

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета \_\_\_\_\_ Бурковский А.В.  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**«Системы кондиционирования воздуха»**

**Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Профиль Промышленная теплоэнергетика**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.**

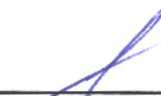
**Форма обучения очная / заочная**

**Год начала подготовки 2021**

Автор программы

 / Наумов А.М./

Заведующий кафедрой  
Теоретической и  
промышленной  
теплоэнергетики

 / Портнов В.В./

Руководитель ОПОП

 / Дахин С.В./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является приобретение навыков расчета и проектирования систем кондиционирования воздуха и воздушного отопления и основные аспекты эксплуатации этих систем.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Получение знаний и умений, предусмотренных требованиями к подготовке бакалавров по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника по профилю Промышленная теплоэнергетика

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Системы кондиционирования воздуха» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Системы кондиционирования воздуха» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен к обеспечению эффективной эксплуатации и модернизации энергетического и теплотехнологического оборудования

ПК-3 - Способен проводить расчеты энергетического и теплотехнического оборудования по типовым методикам

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции  |
|-------------|--|
| ПК-1        | знать основные принципиальные схемы существующих и новых, внедряемых в строительство и массовое производство систем  |
|             | уметь с использованием специальной и справочной литературы на основании технического задания выбирать расчётные метеоусловия, используя необходимую документацию эксплуатировать СКВ |
|             | владеть знаниями правил технической эксплуатации энергетического оборудования  |
| ПК-3        | знать методику выбора расчётных метеорологических условий, а также методику теплотехнических, аэродинамических, гидравлических и акустических расчётов систем                        |
|             | уметь выполнять необходимые проектировочные расчёты СКВ и составить инструкцию по ее эксплуатации  |
|             | владеть расчётными методиками систем кондиционирования воздуха и систем воздушного отопления   |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Системы кондиционирования воздуха» составляет 9 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

| Виды учебной работы                             | Всего часов | Семестры |     |
|---|-------------|----------|-----|
|   |             | 7        | 8   |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>               | 96          | 36       | 60  |
| В том числе:                                    |             |          |     |
| Лекции  | 54          | 18       | 36  |
| Практические занятия (ПЗ)                       | 42          | 18       | 24  |
| <b>Самостоятельная работа</b>                   | 228         | 108      | 120 |
| <b>Курсовая работа</b>                          | +           |          | +   |
| Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой | +           | +        | +   |
| Общая трудоемкость:<br>академические часы       | 324         | 144      | 180 |
| зач.ед.   | 9           | 4        | 5   |

**заочная форма обучения**

| Виды учебной работы                             | Всего часов | Семестры |     |
|---|-------------|----------|-----|
|   |             | 9        | 10  |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>               | 32          | 16       | 16  |
| В том числе:                                    |             |          |     |
| Лекции  | 16          | 8        | 8   |
| Практические занятия (ПЗ)                       | 16          | 8        | 8   |
| <b>Самостоятельная работа</b>                   | 284         | 124      | 160 |
| <b>Курсовая работа</b>                          | +           |          | +   |
| Часы на контроль                                | 8           | 4        | 4   |
| Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой | +           | +        | +   |
| Общая трудоемкость:<br>академические часы       | 324         | 144      | 180 |
| зач.ед.   | 9           | 4        | 5   |

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

**очная форма обучения**

| № п/п | Наименование темы                                  | Содержание раздела  | Лекц | Прак зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--|---|------|-----------|-----|------------|
| 1     | Введение. Физические свойства атмосферного воздуха | Краткая история и особенности развития отопительно-вентиляционной техники в нашей стране и за рубежом. Санитарно-гигиеническое значение и типы отопительно-вентиляционных систем в промышленных и гражданских | 8    | 6         | 54  | 68         |

|   |  |  |    |   |    |    |
|---|--|--|----|---|----|----|
|   |  | сооружениях. Назначение и область применения установок кондиционирования воздуха. Тенденции развития отдельных направлений техники теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Химический состав сухого воздуха. Плотность, вязкость, теплоёмкость и энтальпия сухого воздуха. Влажность воздуха (воздушно-паровая смесь): абсолютная и относительная влажность, плотность, влагосодержание. Понятие точки росы. Энтальпия и теплоёмкость влажного воздуха Явная и скрытая теплота атмосферного воздуха. h-d диаграмма влажного воздуха. Методика расчета и построения h-d диаграммы Изображение изменения состояния влажного воздуха на диаграмме. Тепловлажностный (угловой) коэффициент, характеризующий изменение состояния влажного воздуха. Изображение процессов смешения различных количеств влажного воздуха и определение параметров смеси графически и аналитически. Способы определения влажности воздуха: химический; способ наблюдения точки росы; способ волосяного гигрометра; психрометрический.  |    |   |    |    |
| 2 | Тепло- и массообмен между воздухом и водой   | Процессы смешения воздуха с водой и водяным паром. Критериальные уравнения тепло- и массообмена. между воздухом и водой при свободной конвекции и вынужденном движении воздуха. Основное дифференциальное уравнение теплообмена между воздухом и водой. Изменение параметров воздуха при контакте его с водой при различных её температурах. Коэффициент орошения. Диаграмма Мухина. Примеры расчётов процессов тепло - и массообмена. Основные термины и понятия. Адиабатный и политропный процесс обработки воздуха водой. Коэффициент эффективности.  | 10 | 6 | 54 | 70 |
| 3 | Тепловой и влажностный режимы производственных помещений. Определение необходимых воздухообменов | Температурные условия в отапливаемых помещениях. Расчётные температуры внутреннего и наружного воздуха, расчётная разность температур. Потери тепла через ограждения зданий. Теплотехнический расчет ограждений. Теплопередача через воздушные прослойки. Теплопотери через полы и стены, углубленные в землю. Определение теплопотерь зданий по укрупненным измерителям. Воздухопроницаемость ограждений. Тепловыделения в производственных помещениях: от людей; освещения; оборудования; материалов. Поступление тепла в помещения: через непрозрачные внешние ограждения; через внутренние ограждения; через остекленную поверхность за счёт солнечной радиации и теплопередачи; за счёт инфильтрации. Влаговыделения от людей. Составление теплового баланса производственных помещений для зимнего и летнего периодов года. Влаговыделения от оборудования и со смоченных поверхностей. Меры по уменьшению поступлений тепла в помещения. Выделение вредных газов, паров, пыли. Определение воздухообмена при выделении в помещении: явного и полного тепла; влаговыделений; вредных выделений. Расчет воздухообмена по нормативной кратности. Определение Теоретической и действительной производительности СКВ. Расчет количества наружного воздуха. | 8  | 6 | 30 | 44 |

|   |                                   |  |    |   |    |    |
|---|-----------------------------------|--|----|---|----|----|
| 4 | Обработка воздуха в кондиционерах | Очистка воздуха от пыли. Классификация фильтров, показатели работы фильтров их конструкции. Выбор воздушных фильтров. Качественная оценка силы запаха: шкала Райта и Яглоу. Способы борьбы с запахами: физические; дитруктивный; химические; психологические. Ионизация воздуха. Обработка воздуха перегретой водой и паром. Процессы в форазонной камере. Доувлажнение воздуха непосредственно в помещении. Осушение воздуха абсорбентами. Применяемые соли. Оборудование. Осушение воздуха твердыми поглотителями. Применяемые вещества, схема установки, методика расчета. Охлаждение воздуха. Оросительные камеры ОКФ и ОКС-2 Сухие и форсуночные воздухоохладители. Режимы их работы. Нагревание воздуха. Двухступенчатое испарительное охлаждение воздуха, условия применения. Устройство и подбор калориферов. Тепловлажностная обработка воздуха в поверхностных охладителях.  | 8  | 8 | 30 | 46 |
| 5 | Системы кондиционирования воздуха | Классификация систем кондиционирования воздуха. Назначение и области применения установок кондиционирования воздуха в общественных и жилых зданиях. Санитарно-гигиенические, строительно-монтажные, эксплуатационные и экономические требования к СКВ. Системы круглогодичного действия и сезонные. Центральные и местные системы кондиционирования воздуха. Схемы центральных СКВ: однозональные и многозональные одноканальные, прямоточные, рециркуляционные. Построение процессов обработки воздуха в h-d диаграмме. Центральные многозональные двухканальные СКВ. Построение процессов обработки воздуха в h-d диаграмме. Особенности СКВ среднего и высокого давления. Центральные водовоздушные системы. СКВ для термостатных и особо чистых помещений. Назначение и применение в СКВ теплообменников утилизаторов. Конструкции гигроскопических и негигроскопических ТУ. Схемы систем кондиционирования воздуха с теплообменником утилизатором. Построение процессов обработки наружного воздуха в СКВ с ТУ в h-d диаграмме. Тепловой расчет теплообменников утилизаторов. Понятие коэффициента эффективности. Энтальпийный, температурный и по влагообмену. Тепловой поверочный расчет. Расчет и подбор форсуночных камер. Коэффициенты эффективности теплообмена. Тепловой и аэродинамический расчеты поверхностных воздухоохладителей. Орошаемые воздухоохладители. Воздухоохладители с орошаемой насадкой. Допустимые уровни шума на производстве. Уменьшение шума вентиляторов. | 10 | 8 | 30 | 48 |
| 6 | Сплит-системы                     | Кондиционеры сплит-систем. Классификация, конструкции и режимы работы. Канальные кондиционеры и кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией. Компрессорно-конденсаторные (внешние) блоки. Испарительные (внутренние) блоки. Работа компрессорно-конденсаторных блоков с центральными кондиционерами. Системы с чиллерами и фанкойлами. Общие сведения,   | 10 | 8 | 30 | 48 |

|              |  |   |           |           |            |            |
|--------------|--|---|-----------|-----------|------------|------------|
|              |  | состав, принципы работы. Конструкции чиллеров. Принципиальная схема. Насосные станции. Типы и выбор насосной станции. Фанкойлы. |           |           |            |            |
| <b>Итого</b> |  |   | <b>54</b> | <b>42</b> | <b>228</b> | <b>324</b> |

### заочная форма обучения

| № п/п | Наименование темы  | Содержание раздела  | Лекц | Прак зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--|---|------|-----------|-----|------------|
| 1     | Введение. Физические свойства атмосферного воздуха   | Плотность, теплоемкость и энтальпия сухого воздуха. Влажность воздуха (воздушно-паровая смесь): абсолютная и относительная влажность, плотность, влагосодержание. Энтальпия и теплоемкость влажного воздуха. h-d диаграмма влажного воздуха. Изображение изменения состояния влажного воздуха на диаграмме. Тепловлажностный (угловой) коэффициент. Изображение процессов смешения различных количеств влажного воздуха и определение параметров смеси. Понятие точки росы. Методика расчета и построения h-d диаграммы. Способы определения влажности воздуха: химический; способ наблюдения точки росы; способ волосяного гигрометра; психометрический. | 4    | 2         | 41  | 47         |
| 2     | Тепло- и массообмен между воздухом и водой   | Процессы смешения воздуха с водой и водяным паром. Критериальные уравнения тепло- и массообмена. между воздухом и водой при свободной конвекции и вынужденном движении воздуха. Основное дифференциальное уравнение теплообмена между воздухом и водой. Изменение параметров воздуха при контакте его с водой при различных ее температурах. Коэффициент орошения. Адиабатный коэффициент эффективности. Диаграмма Мухина. Расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, расчетная разность температур. Потери тепла через ограждения зданий.  | 4    | 2         | 42  | 48         |
| 3     | Тепловой и влажностный режимы производственных помещений. Определение необходимых воздухообменов | Определение теплопотерь зданий по укрупненным измерителям. Тепловыделения в производственных помещениях: от людей; освещения; оборудования; материалов. Поступление тепла в помещения: через непрозрачные внешние ограждения; через внутренние ограждения; через остекленную поверхность за счет солнечной радиации и теплопередачи; за счет инфильтрации. Влаговыделения от людей. Выделение вредных газов, паров, пыли. Определение воздухообмена при выделении в помещении: явного и полного тепла; влаговыделений; вредных выделений Расчет воздухообмена по нормативной кратности.   | 2    | 2         | 41  | 45         |
| 4     | Обработка воздуха в кондиционерах  | Очистка воздуха от пыли. Классификация фильтров, показатели работы фильтров их конструкции. Качественная оценка силы запаха: шкала Райта и Яглоу. Способы борьбы с запахами: физические; дитруктивный; химические; психологические. Ионизация воздуха. Осушение воздуха абсорбентами. Применяемые соли. Оборудование. Осушение воздуха твердыми поглотителями. Оросительные камеры ОКФ и ОКС-2. Выбор воздушных фильтров. Типы и конструкции форсунок, плотность их установки. Методы регенерации сорбентов.  | 2    | 2         | 52  | 56         |
| 5     | Системы кондиционирования воздуха  | Схемы центральных СКВ: однозональные и многозональные одноканальные, прямоточные, рециркуляционные. Построение процессов  | 2    | 4         | 54  | 60         |

|              |               |   |           |           |            |            |
|--------------|---------------|---|-----------|-----------|------------|------------|
|              |               | обработки воздуха в h-d диаграмме. Центральные многозональные двухканальные СКВ. Построение процессов обработки воздуха в h-d диаграмме. Назначение и применение в СКВ теплообменников утилизаторов. Построение процессов обработки наружного воздуха в СКВ с ТУ в h-d диаграмме. |           |           |            |            |
| 6            | Сплит-системы | Кондиционеры сплит-систем. Канальные кондиционеры и кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией. Системы с чиллерами и фанкойлами. Конструкции чиллеров. Насосные станции. Фанкойлы.  | 2         | 4         | 54         | 60         |
| <b>Итого</b> |               |   | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>284</b> | <b>316</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения, 10.

Примерная тематика курсовой работы: «Проектирование однозональной СКВ механического цеха»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- теплоступлений через прозрачные и непрозрачные ограждения;
- определение теплоступлений от искусственного освещения, оборудования и людей;
- определение влаговыделений в цехе;
- составление тепло-влажностного баланса помещения;
- определение тепловлажностного коэффициента и необходимого воздухообмена, построение процессов обработки воздуха в h-d-диаграмме;
- расчет камер орошения и калориферов 1-го и 2-го подогрева;
- расчет воздушного фильтра.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции | Критерии оценивания                                 | Аттестован   | Не аттестован                              |
|-------------|---|---|--|--|
| ПК-1        | Знать: основные принципиальные схемы существующих и новых,        | Активная работа на практических занятиях, ответы на | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе | Невыполнение работ в срок, предусмотренный |

|      |   |   |  |  |
|------|---|---|--|--|
|      | внедряемых в строительство и массовое производство систем   | теоретические вопросы при защите курсовой работы  |  | в рабочей программе  |
|      | Уметь: с использованием специальной и справочной литературы на основании технического задания выбирать расчётные метеоусловия, используя необходимую документацию эксплуатировать СКВ | Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы                                     | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе |
|      | Владеть: знаниями правил технической эксплуатации энергетического оборудования  | Решение задач с использованием программы Daichi, выполнение плана работ по разработке курсовой работы | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе |
| ПК-3 | Знать: методику выбора расчётных метеорологических условий, а также методику теплотехнических, аэродинамических, гидравлических и акустических расчётов систем                        | Активная работа на практических занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсовой работы  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе |
|      | Уметь: выполнять необходимые проектировочные расчёты СКВ и составить инструкцию по ее эксплуатации  | Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы                                     | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе |
|      | Владеть: расчётными методиками систем кондиционирования воздуха и систем воздушного отопления   | Решение задач с использованием программы Daichi, выполнение плана работ по разработке курсовой работы | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7, 8 семестре для очной формы обучения, 9, 10 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                       | Критерии оценивания | Отлично                     | Хорошо                     | Удовл.                     | Неудовл.                             |
|-------------|---|---------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| ПК-1        | Знать: основные принципиальные схемы существующих и новых, внедряемых в строительство и | Тест                | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |



|      |   |  |  |   |  |                                      |
|------|---|--|--|---|--|--------------------------------------|
|      | массовое производство систем  |  |  |   |  |                                      |
|      | Уметь: с использованием специальной и справочной литературы на основании технического задания выбирать расчётные метеоусловия, используя необходимую документацию эксплуатировать СКВ | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|      | Владеть: знаниями правил технической эксплуатации энергетического оборудования  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| ПК-3 | Знать: методику выбора расчётных метеорологических условий, а также методику теплотехнических, аэродинамических, гидравлических и акустических расчётов систем                        | Тест   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%  | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|      | Уметь: выполнять необходимые проектировочные расчёты СКВ и составить инструкцию по ее эксплуатации  | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|      | Владеть: расчётными методиками систем кондиционирования воздуха и систем воздушного отопления   | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. При проектировании центральных систем кондиционирования воздуха для термоконстантных помещений принимаются расчетные параметры наружного воздуха

1. Группы А.
2. Группы Б.

3. Группы В.
4. Все перечисленные.  
 Ответ: группы В.

2. Процесс обработки воздуха в камере орошения центрального кондиционера (теплый период) является

1. Изотермическим.
2. Изохорным.
3. Изобарным.
4. Адиабатным.
5. Политропным.

Ответ: политропным.

3. Процесс обработки воздуха в камере орошения центрального кондиционера (холодный период) является

1. Изотермическим.
2. Изохорным.
3. Изобарным.
4. Адиабатным.
5. Политропным.

Ответ: адиабатным.

4. Для систем кондиционирования среднего и высокого давления при прохождении воздуха через вентилятор в теплый период необходимо учитывать повышение температуры на

1. 0,5-1,5 °С.
2. 1,5-2,5 °С.
3. 2,5-3,5 °С.
4. 3,5-4 °С.

Ответ: 0,5-1,5 °С.

5. Расхода приточного воздуха по кратности воздухообмена определяется по формуле

$$1. \quad L = \frac{G_{вр}}{(K_d - K_n)}$$

$$2. \quad L = \frac{\Delta Q_{я} \times 10^{-3}}{\rho_v c_v (t_{yx} - t_n)}$$

$$3. \quad L = \frac{\Delta Q_n \times 10^{-3}}{\rho_v (h_{yx} - h_n)}$$

$$4. \quad L = \frac{W}{\rho_v (d_{yx} - d_n)}$$

$$5. \quad L = \frac{nV_n}{3600}$$

Ответ: 5.

6. Угловой коэффициент процесса определяется по формуле

1.  $\varepsilon = \frac{Q}{W}$

2.  $\varepsilon = 1000 \frac{\Delta I}{\Delta d}$

3.  $\varepsilon = \frac{Q_{я} - Q_{п} + W \cdot c \cdot t_{в} + \Sigma G \cdot h_{п}}{W + G}$

4.  $\varepsilon = \frac{c_p t}{V}$

5. По формулам 1-3

Ответ: по формулам 1-3.

7. Необходимый расход приточного воздуха в помещении при одновременном выделении: тепла, влаги, вредных веществ определяется

1. По тепловыделениям
2. По допустимым концентрациям вредных веществ
3. По влаговыведениям
4. Как суммарный расход
5. По максимальному из расходов

Ответ: по максимальному из расходов.

8. Парциальное давление водяного пара определяется по диаграмме

1. h-d.
2. P-V.
3. T-s.
4. h-s.
5. c-T.

Ответ: h-d.

9. Калорифер второго подогрева используется

1. В теплый период года.
2. В холодный период года.
3. В переходный период года.
4. В холодный и переходный периоды года.
5. Во все периоды.

Ответ: во все периоды.

10. Расчетный расход приточного воздуха при качественном методе регулирования принимается

1. Постоянным и равным наибольшему значению  $G_x$  или  $G_T$ .
2. Постоянным и равным наименьшему значению  $G_x$  или  $G_T$ .
3. В зависимости от периода года.
4. Равным среднему значению  $G_x$  или  $G_T$ .

5. Равным среднему значению  $G_x + G_T$ .

Ответ: постоянным и равным наибольшему значению  $G_x$  или  $G_T$ .

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

- 1 Влагосодержание воздуха составляет  $d=20$  г/кг при барометрическом давлении  $B = 101325$  Па (760 мм. рт. ст.). Определить аналитически для этого воздуха парциальное давление водяных паров и сухого воздуха.
- 2 Состояние влажного воздуха характеризуется параметрами:  $t = -2^\circ\text{C}$  и  $d = 2,9$  г/кг.  
Определить энтальпии сухого воздуха, водяных паров и влажного воздуха, пользуясь формулами.
- 3 Воздух в количестве 100 кг состояния  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ;  $d_1 = 10$  г/кг смешивается с 50 кг воздуха состояния  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ ;  $d_2 = 7$  г/кг. Определить  $t_{\text{см}}$ ,  $d_{\text{см}}$  и  $h_{\text{см}}$  аналитически.
- 4 Влажный воздух с параметрами  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  и  $\phi_1 = 60\%$ , сухая часть которого  $L_1 = 1000$  кг, смешивается с влажным воздухом, имеющим параметры  $t_2 = 30^\circ\text{C}$  и  $\phi_2 = 50\%$ , причем сухая часть последнего  $L_2 = 4000$  кг.  
Определить параметры смеси аналитически  $h_{\text{см}}^B$ ,  $d_{\text{см}}$ ,  $t_{\text{см}}$ ,  $\phi_{\text{см}}$ .
- 5 Влажный воздух с параметрами  $t_1 = 23^\circ\text{C}$  и  $\phi_1 = 50\%$  охлаждается до  $\phi = 100\%$  при  $d = \text{const}$ , а затем температура доводится до  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ .  
Определить, на сколько снижается влагосодержание и температура при осушке воздуха.
- 6 Влажный воздух с параметрами  $t_1 = 23^\circ\text{C}$  и  $\phi_1 = 50\%$  охлаждается до  $\phi = 100\%$  при  $d = \text{const}$ , а затем температура доводится до  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ .  
Определить количество тепла, которое надо отвести от воздуха на 1 кг выпавшей влаги и температуру точки росы для состояния точки 1.
- 7 Наружный воздух с параметрами  $t = 26^\circ\text{C}$  и  $\phi = 45\%$  в камере кондиционера входит в контакт с водой, начальная температура которой  $t = 12^\circ\text{C}$ . Определить конечную температуру воздуха и воды в камере кондиционера, если коэффициент орошения принят  $B = 0,6$ .  
Использовать для решения диаграмму В.В. Мухина.
- 8 Наружный воздух с параметрами  $t = 26^\circ\text{C}$  и  $\phi = 45\%$  в камере кондиционера входит в контакт с водой, начальная температура

которой  $t = 12^{\circ}\text{C}$ . Определить расход приточного воздуха для поддержания в помещении  $t = 22^{\circ}\text{C}$  при теплоизбытках в количестве 63800 Вт, если коэффициент орошения принят  $B = 0,6$ . Относительная влажность воздуха не нормируется;  $P_6 = 99323,4$  Па. Использовать для решения диаграмму В.В. Мухина.

- 9 Приточный воздух поступает в камеру орошения с параметрами  $t_n = 24^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_n = 50\%$ . Начальная температура орошающей воды  $t_{\text{wh}} = 10^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент эффективности камеры  $\eta = 0,8$ ; коэффициент орошения  $B=0,8$ .

Определить конечные параметры воздуха и воды в камере орошения, а также расходы приточного воздуха и воды, если требуемые параметры воздуха в помещении  $t = 22^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi = 70\%$ . Тепловыделения в цехе 83520 Вт; влаговыделения 0,012 кг/с;  $p_6 = 99323,4$  Па.

- 10 Теплоизбытки в цехе составляют  $Q = 60320$  Вт, влаговыделения  $W=0,011$  кг/с.

Определить расход воды и количество приточного воздуха, подвергающегося обработке в камере орошения, если необходимо в цехе поддерживать  $t_b = 22^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_b = 70\%$ . Параметры наружного воздуха  $t_n = 28^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_n = 50\%$ . Температура воды в камере  $t_{\text{wh}} = 10^{\circ}$ ;  $t_{\text{wk}} = 13,6^{\circ}\text{C}$ ,  $P_b = 99323$  Па.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1 Приточный воздух в летнее время подвергается охлаждению и сушке. Определить степень осушки воздуха и расход холода на его охлаждение, если в помещении требуется поддерживать  $t_b = 20^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_b = 70\%$ . Количество избыточного тепла в помещении  $Q_i = 83520$  Вт и влаги  $W = 0,02$  кг/с. Осушение воздуха производится силикагелем, охлаждение - в пластинчатом воздухоохладителе, работающем от фреоновой холодильной установки. При прохождении через адсорбер воздух нагревается до  $60^{\circ}\text{C}$ . Параметры наружного воздуха  $t_n=30^{\circ}$ ;  $\varphi_n = 70\%$ ;  $p_6 = 101325$  Па.
- 2 Рассчитать воздухообмен в зале вместимостью 1000 чел. с учетом поступления тепла и влаги. Пусть теплотери зала – 11,6 кВт ( $t_b = 20^{\circ}\text{C}$ ;  $h_b = 45,25$  кДж/кг;  $\varphi_b = 65\%$ ;  $d_b = 9,8$  г/кг).
- 3 Построить на  $h-d$  – диаграмме процесс обработки воздуха в приточном кондиционере и определить расход тепла калориферов первого и второго подогрева воздуха и количество испарившейся воды в камере, если дано: расчетные параметры наружного воздуха:

$t_n = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_n = 80 \text{ } \%$ ;  $h_n = -18,86 \text{ кДж/кг}$ ;

расчетные параметры внутреннего воздуха:  $t_b = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_b = 50 \text{ } \%$ ;

$h_b = 48,19 \text{ кДж/кг}$ .

Воздухообмен в помещении согласно расчету летнего периода  $L = 1,264 \text{ кг/с}$ . Влаговывделений в помещении нет. На систему

кондиционирования воздуха возлагается и отопление помещений.

Недостача тепла согласно тепловому балансу  $Q_n = 5,8 \text{ кВт}$ .

- 4 Построить на  $h-d$  – диаграмме процесс обработки воздуха в прямоточном кондиционере, определить потребный воздухообмен в помещении, производительность камеры по холоду и расход тепла на нагревание воздуха для следующих условий: параметры наружного воздуха:  $t_n = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $d_n = 10,8 \text{ г/кг}$ ;  $h_n = 57,8 \text{ кДж/кг}$ ; расчетные параметры внутреннего воздуха:  $t_b = 26,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_b = 65 \text{ } \%$ ;  $h_b = 63,7 \text{ кДж/кг}$ . Теплоизбытки в помещении  $Q_{изб} = 11,6 \text{ кВт}$ . Влаговывделений в помещении нет.

- 5 Построить процесс обработки воздуха в кондиционере с первой рециркуляцией, определить необходимый воздухообмен, производительность камеры по холоду и расходы тепла, при условии подмешивания рециркуляционного воздуха после калорифера первого подогрева, если дано:

параметры наружного воздуха:

$t_n = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $h_n = -18,86 \text{ кДж/кг}$ ;  $\varphi_n = 80 \text{ } \%$ ;  $c \text{ г/кг}$ ;

параметры внутреннего воздуха:

$t_b = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $h_b = 48,19 \text{ кДж/кг}$ ;  $\varphi_b = 50 \text{ } \%$ ;  $d_b = 9,5 \text{ г/кг}$ ;

теплоизбытки в помещении  $Q_{изб} = 11,6 \text{ кВт}$ ;

количество наружного воздуха  $L_n = 0,556 \text{ кг/с}$ .

Влаговывделений в помещении нет.

- 6 Построить процесс кондиционирования воздуха с двумя рециркуляциями для зрительного зала, если дано:

параметры наружного воздуха:

$t_n = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $h_n = 57,82 \text{ кДж/кг}$ ;  $d_n = 10,8 \text{ г/кг}$ .

параметры внутреннего воздуха:

$t_b = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $h_b = 48,19 \text{ кДж/кг}$ ;  $d_b = 9,5 \text{ г/кг}$ ;  $\varphi_b = 50 \text{ } \%$ .

Количество зрителей 1000 человек. Количество наружного воздуха на 1 человека  $V_q = 5,56 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ . Теплопоступления через наружные ограждения от солнечной радиации  $Q_p = 11,6 \text{ кВт}$ .

Требуется определить необходимый воздухообмен в зале  $G$ , количество

воздуха по стадиям обработки и производительность камеры орошения по холоду.

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Влажный воздух: Абсолютная влажность, относительная влажность, удельный объем и плотность.
  2. Влажный воздух: влагосодержание, точка росы, температура точки росы, степень насыщения.
  3. Энтальпия и теплоемкость влажного воздуха.
  4. Определение параметров смеси воздуха различных состояний.
  5. Подмешивание к воздуху воды или водяного пара.
  6. Уравнение теплообмена между воздухом и водой.
  7. Угловой коэффициент h-d диаграммы.
  8. Принципы и порядок построения h-d диаграммы.
  9. Определение параметров воздуха с помощью h-d диаграммы.
  10. Характерные случаи изменения состояния воздуха и их изображение на h-d диаграмме.
  11. Процессы обработки воздуха водой.
  12. Расчет воздухообмена по установленным нормам и кратности обмена.
  13. Определение воздухообмена по избыткам полного и явного тепла.
  14. Расчет воздухообмена по условию ассимиляции вредных газов и паров.
  15. Задачи кондиционирования воздуха.
  16. Классификация систем кондиционирования воздуха.
  17. Основные эксплуатационные и экономические требования для СКВ.
  18. Расчетные параметры наружного воздуха для СКВ.
  19. Расчетные параметры внутреннего воздуха для СКВ.
  20. Исходные данные для проектирования СКВ.
  21. Центральные однозональные СКВ.
  22. Центральные многозональные одноканальные кондиционеры СКВ.
  23. Центральные многозональные двухканальные кондиционеры СКВ.
  24. Центральные водовоздушные СКВ. Кондиционеры доводчики.
  25. Назначение и условия применения систем рециркуляции в СКВ.
  26. СКВ для термokonстантных помещений.
  27. Очистка воздуха от пыли.
  28. Удаление запахов.
  29. Тепловой баланс камер орошения и коэффициент эффективности.
  30. Адиабатные и политропные процессы в камерах орошения.
  31. Коэффициент орошения воздуха в форсуночной камере. Диаграмма
- В.В. Мухина.
32. Оросительные камеры ОКФ и ОКС-2.
  33. Устройства для подогрева и охлаждения воздуха в СКВ.
  34. Поверхностные воздухоохладители.
  35. Осушение воздуха абсорбентами и адсорбентами.
  36. Измерение влажности воздуха (четыре способа определения).

37. Назначение и конструкции теплообменников утилизаторов.  
 38. Принципиальные схемы СКВ с теплообменниками утилизаторами.  
 39. Коэффициенты эффективности для теплообменников утилизаторов.  
 40. Последовательность поверочного теплового расчета воздухо-воздушных негигроскопических ТУ в холодный период.  
 41. Последовательность поверочного теплового расчета воздухо-воздушных гигроскопических ТУ в холодный период.

### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

### 7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 1 баллом, задача оценивается в 3 балла (3 балла верное решение и 1 балл за каждый верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не решил задачу.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент решил задачу и не ответил на вопросы.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент решил задачу и ответил на один вопрос.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент решил задачу и ответил на два вопроса.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины   | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства                                 |
|-------|--|--------------------------------|--|
| 1     | Введение. Физические свойства атмосферного воздуха   | ПК-1, ПК-3                     | Тест, решение задач, текущая контрольная работа, зачет с оценкой |
| 2     | Тепло- и массообмен между воздухом и водой   | ПК-1, ПК-3                     | Тест, решение задач, текущая контрольная работа, зачет с оценкой |
| 3     | Тепловой и влажностный режимы производственных помещений. Определение необходимых воздухообменов | ПК-1, ПК-3                     | Тест, решение задач, текущая контрольная работа, зачет с оценкой |
| 4     | Обработка воздуха в кондиционерах  | ПК-1, ПК-3                     | Тест, решение задач, зачет с оценкой, курсовая работа            |
| 5     | Системы кондиционирования воздуха  | ПК-1, ПК-3                     | Тест, решение задач, зачет с оценкой, курсовая работа            |
| 6     | Сплит-системы  | ПК-1, ПК-3                     | Тест, решение задач, зачет с оценкой, курсовая работа            |

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на



бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Уч. Пособие – М.: «Евроклимат», издательство «Арина», 2000 – 416 с.

2. Баркалов Б.В. Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.

3. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов/В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, Л.В. Петров; Под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1985.-367 с., ил.

4. Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха и отопления: Учебное пособие для вузов/Б.Н. Голубков, Т.М. Романова, В.А. Гусев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 190 с.: ил.

5. Методические указания № 381-2002 к практическим занятиям и контрольные работы по дисциплине «Системы кондиционирования воздуха» для студентов специальности 100700 «Промышленная теплоэнергетика» дневной и заочной формы обучения / Сост.: Наумов А.М., Дубанин В.Ю., Агапов Ю.Н. Воронеж: ВГТУ, 2002.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

### 8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
- SMath Studio.
- Компас-График LT
- Daichi id-диаграмма

### 8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

### 8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Лекционная аудитория

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Системы кондиционирования воздуха» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета центральных систем кондиционирования воздуха. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента  |
|---------------------|--|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на |

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
|                                       | практическом занятии.  |
| Практическое занятие                  | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.  |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul> |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой, зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.   |