

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
 (БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
 Директор института магистратуры


 И.В. Яроменко
 «24» 05 2021г.

УТВЕРЖДАЮ
 Директор института ИС


 В.А. Уваров
 «24» 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
 дисциплины (модуля)

**Гидродинамика и тепломассообмен в оборудовании
 отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха**

направление подготовки (специальность):

08.04.01 Строительство

Направленность программы (профиль, специализация):

Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений

Квалификация

магистр

Форма обучения

заочная


Институт: инженерно -строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции


Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 строительство (уровень магистратуры), утвержденного Министерством науки и образования Российской Федерации 31 мая 2017 г приказ №482
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021_ году.

Составитель (составители): д-р техн. наук, проф.  (Т.Н. Ильина)

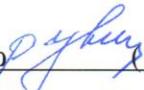
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Теплогазоснабжения и вентиляции

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.А. Уваров)

« 14 » 05 2021_ г.


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
Теплогазоснабжения и вентиляции

« 14 » 05 2021_ г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.А. Уваров)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 27 » 05 201 г., протокол № 10

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Код и наименование компетенции (результат освоения) | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--|---|
| ПК-3 Способность осуществлять обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата | ПК-3.1 Выбирает данные для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата |
| | ПК-3.2 Выбирает метод и методики для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата ПК-3.3 Выполняет контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата |

| Код наименования индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания (результаты обучения по дисциплине) |
|--|--|
| ПК-3.1 Выбор данных для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата | Знает перечень исходных данных для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата Имеет навыки выбора данных для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха |
| ПК-3.2 Выбор метода и методики выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата | Знает методики выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха Имеет навыки выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха |
| ПК-3.3 Выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата, документирование результатов расчетного обоснования | Знает правила выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха, документирование результатов расчетного обоснования. Имеет навыки выполнения и контроля проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха, документирование результатов расчетного обоснования |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

. Компетенция _ПК-3 Способность осуществлять обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| Стадия | Наименования дисциплины ¹ |
|--------|--|
| 1 | Проектирование энергосберегающих систем отопления зданий и сооружений |
| 2 | Проектирование комплексных систем вентиляции и кондиционирования воздуха |
| 3 | Проектирование обеспыливающей вентиляции и пылегазоочистного оборудования |
| 4 | Гидродинамика и тепломассообмен в оборудовании отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха |
| 5 | Математическое моделирование процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха |
| 6 | Численные методы решения задач отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха |
| 7 | Вычислительный эксперимент в научных исследованиях |
| 8 | Аэродинамика вентиляции, механика аэрозолей |
| 9 | Аэродинамика воздушных и пылевых потоков |
| 10 | Учебная ознакомительная практика... |
| 11 | Производственная научно-исследовательская работа |
| 12 | Производственная исполнительская практика |
| 13 | Производственная преддипломная практика |
| 14 | Выполнение выпускной квалификационной работы |

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___ 4 ___ зач. единиц, ___ 144 ___ часов.

Форма промежуточной аттестации ___ экзамен ___

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр № 2 |
|---|-------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час | 144 | 144 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 10 | 10 |
| лекции | 4 | 4 |
| лабораторные | | |
| практические | 4 | 4 |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ² | 2 | 2 |
| Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе: | 134 | 134 |
| Курсовой проект | | |
| Курсовая работа | | |
| Расчетно-графическое задание | | |
| Индивидуальное домашнее задание | 9 | 9 |
| Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 89 | 89 |
| Экзамен | 36 | 36 |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс_1_ Семестр_2_

| № п/п | Наименование раздела (краткое содержание) | Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час | | | |
|--|---|---|----------------------|----------------------|---|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ³ |
| 1. Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Первый и второй закон термодинамики, его аналитические выражения. Термодинамические циклы в оборудовании ОВК. | | | | | |
| | Основные термодинамические параметры состояния рабочего тела. Смеси идеального газа. Первый закон термодинамики, его аналитические выражения и практическое значение. Теплота и работа. Теплоемкость газов. Использование теплоемкости в расчетах систем теплоснабжения аппаратов и оборудования ОВК. Круговые процессы. Цикл Карно и его практическое значение в расчетах холодильной установки в системах кондиционирования воздуха. | 1 | 1 | | 22 |
| 2. Реальные газы: водяной пар, влажный воздух, смесь газов. Процессы во влажном воздухе, их практическое применение в расчетах систем вентиляции и кондиционирования воздуха. | | | | | |
| | Свойства реальных газов. Водяной пар, основные понятия и определения. Влажный воздух, основные понятия, определения, свойства. I-d диаграмма влажного воздуха. Основные процессы влажного воздуха. Использование диаграммы влажного воздуха в расчетах систем вентиляции и кондиционирования воздуха: нагревания и охлаждения воздуха, его увлажнения и осушки. | 1 | 1 | | 22 |
| 3. Уравнения гидродинамики. Виды и расчет гидравлических сопротивлений. Последовательность расчета инженерных сетей различного назначения. | | | | | |
| | Основные понятия гидродинамики. Виды движений жидкости и газа. Уравнения баланса расхода (уравнение неразрывности), баланса энергии (уравнение Бернулли). Виды и расчет гидравлических сопротивлений при различных режимах движения жидкости (потери на трение и местные сопротивления). Последовательность расчета инженерных сетей различного назначения. Гидравлический расчет двухфазных систем. Скорость витания, уравнения расчета, практическое применение | 1 | 1 | | 22 |

³ Указать объем часов самостоятельной работы для подготовки к лекционным, практическим, лабораторным занятиям

| | | | | | |
|--|---|---|----|--|----|
| | в системах пылеулавливания. Гидравлическая крупность в расчетах отстойников систем водоснабжения и водоотведения. | | | | |
| 4. Тепло и массообменные процессы в оборудовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха | | | | | |
| | Тепловые процессы. Физические основы процессов теплопроводности. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл. Передача тепла конвекцией. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Уравнение теплопередачи через однослойные и многослойные плоские и цилиндрические стенки. Классификация и основные уравнения массообменных процессов. Тепло – и массообменные устройства. Классификация теплообменных аппаратов. Принцип расчета и подбора теплообменников. Оросительные камеры, их устройство, методы расчета для теплого и холодного периодов обработки воздуха в системах кондиционирования воздуха. | 1 | 10 | | 23 |
| | ИТОГО | 4 | 4 | | 89 |
| | ИДЗ | | | | 9 |
| | Экзамен | | | | 36 |
| | ВСЕГО | 4 | 4 | | 93 |

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема практического (семинарского) занятия | К-во часов | Самостоятельная работа на подготовку к практическим занятиям ⁴ |
|--------------------|---|--|------------|---|
| семестр № 1 | | | | |
| 1 | Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Термодинамические циклы в оборудовании ОВК. | Практическое применение основных законов идеального газа. Расчет теплоемкости газов и газовых смесей. Расчет коэффициента полезного действия прямого цикла Карно. Определение холодильного коэффициента обратного цикла Карно. | 1 | 8 |
| 2 | Реальные газы: водяной пар, влажный воздух. Процессы во влажном воздухе. Истечение газов и жидкостей. | Определение параметров водяного пара и влажного воздуха с помощью I-D и I-S диаграмм, расчет процессов нагревания, увлажнения воздуха. Расчет расхода жидкости и газа, вытекающих через отверстия и насадки. | 1 | 8 |
| 3 | Уравнения гидродинамики. Виды и расчет | Расчет потерь напора на трение при ламинарном и турбулентных режимах движения жидкости. | 1 | 8 |

⁴ Количество часов самостоятельной работы для подготовки к практическим занятиям

| | | | | |
|--------|--|---|---|----|
| | гидравлических сопротивлений. Последовательность расчета инженерных сетей. | Гидравлический расчет трубопроводов и воздухопроводов различного назначения. Расчет газопроводов при малых и высоких перепадах давления. | | |
| 4 | Тепло и массообменные процессы в оборудовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха | Расчет тепловых процессов передачи тепла теплопроводностью и конвекцией. Расчет коэффициентов излучения. Примеры расчета тепло и массообменных процессов и аппаратов с использованием законов гидродинамики | 1 | 10 |
| ИТОГО: | | | 4 | 34 |

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы⁵

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание индивидуальных домашних заданий⁶

В процессе выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Индивидуальное домашнее задание

Цель задания: Приобретение практических навыков расчета гидравлических сопротивлений в трубопроводах различного назначения, тепло-и массообменных процессов в оборудовании систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

Структура работы. Практическое задание – это решение задач по рассматриваемым разделам (потери напора на трение и местные сопротивления, расчет разветвленного трубопровода, аэродинамический расчет воздухопроводов, процессы изменения параметров воздуха, расчет теплопроводности, теплообменников, камер орошения).

Оформление индивидуального домашнего задания.

ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки в двух видах: отчет, на бумажных листах в формате А4, и в виде файлов, содержащих решение практических заданий. Отчет индивидуального домашнего задания должен иметь следующую структуру: титульный лист; содержание; теоретическое задание; практическая часть; список использованной литературы. Срок сдачи ИДЗ определяется преподавателем.

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты индивидуальных домашних заданий.

Задание № 1. Гидравлический расчет воздухопроводов систем вентиляции и кондиционирования воздуха и трубопроводов для систем отопления РГЗ включает:

- расчет диаметров воздухопроводов при заданном расходе и скорости воздуха;
- расчет потерь давления на трение и местные сопротивления;

- подбор вентилятора для работы на сеть;
- расчет гидравлических потерь напора в простых и сложных трубопроводах;
- подбор насоса для работы на сеть.

Задание №2. Расчет тепло-массообменных процессов в установках подготовки воздуха для создания требуемых параметров микроклимата включает:

- построение процессов обработки воздуха на $i-d$ диаграмме;
- расчет производительности СКВ;
- расчет требуемого количества тепла для подогрева воздуха в холодный период;
- расчет количества холода для охлаждения воздуха в теплый период года;
- определение количества влаги, конденсированной в оросительной камере в теплый период и испарившейся в холодный период года.

1. Задания к разделу

1.1. Определить перепад давления, необходимый для подбора вентилятора, подающего нагретый воздух в сеть, схема которого представлена на рис. 3.1. Расходы и размеры участков после вентилятора заданы. Каналы на участках 1-2-3-4-5-6 прямоугольные из шлакогипсовых плит. Потери давления на всасывающей линии вентилятора известны ($P_{вс} = 500$ Па). Считать, что движение воздуха происходит в изотермических условиях, давление в системе близко к атмосферному. Расходы воздуха Q_0 , $\text{м}^3/\text{с}$, даны при нормальных условиях, плотность воздуха $\rho_0 = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$

Принимать $\lambda = 0,03 \text{ кг}/\text{м}^3$ на всех участках. Рассчитать сопротивление в решетке воздуховода 3-5 (ζ_5)

| Параметр | Вариант | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| $t, ^\circ\text{C}$ | 20 | 30 | 35 | 35 | 45 | 50 | 60 |
| $Q_{3-4} \text{ м}^3/\text{с}$ | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| $Q_{3-5} \text{ м}^3/\text{с}$ | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 |
| $a \cdot b, \text{ см}$ | $28 \cdot 42$ | $30 \cdot 42$ | $30 \cdot 45$ | $35 \cdot 45$ | $30 \cdot 45$ | $28 \cdot 42$ | $25 \cdot 25$ |
| $m \cdot n, \text{ см}$ | $28 \cdot 28$ | $30 \cdot 30$ | $30 \cdot 30$ | $35 \cdot 30$ | $30 \cdot 20$ | $28 \cdot 28$ | $25 \cdot 48$ |
| $l_{3-4}, \text{ м}$ | 30 | 35 | 30 | 30 | 25 | 32 | 35 |
| $l_{2-3}, \text{ м}$ | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 27 | 30 |
| $l_{1-2}, \text{ м}$ | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 8 | 5 |
| $L_{3-5}, \text{ м}$ | 10 | 12 | 12 | 10 | 10 | 12 | 8 |
| ζ_4 | 2,6 | 2,8 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |

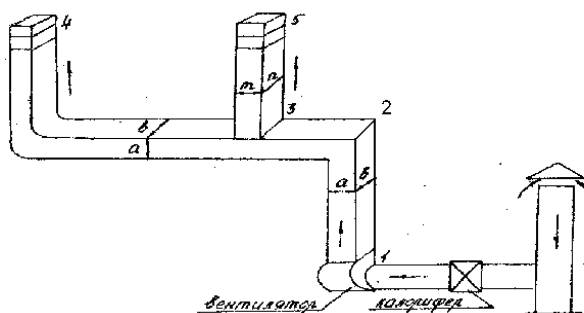


Рис. 1.1

1.2. Выбрать диаметр чугунных труб на всех участках распределенной водопроводной сети (рис. 3.2) при заданных расходах воды в точках потребления Q , известных геодезических отметках водопроводных кранов и узловых точек ∇ , замеренных длинных участков L при заданной шероховатости труб, $k_s=0,1 \text{ мм}$. В точках потребления должен сохраняться свободный напор не менее 5 м вод. ст. ($h_{св.}=5 \text{ м}$). Местные сопротивления на всех участках принять равными 10 % от сопротивления по трубе.

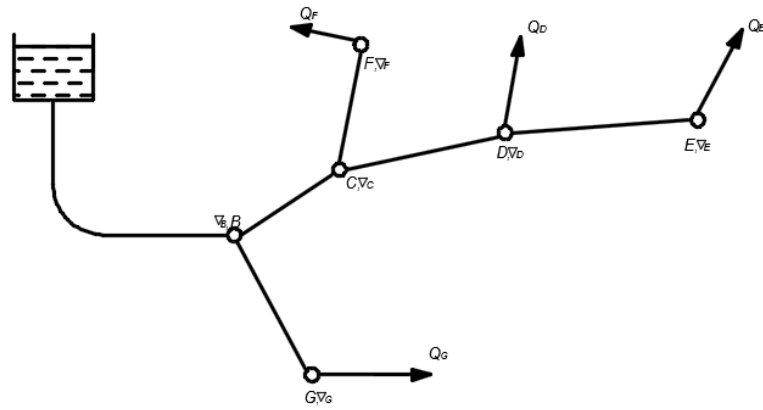


Рис. 1.2

2.Задания к разделу 2

2.1. Плоскую поверхность с температурой t_1 необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты не превышали значения теплового потока равного q , при температуре на внешней поверхности изоляции t_2 . Найти толщину слоя изоляции, если его коэффициент теплопроводности равен λ .

| Параметр | вариант | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| t_1, C | 620 | 580 | 530 | 470 | 400 | 350 | 280 | 250 | 200 | 150 |
| t_2, C | 50 | 49 | 47 | 45 | 43 | 41 | 40 | 39 | 35 | 20 |
| $q, \text{Вт/м}^2$ | 450 | 300 | 400 | 350 | 450 | 200 | 200 | 150 | 125 | 50 |
| $\lambda, \text{Вт/(м К)}$ | 0,1 | 0,13 | 0,2 | 0,15 | 0,29 | 0,29 | 0,24 | 0,12 | 0,29 | 0,11 |

2.2. Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника при прямоточном и противоточном движении теплоносителей. Теплоносителем является газ начальной температурой t_1 и конечной t_2 . Необходимо нагреть некоторый объем воздуха при нормальных физических условиях G от t_3 до t_4 . Принять коэффициент теплопередачи $20 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, теплоемкость воздуха постоянной.

| параметр | вариант | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| t_1, C | 650 | 640 | 630 | 620 | 610 | 600 | 590 | 580 | 570 | 560 |
| t_2, C | 250 | 350 | 275 | 325 | 300 | 225 | 400 | 375 | 200 | 350 |
| t_3, C | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| t_4, C | 180 | 185 | 190 | 240 | 230 | 220 | 210 | 200 | 190 | 180 |
| $G, \text{м}^3/\text{ч}$ | 20000 | 25000 | 30000 | 35000 | 40000 | 21000 | 32000 | 39000 | 41000 | 25000 |

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-3 Способность осуществлять обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|--|--|
| ПК-3.1 | Экзамен, выполнение и защита ИДЗ, решение задач по |

| | |
|--|--|
| Выбирает данные для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата | определению тепло-и холодопроизводительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тестовый контроль, собеседование, устный опрос |
| ПК-3.2 Выбирает метод и методики выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата. | Экзамен, выполнение и защита ИДЗ, решение задач по определению тепло-и холодопроизводительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тестовый контроль, собеседование, устный опрос |
| ПК-3.3 Выполняет контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата | Экзамен, выполнение и защита ИДЗ, решение задач по определению тепло-и холодопроизводительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тестовый контроль, собеседование, устный опрос |

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|---|---|
| 1 | Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Первый и второй закон термодинамики, его аналитические выражения. Термодинамические циклы в оборудовании ОВК. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие о внешней и внутренней энергии тела. Две формы передачи энергии. Теплота и работа. Основные параметры состояния рабочего тела. 2. Смеси идеальных газов. Определение средней (кажущейся) молекулярной массы, плотности и газовой постоянной смеси. 3. Внутренняя энергия газа и ее определение. 4. Эквивалентность теплоты и работы. Формулировка и аналитическая форма I закона термодинамики. 5. Энтальпия, основные понятия и определения. 6. Основные понятия о теплоемкости. Массовая, объемная и мольная теплоемкости и их взаимосвязь. 7. Зависимость теплоемкости газа от температуры. Истинная и средняя теплоемкости и их взаимосвязь. Теплоемкость газовых смесей. 8. Энтропия, основные понятия и определения. Вычисление изменения энтропии идеального газа. Тепловая TS- диаграмма и ее применение. 9. Круговые процессы или циклы. Цикл Карно, прямой и обратный, его практическое значение в системах создания микроклимата. 10. Второй закон термодинамики, его сущность и основные формулировки, их связи с принципом действия технических устройств. |
| 2 | Реальные газы: водяной пар, влажный воздух. Процессы во влажном воздухе. Истечение газов и жидкостей. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения. PV-диаграмма водяного пара. 2. Определение параметров кипящей жидкости и сухого насыщенного пара по расчетным формулам. |

| | | |
|---|---|---|
| | | <p>таблицам и iS-диаграмме.</p> <p>3. Определение параметров влажного насыщенного пара по расчетным формулам и iS-диаграмме.</p> <p>4. Процесс дросселирования газов и паров, его физическая сущность и уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования.</p> <p>5. Дросселирование реальных газов и водяного пара. Практическое использование процесса дросселирования.</p> <p>6. Влажный воздух как смесь идеальных газов. Определение влагосодержания, относительной влажности и точки росы.</p> <p>7. $J-d$- диаграмма влажного воздуха - принципы построения, характерные особенности, определение параметров, расчет процессов.</p> |
| 3 | <p>Уравнения гидродинамики. Виды и расчет гидравлических сопротивлений.</p> <p>Последовательность расчета инженерных сетей различного назначения.</p> | <p>1. Гидродинамические параметры потоков жидкостей и газов.</p> <p>2. Основные уравнения гидродинамики, их практическое значение в расчетах оборудования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.</p> <p>3. Гидравлический расчет простых и сложных трубопроводов инженерных сетей.</p> <p>4. Подбор вентиляционного оборудования для систем вентиляции и кондиционирования воздуха.</p> <p>5. Гидравлический расчет систем отопления и холодоснабжения СКВ.</p> <p>6. Аэродинамический расчет воздухопроводов.</p> |
| 4 | <p>Тепло и массообменные процессы в оборудовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха</p> | <p>1. Теплопроводность, основные понятия и определения. Закон Фурье.</p> <p>2. Теплопроводность в однослойной и многослойной плоской стенке - тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.</p> <p>3. Конвективный теплообмен — физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его определение.</p> <p>4. Характеристика основных критериев подобия процессов конвективного теплообмена (чисел Прандтля, Рейнольдса, Грасгофа, Нуссельта), их физический смысл и применение в тепловых расчетах.</p> <p>5. Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.</p> <p>6. Теплообмен излучением: физическая сущность процесса, интенсивность излучения, основные законы.</p> <p>7. Сложный теплообмен, виды и расчет.</p> <p>8. Массообменные процессы, основные уравнения.</p> <p>9. Тепло и массообменные аппараты: классификация, схемы движения теплоносителей и их водяные эквиваленты, средний логарифмический температурный напор.</p> <p>10. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов</p> |

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Задача 1. В качестве нагревательных приборов системы отопления использованы стальные трубы $d_1=0,1$ м. Стояк, подводящий нагретую воду, и соединительные линии выполнены из труб $d_2=0,025$ м и приварены к торцам нагревательных труб. Определить потери давления при внезапном расширении трубопроводов, если скорость движения горячей воды в подводящих линиях $v=0,3$ м/с, а температура воды 80°C .

Задача 2. Недалеко от конца трубопровода диаметром $d=0,15$ м, транспортирующего вязкую жидкость ($\rho=900$ кг/м³, $\nu=1\cdot 10^{-4}$ м²/с), имеется задвижка Лудло. Определить пьезометрическое давление перед задвижкой при расходе $Q=0,04$ м³/с, если степень открытия задвижки $n=0,75$. В конце трубопровода давление равно атмосферному.

Задача 3. Определить поверхность нагрева водо-воздушного рекуперативного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объемный расход воздуха при нормальных условиях V_n , средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде K , начальные и конечные температуры воздуха и воды равны, t'_1, t''_1, t'_2 и t''_2 соответственно. Определить также расход воды G через теплообменник.

Указание. Среднюю объемную изобарную теплоёмкость воздуха принять равной $C'_{pm}=1,32$ КДж/(м³·К).

Исходные данные: $V_n=500$ м³/ч; $K=21$ Вт/(м²·К); $t'_1=500^\circ\text{C}$;
 $t''_1=250^\circ\text{C}$; $t'_2=10^\circ\text{C}$; $t''_2=90^\circ\text{C}$.

Определить: величины F и G_B .

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично⁷.

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

| Показатель оценивания результата обучения по дисциплине | Критерий оценивания |
|---|---|
| Знания | Знание законов гидродинамики, теплообмена и массообмена |
| | Знание алгоритмов решения задач по гидравлике и теплотехнике |
| | Объем освоенного материала по гидродинамике и тепломассообмену. |
| | Полнота ответов на вопросы |
| | Четкость изложения и интерпретации знаний |
| Умения | Умение использовать инструментарий для решения стандартных задач при расчете и выборе оборудования ОВК |
| | Умение применять теоретические основы законов сохранения энергии и материи при расчете систем создания микроклимата |
| | Умение рассчитывать тепло- и холодопроизводительность оборудования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха |
| | Умение осуществлять критический анализ при выборе оборудования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) |
| Навыки | Владеть навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов гидродинамики и тепломассообмена в оборудовании систем ОВК |
| | Владеть навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК |
| | Владеть навыками обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции |

⁷ В ходе текущей аттестации могут быть использованы балльно-рейтинговые шкалы.

| | |
|--|--|
| | Владеть навыками работы со справочным материалом, используя средства информационных технологий |
|--|--|

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|--|---|--|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Знание терминов, определений, понятий законов гидравлики и теплотехники | Не знает терминов и определений законов гидравлики и теплотехники | Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок | Знает термины и определения законов гидравлики и теплотехники | Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно |
| Знание алгоритмов решения задач по расчету теплообменных процессов и гидродинамики | Не знает алгоритмы решения задач по расчету теплообменных процессов и гидродинамики | Знает алгоритмы решения задач по расчету теплообменных процессов и гидродинамики | Знает алгоритмы решения задач, их интерпретирует и использует | Знает алгоритмы решения задач, может самостоятельно их получить и использовать |
| Объем освоенного материала по гидродинамике и теплообмену в оборудовании ОВК | Не знает значительной части материала дисциплины | Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей | Знает материал дисциплины в достаточном объеме | Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями |
| Полнота ответов на вопросы | Не дает ответы на большинство вопросов | Дает неполные ответы на все вопросы | Дает ответы на вопросы, но не все - полные | Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы |
| Четкость изложения и интерпретации знаний | Излагает знания без логической последовательности | Излагает знания с нарушениями в логической последовательности | Излагает знания без нарушений в логической последовательности | Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя |

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|--|--|--|---|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Умение использовать инструментарий для решения стандартных задач по гидродинамике и теплотехнике | Не умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач по ГД и ТМО | Умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач не в полном объеме | Умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач в полном объеме | Умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач в полном объеме, может его самостоятельно изменять |
| Умение применять теоретические основы для | Не умеет применять теоретические основы для | Умеет применять теоретические основы для построения и | Умеет применять теоретические основы для построения и | Умеет применять теоретические основы для построения и |

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| построения процессов обработки воздуха на i-d диаграмме | построения и расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмме | расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмм | расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмм, но допускает неточности | расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмм в полном объеме |
| Умение осуществлять гидравлический расчет трубопроводов различного назначения | Не умеет определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК | Умеет частично определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК | Умеет определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК, но допускает неточности | Умеет определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК в полном объеме |
| Владеть навыками работы со справочным материалом, используя средства информационных технологий | Не умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи по размещению оборудования ОВК | Умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи, но допускает неточности | Умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи по выбору и размещению установок ОВК в полном объеме | Умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи, а также самостоятельно их формулировать |

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|---|--|--|---|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Владеть навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов гидродинамики и теплообмена в оборудовании систем ОВК | Не владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов гидродинамики и теплообмена в оборудовании систем ОВК | Владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов ГД ТМО в оборудовании систем ОВК не в полном объеме | Владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов ГД ТМО в оборудовании систем ОВК, но допускает неточности | Владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов ГД ТМО в оборудовании систем ОВК в полном объеме |
| Владеть навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК | Не владеет навыками в применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК | Владеет навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК не в полном объеме | Владеет навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК но допускает неточности | Владеет навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК в полном объеме |
| Владеть навыками обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции | Не владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии | Владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии не в полном объеме | Владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии, но допускает неточности | Владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии в полном объеме |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Владеть навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий | Не владеет навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий | Владеет навыками работы со справочным аппаратом, но не использует средства информационных технологий | Владеет навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий не в полном объеме | Владеет навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий не в полном объеме |
|---|--|--|--|--|

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

| № | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
|---|--|--|
| 1 | Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации ГК, №312, 313, | Специализированная мебель. Информационные стенды по теплогаснабжению. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды, |
| 2 | Учебная аудитория для проведения лабораторных по гидравлике, практических занятий и для самостоятельной работы ГК, №007, №003. | Лабораторные стенды, информационные стенды по гидравлике. Интерактивная доска, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, |

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| № | Наименование Электронно-библиотечной системы (ЭБС) | Принадлежность/доступность | Адрес сайта | Наименование организации-владельца, реквизиты договора на использование |
|---|---|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Электронно-библиотечная система издательства «Лань» | Сторонняя/индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет | http://e.lanbook.com | ООО «Издательство Лань» Контракты №3261000041130001620003147-01 от 27/08/2013г. и №03261000041140000770003147-01 от 11/08/2014г. до 01/09/2015г. |
| 2 | Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех») | Собственная/индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет | http://ntb.bstu.ru | ФГБОУВО БГТУ им. «В.Г. Шухова» |
| 3 | Электронно-библиотечная Система "КнигаФонд" | Сторонняя/100 точек доступа по сети интернет | http://www.kni2afund.ru | ООО "Центр цифрового дистрибуции" Контракт №326-13к от 26/07/2013г. до 31/08/2014г |

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Ильина Т.Н., Семиненко А.С., Киреев В.М. Примеры расчетов тепло- и массообменных процессов: Учебное пособие –Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. - 144с.
2. Ильина Т.Н. Примеры гидравлических расчетов: учебное пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2008.-150с.
3. Ильина Т.Н. Гидродинамика и тепломассообмен в оборудовании систем создания микроклимата: учебное пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017.-150с.
4. Кузнецов В.А. Основы гидрогазодинамики: Учебное пособие –Белгород: Изд-во БГТУ, 2012
- 5.Ильина Т.Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей. Учебное пособие.- М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005- 192с.
6. Ильина Т.Н., Киреев В.М. Механика жидкости и газа: методические указания.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2008-42с.
7. Логинов В.С. Примеры и задачи по тепломассообмену: Учебное пособие –М.: Изд-во АСВ, 2011.
8. Цветков Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену: Учебное пособие / Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко. -2-ое изд., исправ. и доп.- М.: Издательский дом МЭИ,2008.- 196 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

<http://www.iprbookshop.ru/20500.html>

<http://www.iprbookshop.ru/20797>

<http://www.iprbookshop.ru/17063>

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918151705619300004316>

<http://www.iprbookshop.ru/20500.html>

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917444637067200004003>

Утверждение рабочей программы без изменений

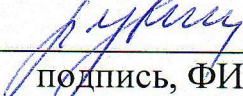
Рабочая программа без изменений утверждена на 2022/2023 учебный год.
Протокол № 12 заседания кафедры от «12» мая 2022 г.

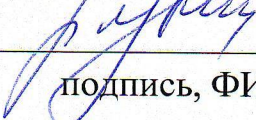
Заведующий кафедрой _____ В.А. Уваров
подпись, ФИО

Директор института _____ В.А. Уваров
подпись, ФИО

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2023/2024 учебный год.
Протокол № 12 заседания кафедры от «5» мая 2023 г.

Заведующий кафедрой _____ В.А. Уваров

подпись, ФИО

Директор института _____ В.А. Уваров

подпись, ФИО