

## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ**

по направлению подготовки 2.1 – Техника и технологии строительства

направленность программы 2.1.3 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

### **СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

#### **Тема 1. Теоретические основы создания микроклимата в помещениях**

Положение и роль теплофизики в строительной науке. Виды теплообмена и элементы помещения, участвующие в нём. Система уравнений общего теплообмена в помещении. Радиационная температура, Условия комфортности тепловой обстановки в помещении. Температура помещения. Степень дискомфорта. Оптимальные и допустимые условия в помещении. Теплопередача через строительные ограждения. Методы повышения теплоустойчивости ограждений. Воздушный режим здания.

Влажностно-тепловой режим зданий и ограждающих конструкций. Характеристика процессов влагопереноса в наружных ограждениях; коэффициент паропроницаемости, сопротивление паропроницанию многослойных ограждений. Конденсация на поверхности и в толще ограждения. Методика расчета влажностного состояния ограждений. Пути повышения влагозащитных свойств ограждающих конструкций зданий.

Приточные струи - один из основных факторов, определяющих микроклимат помещения при воздушном отоплении, вентиляции и кондиционировании воздуха. Классификация струйных течений.

Воздух - рабочее тело вентиляционных процессов. Химический состав воздуха. Свойства влажного воздуха. Основные термодинамические характеристики: плотность, влагосодержание, относительная влажность, теплоемкость, энтальпия. I-d диаграмма влажного воздуха, ее построение. Изображение процессов изменения тепловлажностного состояния воздуха на диаграмме. Луч процесса и угловой коэффициент. Изображение на I-d диаграмме процессов тепло- и влагообмена воздуха с водой. Методы расчета

воздухообмена. Уравнение балансов воздуха и вредных выделений в вентилируемом помещении. Тепловой баланс помещения. Явное, скрытое и полное тепло. Источники выделения и определение количества влаги, вредных газов и паров, пыли. Определение воздухообмена в помещениях.

### **Тепло- и массообмен в системах обеспечения микроклимата.**

Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, коэффициент теплопроводности. Закон Фурье. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Сопротивление теплопередачи. Конвективный перенос теплоты, плотность теплового потока, коэффициент теплоотдачи и факторы, определяющие его значение. Уравнение Ньютона. Влияние гидравлической структуры потока на интенсивность теплоотдачи.

Теория подобия в конвективном теплообмене. Физическая сущность теплового излучения. Лучистый поток, плотность потока излучения, интегральное и монохроматическое излучение. Законы теплового излучения: законы Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта, понятие абсолютно черного, серого тела, степень черноты. Основные положения расчета теплообмена между газовой средой и стенками. Сложный теплообмен. Классификация теплообменных аппаратов, основы теплового расчета теплообменников рекуперационного типа: уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, водяной эквивалент, средний логарифмический температурный напор. Конструктивный и поверочный расчет теплообменников

### **Рекомендуемая литература:**

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. - М.: СП «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД». 2006.
2. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. Учебное пособие для вузов. - М.: Стройиздат, 1979.-295с.
3. Логачев К.И. Аэродинамика всасывающих факелов. Изд-во БелГТАСМ, - 2000.
4. Очистка воздуха. Учебное пособие. Штокман Е.А. – М: изд-во АСВ, 1998 – 320с.
5. Основы гидравлики и теплотехники. Учебное пособие. СПб. Изд-во «Лань», 2014г
6. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов. М., Стройиздат, 1980.
7. Обеспыливающая вентиляция: монография, т.2 / Под общей редакцией В.А. Минко.- Белгород: изд-во БГТУ.2010.-565с.

## Тема 2. Отопление

Анализ развития систем отопления в России и мировое значение. Классификация систем отопления. Местные и централизованные системы отопления. Структурные схемы систем. Сравнение и область применения основных систем водяного, парового и воздушного отопления. Зависимые и независимые присоединения системы к наружному теплопроводу. Подача и давление насосов в системе отопления. Выбор насосов, конструкция насосов, подбор насосов. Водоструйные элеваторы. Схема действия элеватора, расчет диаметра горловины и сопла элеватора. Определение разности давлений для элеватора. Перемещение и удаление воздуха из системы. Локализация воздушных скоплений в системах. Централизованные и местные удаления воздуха. Арматура для удаления воздуха. Характеристика основных теплоносителей для отопления. Расчет естественного циркуляционного давления в вертикальных и горизонтальных однотрубных и двухтрубных системах. Естественное давление в малых циркуляционных кольцах. Расчетное и циркуляционное давление в насосах вертикальных и горизонтальных однотрубных и двухтрубных системах отопления с учетом их тепловой устойчивости. Задачи и принципы гидравлического расчета. Участие и циркуляция кольца системы. Тепловая нагрузка и расход воды на участке. Коэффициент гидравлического трения, к.м.с. в системах отопления. Значение к.м.с. для арматуры, приборов. Особенности теплогидравлического расчета труб и приборов. Потери давления при низкой скорости и неизотермическом течении воды. Квартирные системы отопления. Схемы двухтрубных и однотрубных систем. Предварительный гидравлический расчет. Тепловой расчет труб. Уточненный гидравлический расчет. Особенности расчета площади приборов.

**Паровое отопление.** Классификация, область применения парового отопления. Схемы замкнутых и разомкнутых систем парового отопления. Удаление попутного конденсата. Запорно-регулируемая арматура. Оборудование систем, водоотделение, редукционные клапаны, гидравлические затворы, конденсатоотводители, конденсационные баки, конденсационные насосы, предохранительные приспособления, предохранительные клапаны. Выбор давления пара, гидравлический расчет паропроводов низкого и высокого давления. Гидравлический расчет самотечных напорных, двухфазных конденсатопроводов.

**Воздушное отопление.** Область применения. Характеристика воздушного отопления. Местное и центральное воздушное отопление. Полная и частичная рециркуляция воздуха. Прямоточные системы. Утилизация теплоты выбросного воздуха. Местное воздушное отопление. Отопительные агрегаты, рециркуляционные воздухонагреватели. Кратность воздухообмена в

помещениях при воздушном отоплении. Тепловой и аэродинамический расчеты рециркуляционного воздухонагревателя. Центральное воздушное отопление. Особенности конструирования, принцип теплового расчета воздухопроводов, расчеты аэродинамической устойчивости вертикальных систем воздушного отопления многоэтажных зданий.

**Печное отопление.** Техничко-экономическая характеристика. Область применения. Требования к отопительным печам. Достоинства и недостатки печного отопления. Размещение печей в помещении. Классификация печей по теплоносителю, по движению газов, по материалу. Классификация дымовых труб. Конструкции печей, печных топливников. Теплостойкие печи. Кирпичные и блочные печи. Правила устройства печей, дымоходов и дымовых труб. Противопожарные мероприятия.

**Панельно-лучистое отопление.** Система панельно-лучистого отопления. Особенности, область применения. Средняя температура поверхности ограждений помещения. Особенности теплообмена в помещениях. Конструкции отопительных панелей. Металлические и бетонные панели. Потолочные, напольные, стеновые панели. Греющие элементы панелей. Теплоносители и схемы систем панельного отопления. Расчетная температура теплоносителя. Использование низкотемпературного теплоносителя. Площадь и температура отопительных панелей. Определение площади нагревательной поверхности. Особенности проектирования и монтажа систем панельного отопления.

**Электрическое отопление.** Общие сведения: определение. Классификация. Преимущества и недостатки. Сравнение коэффициентов использования топлива систем с различными источниками теплоснабжения. Область применения. Электрические отопительные приборы, их классификация.

**Особенности эксплуатации систем отопления.** Режимы работы систем отопления. Теплопотребность здания в эксплуатационных условиях. Тепловая и гидравлическая устойчивость системы отопления. Переменный тепловой режим работы системы водяного отопления, его количественная оценка. Регулирование системы отопления: пусковое, эксплуатационное. Современные способы регулирования (принципы, схемы). Реконструкция систем отопления. Изменение вида теплоносителя и конструкции системы. Техническое обслуживание системы отопления.

**Энергосбережение при отоплении.** Источники природной и сбросной теплоты для систем отопления. Классификация, характеристика. Солнечная энергия. Системы солнечного отопления. Определения, классификация. Пассивные системы солнечного отопления. Схемы, устройство, цели и задачи расчета, основные расчетные зависимости. Активные системы солнечного

отопления. Принципиальная схема, основные конструктивные элементы. Гелиоприемники. Классификация, устройство, конструктивные характеристики, расчетные зависимости. Теплоаккумуляторы. Классификация. Устройство. Характеристика теплоаккумулирующих материалов. Расчет теплоаккумуляторов. Тепловой насос. Устройство, расчетные зависимости. Схемы активных систем солнечного отопления. Системы отопления, использующие сбросную теплоту различных энергоисточников (ВЭР). Классификация, устройство, принципиальные схемы, расчет.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. Учебник для вуза. - М.: Стройиздат, 1991.
2. Справочник проектировщика «Внедрение санитарно-технического устройства», Часть 1 «Отопление». Под ред. Староверова И.Г. и Шиллера Ю.И., 4-е издание, - М.: Стройиздат, 1990.
3. Грудзинский М.И., Ливчак В.И., Поз М.Я. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности. М.: Стройиздат, 1982.
4. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. - М.: Стройиздат, 1981.
5. Справочник. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Русланов Г.В., Розкин М.Я., Ямпольский Э.Л. - Киев, Будивельник, 1983.

### **Тема 3. Теплоснабжение и вентиляция гражданских и промышленных зданий.**

#### **Системы теплоснабжения.**

Классификация потребителей теплоты: коммунально-бытовые, промышленные, сезонные и круглогодичные потребители. Определение максимально часовых, среднечасовых и годовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий. Удельные тепловые характеристики зданий и показатели максимальных удельных тепловых потоков на коммунально-бытовые нужды. Структурная схема системы теплоснабжения, ее основные элементы и функциональные задачи. Классификация систем теплоснабжения. Технико-экономические принципы выбора системы теплоснабжения и вида теплоносителя. Водяные тепловые сети. Закрытые и открытые системы теплоснабжения, их достоинства и недостатки. Причины преимущественного распространения двухтрубных водяных систем. Паровые системы теплоснабжения: схемы систем, область применения, схемы сбора конденсата.

## **Конструкция и оборудование тепловых сетей.**

Принципиальные схемы присоединения местных систем теплоснабжения зданий к водяным тепловым сетям. Независимое и зависимое присоединение систем отопления. Схемы и условия применения совместного присоединения местных систем отопления и горячего водоснабжения с несвязанным и связанным отпуском тепла. Районные, центральные (ЦТП) и индивидуальные (ИТП) тепловые пункты, их назначение и область применения. Тепловой расчет тепловых сетей. Определение экономической толщины тепловой изоляции. Устройство и оборудование теплофикационных камер и узлов трубопроводов. Монтажная схема, план и профиль тепловых сетей.

**Регулирование отпуска тепла.** Сущность и задачи регулирования отпуска теплоты. Теоретические основы и виды регулирования отпуска тепла: центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование. Основные методы регулирования отпуска тепла: качественное, количественное, качественно-количественное и прерывистое регулирование. Центральное качественное регулирование отпуска теплоты по отопительной нагрузке. Расчет и построение температурного графика. Центральное регулирование отпуска теплоты по суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

## **Гидравлический расчет тепловых сетей.**

Задачи, теоретическое обоснование и сущность методики инженерного гидравлического расчета разветвленных водяных тепловых сетей. Определение максимальных часовых расчетных расходов сетевой воды, диаметров теплопроводов и потерь напора. Особенности гидравлического расчета паро- и конденсатопроводов. Гидравлический режим и надежность работы тепловых сетей: основные понятия и определения. Методика построения пьезометрического графика: статический и динамический режимы, требования к располагаемым напорам у потребителей, определение требуемых напоров сетевых и подпиточных насосов. Особенности пьезометрических графиков при сложном рельефе местности. Насосные и дросселирующие станции. Гидравлическая устойчивость тепловых сетей.

## **Системы горячего теплоснабжения.**

Назначение, требования к качеству работы, разновидности систем горячего водоснабжения. Схемы систем и их основные элементы. Оборудование систем горячего водоснабжения. Определение расчетных расходов воды, гидравлический расчет внутренних систем горячего водоснабжения. Методика выбора схемы включения, расчет тепловых схем водонагревательных установок. Квартальные системы горячего водоснабжения и их расчет. Схемы включения и подбор циркуляционных насосов.

## **Основы эксплуатации тепловых сетей.**

Основные понятия и показатели надежности теплоснабжения. Технологическая постановка оценки надежности теплоснабжения. Нормативы надежности. Методика расчета надежности систем. Пути повышения надежности тепловых сетей. Секционирование и резервирование.

## **Технико-экономические показатели систем теплоснабжения.**

Основные виды энергии, используемые для теплоснабжения. Виды источников тепла для теплоснабжения: паровые, газотурбинные, атомные ТЭЦ, крупные районные котельные с паровыми и теплофикационными водогрейными котлами. Нетрадиционные источники тепла: геотермальные станции, установки использования вторичных энергоресурсов, тепловые насосы. Перспективы и области применения. Основы методики технико-экономических расчетов систем теплоснабжения. Современные тенденции в оценке технико-экономической эффективности систем теплоснабжения, их оптимизации и выборе оптимального проектного варианта.

## **Вентиляция гражданских и промышленных зданий.**

Вентиляционная система. Классификация вентиляционных систем по назначению и способу побуждения движения воздуха. Виды вентиляционных систем и область их применения. Воздушный режим здания. Внутренняя, краевая и внешняя задачи воздушного режима здания. Организация и схемы воздухообмена в помещениях. Виды естественной вентиляции: инфильтрация, проветривание, аэрация, канальная естественная вентиляция. Механическая вентиляция: приточная и вытяжная. Системы вентиляции с применением кондиционирования воздуха и рециркуляции. Основные элементы вентиляционных систем различного назначения. Нормативные документы на проектирование вентиляции. Вентиляция жилых зданий, детских учреждений, учебных заведений, лечебно-профилактических учреждений, Административных зданий, предприятий общественного питания и коммунального хозяйства, театров, кинотеатров и клубов. Основное вентиляционное оборудование: вентагрегаты, калориферы, фильтры, теплоутилизаторы. Устройства для забора воздуха. Приточные и вытяжные камеры, их размещение. Оптимальное число вентиляционных установок в здании.

**Очистка приточного воздуха от пыли.** Воздушные фильтры, применяемые для очистки наружного и рециркуляционного воздуха, их классификация. Основные показатели работы фильтров. Сухие и смоченные пористые фильтры, самоочищающиеся фильтры, фильтры для тонкой и сверхтонкой очистки воздуха, ткань Петрянова. Преимущества и недостатки различных типов фильтров.

## **Нагревание и охлаждение воздуха.**

Классификация калориферов. Конструкции различных типов калориферов. Установка калориферов. Способы регулирования температуры приточного воздуха. Расчет калориферов. Коэффициент теплопередачи и аэродинамическое сопротивление калориферов. Защита калориферов от замерзания. Использование теплоты уходящего воздуха для нагревания приточного воздуха. Основные принципы охлаждения воздуха в поверхностных теплообменниках.

## **Аэродинамический расчет вентиляционных систем.**

Воздуховоды. Потери давления на трение в вентиляционных воздуховодах. Виды эквивалентных диаметров прямоугольных воздуховодов. Потери давления в местных сопротивлениях. Взаимное влияние фасонных частей. Распределение давлений в системах вентиляции. Прямая и обратная задачи аэродинамических расчетов разветвленных вентиляционных систем. Существующие методы расчета: удельных потерь давления, эквивалентных сопротивлений, перемещения единицы объема и др. Аэродинамический расчет систем вентиляции общего назначения с механическим и естественным побуждением движения воздуха. Увязка давлений в ответвлениях. Влияние механических примесей на потери давления в воздуховодах систем аспирации и пневмотранспорта. Подбор вентилятора. Характеристика сетей. Расчет равномерной раздачи и равномерного всасывания. Экономичность применения круглых воздуховодов по сравнению с прямоугольными.

## **Воздухораспределители для подачи приточного воздуха.**

Конструкции воздухораспределительных устройств. Основные способы подачи приточного воздуха. Аэродинамические и тепловые характеристики воздухораспределителей. Распределение скоростей и температур в рабочей зоне помещения при различных способах подачи приточного воздуха: непосредственно в рабочую зону затухающими в ней струями, поступающими в рабочую зону под углом; струями, поступающими в рабочую зону вертикально. Расчет воздухораспределения по прямому и обратному потокам.

## **Системы местной вытяжной вентиляции.**

Основные сведения о местной вытяжной вентиляции. Назначение, основные требования и классификация местных отсосов. Открытые, полуоткрытые и полностью закрытые отсосы. Вытяжные шкафы, их типы. Окрасочная камера, рекомендуемые скорости воздуха в рабочих проемах. Бортовые отсосы, область применения.. Определение количества удаляемого воздуха и расхода воздуха для передувки. Вытяжные зонты. Конструкция зонтов, область применения.. Определение объемов удаляемого воздуха. Активированные местные отсосы, их значение, конструкции и расчет. Защитно-обеспыливающие кожухи и воздухоприемники, их расчет.



### **Обеспыливающие системы.**

Характеристика источников пылевыведения. Общая характеристика технологий по переработке сыпучих материалов. Принципиальные схемы цепи аппаратов дробильных, обогатительных, агломерационных и окомковательных фабрик ГОКов. Механизм пылеобразования. Интенсивность пылевыведений и факторы ее определяющие. Расчет производительности аспирационных установок. Основные принципы расчета производительности местных отсосов. Современные алгоритмы и программы расчета объемов аспирации для перегрузочных узлов. Проектирование систем аспирации. Оптимальные схемы аспирации конусных, щековых дробилок и грохотов. Определение концентрации и дисперсного состава пыли в аспирируемом воздухе. Выбор пылеуловителя. Аспирационные системы. Элементы сети воздухопроводов и принципы проектирования. аэродинамический расчет сети аспирационных воздухопроводов.

### **Пневматический транспорт материалов.**

Общие сведения. Классификация пневмотранспортных систем. Перемещение частиц материала в потоке воздуха, скорости витания, трогания и транспортирования. Внутрицеховые системы пневмотранспорта древесных отходов. Коллекторные и разветвленные системы. Межцеховые системы пневмотранспорта материалов и отходов. Оборудование пневмотранспортных установок (приемные устройства и питатели, трубопроводы и арматура, разгрузители и пылеотделители, воздушные машины). Расчет внутрицеховых систем пневмотранспорта.

### **Вентиляторы и насосы.**

Вентиляторы. Классификация вентиляторов. Центробежные вентиляторы. Характеристики центробежных вентиляторов (подача, давление, расходуемая мощность и КПД). Регулирование подачи. Осевые вентиляторы. Характеристика сети. Построение характеристики простого и сложного трубопроводов. Давление нагнетателя работающего в сети. Метод наложения характеристик, рабочая точка. Особенности определения рабочей точки для отопительно-вентиляционных систем и систем аспирации и пневмотранспорта. Работа нагнетателя на сеть с постоянным давлением или разрежением. Регулировка подачи нагнетателей. Совместная работа нагнетателей. Насосы в системах теплоснабжения. Выбор сетевых и подпиточных насосов. Насосные станции. Насосы систем водяного отопления.

### **Защита воздушного бассейна от загрязнений промышленными выбросами.**

Общие сведения. Пыль и ее свойства. Классификация пылеуловителей, степень очистки. Сухие пылеуловители. Гравитационные и инерционные

пылеуловители. Центробежные пылеуловители-циклоны. Батарейные циклоны. Мокрые пылеуловители. Скрубберы. Центробежные пылеуловители. Турбулентные газопромыватели (скрубберы Вентури). Очистка газов фильтрацией. Тканевые и зернистые фильтры. Электрическая очистка газов. Физические основы, устройство электрофильтров. Индивидуальные пылеулавливающие агрегаты. Общие сведения об очистке от газообразных примесей. Абсорберы и адсорберы. Выбор пылеуловителей, применение многоступенчатой очистки. Эксплуатация систем пылеулавливания. Требования к очистке атмосферного воздуха, нормирование загрязнения атмосферы. Классификация источников выбросов вредных веществ. Расчет распространения вредных веществ в атмосфере.

### **Конструктивные решения систем механической вентиляции промышленных зданий.**

Назначение воздушных душей. Нормы температуры и скорости движения воздуха при душировании. Конструктивное выполнение воздушных душей, воздухораспределители для воздушного душирования (душирующие патрубки). Расчет воздушных душей. Воздушные завесы периодического и постоянного действия. Расчет воздушных завес шиберующего и смесительного типа. Выбор места размещения приточных и вытяжных установок. Установки для использования ВЭР (теплоутилизаторы). Противопожарные требования.

### **Борьба с шумом и вибрацией в вентиляционных системах.**

Звук, его природа. Физические и физиологические показатели оценки звука. Источники возникновения шума, аэродинамический и механический шум. Путь распространения шума, создаваемого вентиляционной установкой. Мероприятия по снижению уровня звукового давления. Конструкции шумоглушителей. Виброизоляция вентиляционных установок.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция.- М.: Стройиздат, 1991.
2. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы: Учебн. для вузов. -М.: Стройиздат, 1990.
3. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справочное пособие / Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П. Титов и др. -М.: Стройиздат, 1990.-624с.
4. Красовицкий Ю.В., Маликов А.М., Дуров В.В. Обеспыливание промышленных газов в фаянсовом производстве. -М.: Химия, 1994.
5. Минко В. А., Логачев И.Н. Расчет аспирации и систем ЦПУ. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине

«Промышленная вентиляция и пневмотранспорт» для студентов специальности 170509. - Белгород, БТИСМ, 1994.

6. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы: Учебн. для вузов. -М.: Стройиздат, 1990.

7. Ильина Т.Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей: Учебное

Пособие.- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005.- 192с.

#### **Тема 4. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение.**

**Санитарно-гигиенические и технологические основ кондиционирования.** Факторы, определяющие внутренние условия кондиционируемых помещений зданий различного назначения. Расчётные внутренние условия кондиционируемых помещений. Характеристика и расчётные параметры наружного климата для систем кондиционирования воздуха. Требования к системам кондиционирования воздуха. Определение требуемого для СКВ количества наружного воздуха и выбор схем организации воздухообмена. Структурная схема системы кондиционирования воздуха. Классификация систем кондиционирования воздуха.

**Термодинамические свойства влажного воздуха и процессы изменения его состояния в системах КВ.**

Свойства влажного воздуха. J-d-диаграмма влажного воздуха. Построение на J-d диаграмме процессов применения состояния влажного воздуха. Процессы нагрева и охлаждения политропические процессы тепло- и влагообмена. Процессы тепло- и влагообмена между воздухом и водой влажным воздухом и твёрдыми сорбентами. Аэроионный режим воздушной среды. Термодинамика состояния рабочих сред тепло- и массообменных аппаратов кондиционирования. Физико- математические описания задачи тепло- и массоперенос в рабочих средах. Виды и модели тепло- и массопередачи в аппаратах кондиционирования. Безразмерные параметры и обобщённые характеристики процесса тепло- и массопередачи в аппаратах кондиционирования воздуха.

**Основные процессы кондиционирования воздуха.**

Методы на основе аналитических решений. Инженерные методы расчёта: метод НИИ санитарной техники, метод. ВНИИ кондиционера, метод на основе обменных коэффициентов. Общие сведения о способах тепловлажностной обработки кондиционируемого воздуха. Кондиционирование воздуха на основе применения адиабатного охлаждения. Кондиционирование воздуха в холодный и тёплый период года. Процессы вентиляции и кондиционирования воздуха в смежных помещениях с различным характером выделения вредных веществ.

**Центральные и местные системы КВ.**

Контактные аппараты для обработки воздуха в УКВ. Устройство поверхностных теплообменников и методы их расчёта. Устройства для очистки, регулирования и перемещения воздушного потока. Местные СКВ на базе неавтономных УКВ. Местные СКВ на базе испарительных кондиционеров, автономных кондиционеров.

### **Кондиционеры сплит-систем, с чиллерами и фанкойлами.**

Классификация и основные технические характеристики кондиционеров сплит-систем. Конструкция и основные режимы работы кондиционера. Адаптация кондиционеров Delonghi к низким температурам наружного воздуха. Многозональные системы с изменяемым расходом хладагента. Общие сведения, состав, принцип работы, область применения. Конструкция чиллеров, система управления, принципиальная схема, насосные станции. Фанкойлы, их типы. Расчет системы холодоснабжения фанкойлов.

### **Холодоснабжение систем кондиционирования воздуха**

Структурные схемы и классификация источников холодоснабжения СКВ. Природные и искусственные источники холода. Конструктивные особенности и принцип работы парокомпрессионных холодильных машин. Комбинированная схема охлаждения воздуха. Тепловые насосы в системах создания микроклимата помещений.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Богословский В.Н. и др. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. -М.: Стройиздат, 1985г., -367с.
2. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д. и др. Системы вентиляции и кондиционирования, теория и практика. Учебное пособие. -М.: «Евроклимат», издательство «Арина» 2000г., -416с.
3. Баркалов В.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. Изд. 2-е -М.: Стройиздат, 1982г. -312с.
4. Ильина Т.Н. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: учеб. пособие. –Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.- 165с.

### **Тема 5. Горючие газы.**

Газоснабжение и его место в топливно-энергоснабжении городов и промышленности. Развитие газовой промышленности и газоснабжения в России. Основные направления использования газа. Состав газообразного топлива. Классификация горючих газов. Горючие газы, используемые для газоснабжения городов и промышленных предприятий. Основные свойства и требования, предъявляемые к горючим газам. Характеристики газовых месторождений России. Газовые скважины, их бурение и устройство. Газы

конденсатных месторождений, особенности их добычи. Схема магистрального газопровода и его сооружений. Подземные хранилища. Требования к коллекторам подземных хранилищ.

### **Городские системы газоснабжения.**

Схемы городских систем газоснабжения. Классификация газопроводов. Условия присоединения потребителей к газовым сетям. Системы с кольцевыми и тупиковыми газовыми сетями. Особенности проектирования систем при реконструкции. Трубы, материалы труб, сортамент, отключающие устройства, арматура и оборудование газопроводов. Устройство и конструкции наружных газопроводов. Основные правила прокладки газопроводов различных давлений. Подземные и наземные газопроводы. Защита газопроводов от коррозии. Коррозионные свойства грунта и их определение. Изоляция газопроводов. Электрические методы защиты газопроводов от коррозии.

### **Потребление газа.**

Основные категории потребителей и методы расчета потребляемого ими газа. Соотношение между объемами газа, потребителями различными категориями потребителей. Использование подземных хранилищ, потребителей-регуляторов, резервов пропускной способности газотранспортных систем установок пропанбутановоздушных смесей и сжиженных природных газов, аккумулирующей емкости и магистральных газопроводов. Определение расчетных расходов газа.

### **Гидравлический расчет газовых сетей.**

Определение потерь давления в газопроводах с учетом изменения плотности газа. Коэффициент сжимаемости газа и его учет при гидравлическом расчете. Расчетные формулы, таблицы номограммы. Расчет местных сопротивлений. Учет дополнительного давления, возникающего из-за разности плотностей газа и воздуха. Постановки задачи расчета тупиковых, разветвленных и кольцевых сетей. Принципы экономического распределения потерь давления в газопроводах. Расчет кольцевых сетей высокого (среднего) и низкого давления с учетом надежности обеспечения, потребителей газом при аварийных ситуациях в сетях. Определение расчетного перепада давления в сетях низкого, высокого и среднего давления. Гидравлические режимы сети низкого давления при несосредоточенном присоединении потребителей.

**Газорегуляторные пункты.** Принципы работы регуляторов давления. Дроссельные органы. Мембранные приводы. Конструкции, характеристики и основные типы регуляторов давления прямого и непрямого действия, используемых в системах газоснабжения городов и промышленных предприятий. Расчет пропускной способности регуляторов давления.

Газорегуляторные пункты (ГРП) и установки (ГРУ). Технологические схемы. Оборудование и его выбор. Управление гидравлическими режимами и технологическими процессами распределение газа. Стабилизация гидравлического режима в городских системах. Управление режимами из центрального диспетчерского пункта. Режимы функционирования АСУТП.

### **Теоретические основы сжигания газа.**

Скорость химической реакции. Кинетика изотермических реакций. Зависимость скорости от температуры. Кинетика цепных реакций горения. Цепное воспламенение. Тепловое воспламенение. Температура воспламенения. Методы экспериментального определения температуры воспламенения. Вынужденное зажигание. Концентрационные границы воспламенения. Основные режимы распространения пламени. Скорость нормального распространения. Теория нормального распространения пламени. Распространение пламени в трубах. Критический диаметр. Распространение пламени в ламинарном потоке..

Зависимость скорости распространения пламени от состава смеси, температуры и давления. Стабилизация ламинарного пламени на горелке. Явление проскока и отрыва пламени. Распространение пламени в турбулентном потоке. Скорость распространения пламени. Развитие турбулентного факела. Размеры факела. Стабилизация турбулентного пламени.. Образование токсичных веществ при сжигании газа.

### **Газовые горелки.**

Классификация и основные элементы газовых горелок. Способы организации процесса горения. Смесеобразование. Интенсивность процесса сжигания газа. Горелки полного предварительного смешения газа с воздухом. Горение инфракрасного излучения. Блочные эжекционные горелки. Туннельные горелки с кольцевыми и пластинчатыми стабилизаторами. Горелки предварительного смешения газа с частью воздуха, необходимого для горения (атмосферные). Диффузионные горелки. Подовые горелки. Скоростные горелки. Алгоритм конструктивного расчета. Определение параметров горелки при нерасчетных условиях работы. Расчет газовых горелок.

### **Гражданские и промышленные системы газоснабжения.**

Устройство внутридомовых газопроводов. Гидравлический расчет газопроводов. Газовые приборы. Плиты. Водонагреватели. Автоматизация приборов. Установки. Отвод продуктов сгорания. Расчет дымоходов. Газовое отопление. Отопительные печи. Технико-экономическое сравнение промышленных систем газоснабжения. Выбор оптимального варианта.

## **Системы снабжения потребителей сжиженными углеводородными газами.**

Свойства индивидуальных углеводородов в жидкой и паровой фазах, входящих в состав сжиженных газов (плотность, упругость паров, энтальпия и др. Технологическая схема газонаполнительной станции. Основные сооружения. Хранилища насосно-компрессорное отделение, установки для заполнения баллонов и автоцистерн перелив сжиженных газов. Газобаллонные установки, их оборудование. Групповые установки с подземными резервуарами. Установки для получения смеси паров сжиженных газов с воздухом. Автомобильные газозаправочные станции сжиженного газа. Технологический процесс заправки и техника безопасности.

### **Эксплуатация систем газоснабжения.**

Основные понятия и критерии надежности. Отказы элементов систем. Выбор аварийных ситуаций при расчете надежности многоканальных сетей. Разработка оптимальных схем газовых сетей высокого, среднего и низкого давления. Системы газоснабжения с газорегуляторными пунктами, шкафными регуляторными пунктами, шкафными регуляторными пунктами, домовыми регуляторами давления. Организация эксплуатации систем газоснабжения. Продувка газопроводов. Контроль за состоянием газопроводов, приборный метод. Выявление и ликвидация утечек. Профилактическое обслуживание, текущий и капитальный ремонты. Контроль работы ГРП, профилактическое обслуживание и ремонт. Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации систем газоснабжения.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Ионин А.А. Газоснабжение. 4-е изд. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
2. Кривоносов Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. Л.: Недра, 1980, 280 с.
3. Спейсер В.А. Обезвреживание промышленных выбросов М.: Энергия, 1977, 253 с.
4. Шур И.А. Газорегуляторные пункты и установки. Л.: Недра, 1983, 288 с.