарные, хозяйственные нужды отдельных цехов и предприятий с учетом реальных графиков водопотребления.

Классификация схемы, состав оборудования, области применения, режимы работы систем производственного водоснабжения. Обратные и бессточные системы водоснабжения как средство снижения энергозатрат на водопотребление и уменьшение загрязненности окружающей среды. Определение расчетных расходов и давлений для проектирования основных установок и сооружений в прямоточных и оборотных системах водоснабжения.

Устройство, принцип работы и основы расчета охлаждающих устройств систем технического водоснабжения (охладительные пруды, брызгательные бассейны, градирни и др.).

Системы газоснабжения

Масштабы потребления газа современными промышленными предприятиями. Газовый баланс предприятия. Характеристики естественных и искусственных газов, определение расчетной потребности в газе для конкретного потребителя.

Подземные и наземные газопроводы. ГРП и ГРУ, газооборудование производственных установок, системы автоматики и КИП. Нормы давления газа, газогорелочные устройства, учет расхода газа и его рациональное использование, гидравлический расчет газопроводов. Газоснабжение сжиженными газами. Материалы и технические изделия, применяемые при

сооружении газопроводов.

#### **Основная литература для подготовки к экзамену:**

1. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. - М.: Энергоиздат, 1981. - 320 с.
2. Курылев Е.С., Герасимов Н.А. Холодильные установки. - Л.: Машиностроение, 1970. - 672 с.
3. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. - М.: Энергия, 1972. - 320 с.
4. Пневматические устройства и системы в машиностроении. Справочник /Е.В. Герц, А.И. Кудрявцев, О.В. Ложкин и др. - М.: Машиностроение, 1981. - 408 с.
5. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. Т.1 / Под ред. В.И. Епифановой и Л.С. Аксельрода. - М.: Машиностроение, 1973. - 470 с.
6. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995.- 688 с.
7. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. - М.: Стройиздат, 1988. - 397 с.
8. Ионин А.А. Газоснабжение. - М.: Стройиздат, 1981. - 414 с.
9. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.А. Стаскевич, Г.Н. Северинец, Д.Я. Вигдорчик. - Л.: Недра, 1990. - 761 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Свердлов Г.С., Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. - М.: Пищевая промышленность, 1978. - 127 с.
2. Халецкий М.М. Отопление, вентиляция и холодоснабжение предприятий черной металлургии. - М.: Металлургия, 1973. - 240 с.
3. Борисов Б.Г., Калинин Н.В. и др. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий. - М.: МЭИ, 1989.
4. Дыскин Л.М. Вихревые термостаты и воздухоосушители. - Н.Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 1991. - 85 с.
5. Карабин А.И. Сжатый воздух. - М.: Машиностроение, 1964. - 343 с.
6. Будневич С.С. Процессы глубокого охлаждения.- М.-Л.: Машиностроение, 1966.- 260с.
7. Справочник / А.М. Бакластов, В.М. Бродянский, Б.П. Голубев и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 552 с.
8. Андоньев С.М., Жильцов В.М. и др. Особенности промышленного Теплотехнический справочник / Под ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. Т.1. - М.: Энергия, 1975. - 744 с.
9. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. водоснабжения / Под. ред. С.М. Андоньева. - Киев: Будевильник, 1967. - 255 с.
10. Борисов Б.Г., Калинин Н.В. и др. Системы водоснабжения промышленных предприятий. - М.: МЭИ, 1988.
11. Равич М.Б. Газ и эффективность его использования в народном хозяйстве. - М.: Недра, 1987. - 238 с.
12. Шанин Б.В. и др. Энергосбережение и охрана воздушного бассейна при использовании природного газа. - Н. Новгород: ГИПП "Нижполиграф", 1999 - 384 с.

## **2.4. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях**

Структура содержания дисциплины

Нормативно-техническая база энергосбережения. Актуальность энергосбережения в РФ.

Топливо-энергетический баланс промпредприятий. Способы получения балансов. Сопоставление балансов. Энергетические балансы. Топливо-энергетический баланс предприятий сельского хозяйства.

Вторичные энергоресурсы, их виды. Выявления ВЭР и целесообразность их использования. Способы утилизации ВЭР.

Воздухоподогреватели для нагрева воздуха. Основы регенеративного теплоиспользования, теплотехнические и эксплуатационные характеристики регенераторов. Условия эффективной работы металлических рекуператоров.

Парогенераторы на отходящих газах. Расчет котлов-утилизаторов. Классификационная группировка.

Контактные экономайзеры, принцип действия и конструкция. Техничко-экономические показатели.

Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Снижение расчетных потерь теплоты зданиями. Системы газо-воздушного лучистого отопления. Комбинированные системы лучистого отопления и вентиляции.

Тепловые насосы, тепловые трубы, конструкции, расчет, области применения.

#### **Основная литература для подготовки к экзамену:**

1. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1981.
2. Преображенский Н.И. Контроль за рациональным использованием газа. – Л.: Недра, 1983 г.
3. Шанин Б.В. и др. Энергосбережение и охрана воздушного бассейна при использовании природного газа, Н. Новгород, 1998.
4. Федеральный закон Российской Федерации «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» №261-ФЗ от 23.11.2009 г.

#### **Дополнительная литература:**

1. Равич М.Б. Газ и эффективность его использования в народном хозяйстве. – М.: Недра, 1987 г.
2. Богословский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1983.
3. Тебеньков Б.П. Рекуператоры для промышленных печей. – М.: Металлургия, 1975.
4. Григорьев В.Ф. и др. Утилизация низкопотенциальных тепловых вторичных энергоресурсов на химических предприятиях. – М.: Химия, 1987.
5. Колобков П.С. Использование тепловых вторичных энергоресурсов в теплоснабжении. – Харьков: Основа, 1991.
6. Мезенцев А.П. Эффективность применения утилизаторов теплоты в огнетехнических агрегатов. – Л.: Недра, 1987.

### 3. Правила проведения вступительных испытаний

1. Для получения экзаменационного билета и экзаменационных бланков абитуриент предъявляет экзаменационный лист, полученный в технической комиссии, и документ, удостоверяющий личность.
2. Каждый экзаменационный билет содержит до 4 вопросов (как правило, 1 вопрос по каждой дисциплине, включённой в комплексный экзамен).
3. На выполнение всех заданий отводится 3 часа (180 минут).
4. На все вопросы даются аргументированные развернутые ответы.
5. Предварительные записи и чистовые ответы производятся только на вкладышах экзаменационных бланков вуза установленного образца, выдаваемых каждому абитуриенту вместе с экзаменационным билетом.
6. При заполнении титульного листа и написании экзаменационной работы абитуриенты могут использовать только синие, фиолетовые, черные чернила или пасты.
7. На вступительных испытаниях должна быть обеспечена спокойная и доброжелательная обстановка, предоставлена возможность поступающим наиболее полно проявить уровень своих знаний и умений.
8. Абитуриентам запрещается иметь при себе и использовать средства связи и электронно-вычислительной техники, за исключением случаев, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации.
9. При несоблюдении порядка проведения вступительных испытаний члены приемной комиссии, экзаменационной комиссии, проводящие вступительное испытание, вправе удалить поступающего с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении. В случае удаления поступающего с вступительного испытания вуз возвращает поступающему принятые документы.

### 4. Правила оценивания работ абитуриентов

Итоговая оценка за работу определяется как среднее арифметическое баллов, полученных за каждый вопрос билета (отношение суммы полученных баллов к количеству вопросов в билете). Ответ на каждый теоретический или практический вопрос (решение задачи) в билете оценивается отдельно по 100-балльной шкале. Если полученный итоговый балл не является целым числом, производится округление до ближайшего большего целого (при наличии пяти или более десятичных долей) или до ближайшего меньшего целого (при наличии четырех или менее десятичных долей). Минимальный итоговый балл, подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний, – 40 баллов.

*Шкала оценивания ответов на теоретические вопросы билета:*

1. Оценка «сто» выставляется за полный содержательный ответ, аргументированный фактическим и цифровым материалом, логичное изложение теоретических знаний и умение их применять для решения практических задач. Ответ содержит правильно сформулированные выводы и полное, обоснованное заключение.
2. Оценка от «девяти до одного» ставится, если ответ в полном объеме удовлетворяет всем указанным в п.1 критериям, но присутствует один незначительный недочёт.
3. Оценка от «восемь до одного» до «девяти» ставится, если ответ в полном объеме удовлетворяет всем указанным в п.1 критериям, но присутствует два незначительных недочёта.
4. Оценка от «семь до одного» до «восемь» выставляется за полный содержательный ответ по всем вопросам билета, но недостаточное подтверждение изложенного материала статистическими и практическими данными, отсутствие глубины по-

нимания теоретического материала и его применения для решения профессиональных задач. При формулировке выводов и заключения отсутствует их логическая последовательность и аргументированность.

5. Оценка от «шестидесяти одного» до «семидесяти» ставится, если ответ удовлетворяет большинству указанных в п.4 критериям и присутствуют два недочёта.

6. Оценка от «пятидесяти одного» до «шестидесяти» ставится за неполный ответ на поставленные в билете вопросы, недостаточно глубокое владение теоретическим материалом, незнание современного фактического материала, неспособность аргументировать свои выводы статистическими и практическими данными.

7. Оценка от «сорока» до «пятидесяти» ставится, если работа удовлетворяет большинству указанных в п.6 критериям при наличии 3 недочётов.

8. Оценка от «одного» до «тридцати девяти» ставится, если содержание вопросов экзаменационного билета не раскрыто. Содержание ответов свидетельствует о недостаточных знаниях абитуриента и его неумении решать теоретические и профессиональные задачи, соответствующие выбранной им квалификации.

9. Оценка «ноль» ставится, если абитуриент не приступал к изложению вопроса.

*Шкала оценивания ответов на практические вопросы билета (задачи):*

1. Оценка «сто» выставляется, если практическое задание (задача) решено полностью с соблюдением необходимой последовательности действий, в решении задания правильно и аккуратно выполнены все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, требующиеся для решения задания, выполнены все необходимые вычисления, ответ содержит правильно сформулированный вывод.

2. Оценка от «восемидесяти одного» до «девятидесяти девяти» ставится, если практическое задание (задача) решено полностью и удовлетворяет большинству критериев, указанных в п.1, но присутствуют один или два незначительных недочёта, не влияющих на общий ход решения.

3. Оценка от «шестидесяти одного» до «восемидесяти» ставится, если ответ в полном объеме удовлетворяет всем указанным в п.2 критериям, но присутствует один существенный недочёт, влияющий на правильность и полноту изложения хода решения задачи, а также на правильность вывода.

4. Оценка от «сорока» до «шестидесяти» ставится при наличии неполного решения задачи, однако объем выполненной части позволяет сделать верные или частично верные выводы. В решении могут быть существенные ошибки (в том числе вычислительные) при наличии содержательных продвижений. При формулировке вывода и заключения нарушена их логическая последовательность и аргументированность изложения.

5. Оценка от «одного» до «тридцати девяти» баллов ставится, если задача не решена или задачу нельзя считать в целом решенной, так как присутствуют грубые ошибки, нарушена логика изложения решения задачи, дан неверный вывод или ответ.

6. Оценка «ноль» ставится, если абитуриент не приступал к решению задачи.