

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Л.В.Болотских

«02» сентября 2019г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Аэродинамика»

**Направление подготовки 08.03.01 СТРОИТЕЛЬСТВО**

**Профиль Теплогазоснабжение и вентиляция**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года / 5 лет**

**Форма обучения очная / заочная**

**Год начала подготовки 2016**

Автор программы

/Зверков А.П./

Заведующий кафедрой  
Теплогазоснабжения и  
вентиляции

/Чудинов Д.М./

Руководитель ОПОП

/Чудинов Д.М./

Борисоглебск 2019

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Цели дисциплины** Целью преподавания дисциплины "Аэродинамика" является формирование фундаментальной базы знаний, необходимых при расчете устройств, систем и процессов теплогазоснабжения, отопления и вентиляции

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Задачами дисциплины «Аэродинамика» является научить студента

- общими теоретическими методами постановки, исследования и решения задач, связанных с перемещением газообразных сред;
- приобретают навыки работы с измерительными приборами (микроманометры, расходомеры, пневмометрические трубки и т.д.), лабораторным исследовательским гидрооборудованием;
- навыкам решения практических задач расчета трубопроводных систем для перемещения газов, сооружения для передачи тепловой энергии, вентиляционных систем.

При освоении дисциплины необходимо изучить следующие вопросы:

- основы кинематики и динамики газов;
- равновесие газов;
- расчет трубопроводов для газов;
- истечение газов из отверстий и через насадки;
- теорию воздушных струй;
- моделирование гидроаэродинамических явлений

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Аэродинамика» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Аэродинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-2 - способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат

ПК-13 - знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности

ПК-14 - владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных

проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>   |
|--------------------|--|
| ОПК-1              | знать основные законы естественнонаучных дисциплин   |
|                    | уметь применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования   |
|                    | владеть способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования   |
| ОПК-2              | знать основные законы естественнонаучных дисциплин   |
|                    | уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности  |
|                    | владеть способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат  |
| ПК-13              | знать фундаментальную и прикладную научно-техническую литературу для изучения дисциплины   |
|                    | уметь использовать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности   |
|                    | владеть знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности  |
| ПК-14              | знать методы физического и математического (компьютерного) моделирования   |
|                    | уметь применять методы испытаний строительных конструкций и изделий, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам  |
|                    | владеть методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам |

#### **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины «Аэродинамика» составляет 5 з.е.

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

| Виды учебной работы               | Всего часов | Курс |    |
|-----------------------------------|-------------|------|----|
|                                   |             |      | 4  |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b> | 24          | -    | 24 |
| В том числе:                      |             |      |    |
| Лекции                            | 12          | -    | 12 |
| Практические занятия (ПЗ)         | 12          | -    | 12 |

|  |      |   |      |
|--|------|---|------|
| <b>Самостоятельная работа</b>                            | 143  | - | 143  |
| <b>Курсовой проект</b>                                   | +    |   | +    |
| Часы на контроль   | 13   | - | 13   |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой | +, + |   | +, + |
| Общая трудоемкость:                                      |      |   |      |
| академические часы                                       | 180  | 0 | 180  |
| зач.ед.  | 5    | 0 | 5    |

### очная форма обучения

| Виды учебной работы                                      | Всего часов | Семестры |     |
|--|-------------|----------|-----|
|  |             | 5        | 6   |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                        | 72          | 18       | 54  |
| В том числе:   |             |          |     |
| Лекции   | 36          | 18       | 18  |
| Практические занятия (ПЗ)                                | 36          | -        | 36  |
| <b>Самостоятельная работа</b>                            | 72          | 18       | 54  |
| <b>Курсовой проект</b>                                   | +           |          | +   |
| Часы на контроль   | 36          | 36       | -   |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой | +           | +        | +   |
| Общая трудоемкость:                                      |             |          |     |
| академические часы                                       | 180         | 72       | 108 |
| зач.ед.  | 5           | 2        | 3   |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная/заочная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                    | Содержание раздела  | Лекц | Прак зан. | СРС   | Всего, час |
|-------|--------------------------------------|---|------|-----------|-------|------------|
| 1     | Равновесие газов                     | Термодинамические и физические свойства газов.<br>Равновесие газов в поле силы тяжести.   | 8/2  | -/2       | 8/27  | 16/31      |
| 2     | Основы кинематики и динамики газов   | Уравнение сохранения расхода.<br>Уравнение Бернулли для потоков газа.<br>Изменение параметров газа вдоль трубы.<br>Обтекание твердых тел потоком газа.<br>Сопротивление трения.   | 10/2 | -/2       | 10/30 | 20/34      |
| 3     | Расчет трубопроводов для газов       | Расчет каналов систем естественной вентиляции.<br>Расчет трубопроводов для газов при малых и больших перепадах давлений.<br>Аэродинамический расчет всасывающих и нагнетательных воздухопроводов.<br>Принцип расчета воздухораспределителей.<br>Особенности расчета трубопроводов пневмотранспорта. | 6/3  | 12/3      | 18/30 | 36/36      |
| 4     | Истечение газов из отверстий и через | Истечение газов из отверстий и через насадки.<br>Истечение газов при переменном давлении.   | 6/2  | 12/2      | 18/28 | 36/32      |

|                 |   |  |              |              |               |                |
|-----------------|---|--|--------------|--------------|---------------|----------------|
|                 | насадки. Воздушные струи                    | Теория воздушных струй.<br>Взаимодействие струй.<br>Распространение струи в ограниченном пространстве.   |              |              |               |                |
| 5               | Моделирование гидроаэродинамических явлений | Теория размерностей.<br>Механическое подобие.<br>Гидродинамические критерии подобия.<br>Моделирование гидроаэродинамических явлений.<br>Методы аналогий. | 6/3          | 12/3         | 18/28         | 36/34          |
| <b>Контроль</b> |   |  |              |              |               | <b>36/13</b>   |
| <b>Итого</b>    |   |  | <b>36/12</b> | <b>36/12</b> | <b>72/143</b> | <b>180/180</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 курсового проекта в 6 семестре для очной формы обучения и в сессию 3 на 4 курсе для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Аэродинамический расчёт приточных и вытяжных вентиляционных сетей с механическим побуждением»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

Микроклимат помещения зависит от качества и количества подаваемого и удаляемого воздуха в помещении. В целях обеспечения необходимого количества приточного и вытяжного воздуха выполняется аэродинамический расчет приточных и вытяжных систем.

Результатом аэродинамического расчета являются: определение диаметров воздуховодов; подбор вентилятора в соответствии с аэродинамической характеристикой сети; расстановка дросселирующих устройств для проведения пусконаладочных работ. Курсовой проект включает в себя графическую часть и 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                             |
|-------------|---|---|--|---|
| ОПК-1       | знать основные законы естественнонаучных дисциплин                | Активная работа на практических и лабораторных занятиях | Выполнение работ в срок, предусмотренный | Невыполнение работ в срок, предусмотренны |

|       |  |  |   |   |
|-------|--|--|---|---|
|       |  | отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта   | в рабочих программах  | й в рабочих программах  |
|       | уметь применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования   | Решение стандартных практических заданий, написание курсового проекта  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|       | владеть способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта       | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ОПК-2 | знать основные законы естественнонаучных дисциплин   | Активная работа на практических и лабораторных занятиях отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|       | уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности  | Решение стандартных практических заданий, написание курсового проекта  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|       | владеть способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта       | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-13 | знать фундаментальную и прикладную научно-техническую литературу для изучения дисциплины   | Активная работа на практических и лабораторных занятиях отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|       | уметь использовать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности   | Решение стандартных практических заданий, написание курсового проекта  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|       | владеть знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта       | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-14 | знать методы физического и математического (компьютерного) моделирования   | Активная работа на практических и лабораторных занятиях  | Выполнение работ в срок, предусмотренный                      | Невыполнение работ в срок, предусмотренный                      |

|  |   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
|  |   | отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта   | в рабочих программах  | й в рабочих программах  |
|  | уметь применять методы испытаний строительных конструкций и изделий, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам   | Решение стандартных практических заданий, написание курсового проекта  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|  | владеть методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5, 6 семестре для очной формы обучения и в сессии 2 и 3 на 4 курсе для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции  | Критерии оценивания                                      | Отлично  | Хорошо  | Удовл.   | Неудовл.                             |
|-------------|--|--|--|---|--|--------------------------------------|
| ОПК-1       | знать основные законы естественнонаучных дисциплин   | Тест   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%  | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|             | уметь применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования   | 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 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) | 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                     |

|       |   |  |  |   |  |                                      |
|-------|---|--|--|---|--|--------------------------------------|
|       | моделирования, теоретического и экспериментального исследования   |  |  |   |  |                                      |
| ОПК-2 | знать основные законы естественнонаучных дисциплин  | Тест   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%  | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|       | уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности   | 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 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат | 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-13 | знать фундаментальную и прикладную научно-техническую литературу для изучения дисциплины  | Тест   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%  | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|       | уметь использовать научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности  | 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 знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности   | 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-14 | знать методы физического и математического (компьютерного) моделирования  | Тест   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%  | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|       | уметь применять методы испытаний строительных конструкций и изделий, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам   | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный                       | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |



|  |   |  |  |   |  |                  |
|--|---|--|--|---|--|------------------|
|  |   |  |  | ответ во<br>всех задачах  |  |                  |
|  | владеть методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам | 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 (типичные 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

- Чему равна универсальная газовая постоянная R:
  - 8314 Дж/(кмоль\*К);
  - $10^5$  Па;
  - 273,15 К;
  - 287 Дж/(кмоль\*К);
- Как можно записать первый закон термодинамики:
  - $PV = MRT$  ;
  - $\Delta Q = \Delta U - A$  ;
  - $\Delta Q = \Delta U + A$  ;
  - $pV = R_0 T$  ;
- При изохорном процессе справедливо уравнение:
  - $P_1/P_2 = T_1/T_2$  ;
  - $PV = \text{const}$  ;
  - $PV^k = \text{const}$  ;
  - $V_1/V_2 = T_1/T_2$  ;
- При изотермическом процессе справедливо уравнение:
  - $P_1/P_2 = T_1/T_2$  ;
  - $PV = \text{const}$  ;
  - $PV^k = \text{const}$  ;
  - $V_1/V_2 = T_1/T_2$  ;
- Уравнение Майера имеет вид:
  - $C_p - C_v = R_0$  ;
  - $A = - \Delta U$  ;
  - $\Delta U = C_v \Delta T$  ;
  - $PV = RT$  ;
- Распределение давлений газов по высоте для случая однородной атмосферы можно представить:

$$A. p = P_0 * e^{\frac{gh}{R_0 T}}$$

- Б.  $p = \text{const}$ ;  
 В.  $p = p_1 + p_2$  ;  
 Г.  $p = p_0 + pgh$ ;
7. Распределение давлений газов по высоте для случая изотермической атмосферы можно представить:
- А.  $p = P_0 * e^{\frac{gh}{R_0 T}}$ ;  
 Б.  $p = \text{const}$ ;  
 В.  $p = p_1 + p_2$  ;  
 Г.  $p = P_0 + pgh$ ;
8. Какой член уравнения Бернулли ( $P + \rho yz + \rho u^2/2 = \text{const}$ ) называют весовым давлением:  
 А.  $P$  ;  
 Б.  $\rho yz$ ;  
 В.  $\rho u^2/2$ ;  
 Г.  $P + \rho yz$ ;
9. Какой член уравнения Бернулли ( $P + \rho yz + \rho u^2/2 = \text{const}$ ) называют статическим давлением:  
 А.  $P$ ;  
 Б.  $\rho yz$ ;  
 В.  $\rho u^2/2$ ;  
 Г.  $P + \rho yz$ ;
10. Какой член уравнения Бернулли ( $P + \rho yz + \rho u^2/2 = \text{const}$ ) называют динамическим (скоростным) давлением:  
 А.  $P$ ;  
 Б.  $\rho yz$ ;  
 В.  $\rho u^2/2$ ;  
 Г.  $P + \rho yz$

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какое из приведенных ниже уравнений называют уравнением сохранения массового расхода газа:  
 А.  $P + \rho yz + \rho u^2/2 = \text{const}$ ;  
 Б.  $G = \rho * v * \omega$ ;  
 В.  $M = \rho * v * \omega$ ;  
 Г.  $M = v * \omega$ ;
2. Какое из приведенных ниже уравнений называют уравнением сохранения весового расхода газа:  
 А.  $P + \rho yz + \rho u^2/2 = \text{const}$ ;  
 Б.  $G = \gamma * v * \omega$ ;  
 В.  $M = \rho * v * \omega$ ;  
 Г.  $M = v * \omega$ ;
3. Через поперечное сечение воздуховода за  $10$  с проходит воздух объемом  $V = 100 \text{ м}^3$ ,  $\rho_{\text{в}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ . Чему равен массовый расход воздуха.  
 А.  $120 \text{ кг/с}$ ;  
 Б.  $12 \text{ кг/с}$  ;  
 В.  $10 \text{ кг/с}$ ;  
 Г.  $1,2 \text{ кг/с}$ ;
4. При обтекании твердых тел потоком газа полная сила сопротивления равна:  
 А.  $F = F_{\text{давл}} \cdot F_{\text{трэн}}$  ;  
 Б.  $F = F_{\text{давл}} - F_{\text{трэн}}$ ;  
 В.  $F = F_{\text{давл}} / F_{\text{трэн}}$ ;  
 С.  $F = F_{\text{давл}} + F_{\text{трэн}}$ ;
5. Как определить силу сопротивления давления при обтекании твердых тел потоком газа:  
 А.  $F_{\text{давл}} = C_D \rho$  ;  
 Б.  $F_{\text{давл}} = 2 C_D \rho v^2$ ;

- В.  $F_{\text{давл}} = \rho v^2 / 2$ ;  
 С.  $F_{\text{давл}} = 2 C_D \omega \rho v^2 / 2$ ;
6. Как определить силу сопротивления трения при обтекании твердых тел потоком газа:  
 А.  $F_{\text{трени}} = C_f \omega$ ;  
 Б.  $F_{\text{трени}} = 2 C_f \omega \rho v^2$ ;  
 В.  $F_{\text{трени}} = \rho v^2 / 2$ ;  
 С.  $F_{\text{трени}} = C_f \omega \rho v^2 / 2$ ;
7. Чем отличается расчет трубопроводов для газов при малых относительных перепадах давлений от расчета трубопровода для газов при больших относительных перепадах давления:  
 А. При малом относительном перепаде давления сжимаемостью газа можно пренебречь;  
 Б. При большом относительном перепаде давления сжимаемостью газа можно пренебречь;  
 В. При малом относительном перепаде давления потери давления можно принять равными нулю;  
 Г. При большом относительном перепаде давления потери давления можно принять равными нулю;
8. Из чего складываются потери давления при движении газа по трубопроводу:  
 А. из разности потерь давления на трение по длине и потерь в местных сопротивлениях;  
 Б. из произведения потерь давления на трение по длине и потерь в местных сопротивлениях;  
 В. из суммы потерь давления на трение по длине и потерь в местных сопротивлениях;  
 Г. потери давления во всех случаях равны нулю;
9. Чему равны потери давления на трение по длине:  
 А.  $\Delta p = \sum \xi + \rho v^2 / 2$ ;  
 Б.  $\Delta p = \lambda * l / d * \rho v^2 / 2$ ;  
 В.  $\Delta p = \lambda * (1 / d + \rho v^2 / 2)$ ;  
 Г.  $\Delta p = \sum \xi * \rho v^2 / 2$ ;
10. Чему равны потери давления в местных сопротивлениях:  
 А.  $\Delta p = \sum \xi + \rho v^2 / 2$ ;  
 Б.  $\Delta p = \lambda * l / d * \rho v^2 / 2$ ;  
 В.  $\Delta p = \lambda * (1 / d + \rho v^2 / 2)$ ;  
 Г.  $\Delta p = \sum \xi * \rho v^2 / 2$

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определить потери давления на участке воздуховода длиной  $l = 10 \text{ м}$ , если сумма коэффициентов местных сопротивлений  $\sum \xi = 2$ , (удельные потери давления на трение  $R_l = 1,5 \text{ Па/м}$ ;  $\rho_{\text{возд}} = 15 \text{ Па}$ )  
 А. 45 Па;  
 Б. 15 Па;  
 В. 30 Па;  
 Г. 153 Па;
2. На что расходуется давление, развиваемое вентилятором:  
 А. на преодоление сопротивлений всасывающей сети воздухопроводов;  
 Б. на преодоление сопротивлений нагнетательной сети воздухопроводов;  
 В. на создание динамического давления на выходе из воздуховода;  
 Г. на преодоление сопротивлений всасывающей и нагнетательной сети воздухопроводов, а также на создание динамического давления на выходе из воздуховода;
3. Цель аэродинамического расчета сети воздухопроводов:  
 А. подобрать размеры поперечного сечения сети воздухопроводов;  
 Б. определить потери давления на отдельных участках и по сети в целом;  
 В. подобрать вентилятор;  
 Г. подобрать размеры поперечного сечения сети воздухопроводов; определить потери давления на отдельных участках и по сети в целом; подобрать вентилятор;
4. В приточном воздухораспределителе постоянного поперечного сечения средняя скорость потока по направлению от входа вдоль его длины:

- А. не изменяется;
  - Б. уменьшается;
  - В. увеличивается;
  - Г. не зависит от площади поперечного сечения;
5. Одинаковый расход воздуха по всей длине щели приточного воздухораспределителя может быть обеспечен:
- А. изменением поперечного сечения воздухораспределителя;
  - Б. изменением ширины боковой щели;
  - В. не может быть обеспечен;
  - Г. как изменением поперечного сечения воздухораспределителя, так и изменением ширины боковой щели;
6. Скорость восходящего потока (при пневмотранспортировании), при которой твердые частицы остаются во взвешенном состоянии, называют:
- А. скоростью света;
  - Б. критической скоростью;
  - В. скоростью витания;
  - Г. скоростью транспортирования;
7. Потери давления в системах пневмотранспорта можно определить по формуле:
- А.  $\Delta r_{см} = \Delta r_{в} (1 + \varphi * \mu_p)$ ;
  - Б. равны потерям давления при движении чистого воздуха, при тех же условиях;
  - В.  $\Delta r_{см} = \Delta r_{в} * \varphi * \mu_p$ ;
  - Г.  $\Delta r_{см} = \Delta r_{в} (1 + \mu_p)$ ;
8. Определить потери давления при пневмотранспортировании твердых частиц по воздуховоду  $\mu_p = 0,5$  и  $\varphi = 0,6$ . Потери давления при движении чистого воздуха при тех же условиях  $R_{в} = 100$  Па.
- А. 50 Па;
  - Б. 70 Па;
  - В. 130 Па;
  - Г. 100 Па;
9. При истечении газов из отверстий основным вопросом является:
- А. определение скорости истечения и расхода жидкости;
  - Б. определение необходимого диаметра отверстий;
  - В. определение объема резервуара;
  - г) определение гидравлического сопротивления отверстия;
10. Опорожнение сосудов (резервуаров) это истечение через отверстия и насадки:
- А. при постоянном напоре;
  - Б. при переменном напоре;
  - В. при переменном расходе;
  - Г. при постоянном расходе;
11. Из какого сосуда за единицу времени вытекает больший объем жидкости или газа (сосуды имеют одинаковые геометрические характеристики)?
- А. сосуд с постоянным напором;
  - Б. сосуд с уменьшающимся напором;
  - В. расход не зависит от напора;
  - Г. сосуд с увеличивающимся напором;
12. Толщина пограничного слоя струи:
- А. уменьшается с увеличением расстояния от выходного отверстия;
  - Б. возрастает с увеличением расстояния от выходного отверстия;
  - В. остается неизменной не зависимо от расстояния от выходного отверстия;
  - Г. уменьшается с увеличением расстояния от выходного отверстия и на некотором расстоянии становится неизменной;
13. Основными параметрами, характеризующими турбулентную струю являются:
- А. осевая скорость;

- Б. диаметр (для круглых) и ширина (для прямоугольных) выходных отверстий;
  - В. расход воздуха и средняя скорость;
  - Г. все вышеперечисленные параметры;
14. При решении задач по взаимодействию воздушных потоков расчет состоит:
- А. в определении параметров результирующего потока;
  - Б. в определении параметров взаимодействующих потоков;
  - В. в определении параметров одного из взаимодействующих потоков;
  - Г. в определении параметров взаимодействующих и результирующего потока;
15. По каким основным характеристикам подбирают вентилятор:
- А. По развиваемому давлению;
  - Б. По максимальному расходу;
  - В. По номеру вентилятора;
  - Г. По развиваемому давлению и максимальному расходу;
16. КПД вентилятора представляет собой:
- А. потребляемую мощность;
  - Б. отношение полезной теоретической мощности, передаваемой вентилятором перемещаемой среде к потребляемой мощности;
  - В. разность полезной теоретической мощности, передаваемой вентилятором перемещаемой среде и потребляемой мощности;
  - Г. произведение полезной теоретической мощности, передаваемой вентилятором перемещаемой среде и потребляемой мощности

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

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для зачета с оценкой и экзамена**

##### **Вопросы для зачета с оценкой**

1. История развития дисциплины «аэродинамика».
2. Физические свойства газов: удельный вес, плотность, вязкость, расширяемость, сжимаемость.
3. Термодинамические свойства газов: давление, объем, температура.
4. Уравнение состояния реальных газов. Термодинамические процессы.
5. Равновесие газов в поле силы тяжести для случаев изотермической и политропической атмосферы.
6. Уравнение сохранения расхода для потоков газа.
7. Уравнение Бернулли для потоков газа.
8. Изменение параметров газа вдоль трубы.
9. Обтекание твердых тел потоком газа. Сопротивления трения и давления.
10. Расчет газопроводов при малых перепадах давлений.
11. Расчет газопроводов при больших перепадах давлений.
12. Аэродинамический расчет всасывающих и нагнетательных воздухопроводов.
13. Расчет воздухораспределителей.
14. Расчет трубопроводов пневмотранспорта.
15. Истечение газов из отверстий и через насадки.
16. Истечение газов при переменном давлении. Опорожнение газовых резервуаров.
17. Воздушные струи. Классификация.
18. Свободная затопленная турбулентная струя. Основные параметры.
19. Взаимодействие воздушных потоков.
20. Распространение струи в ограниченном пространстве.
21. Конвективные потоки.
22. Вентиляторы. Классификация вентиляторов.
23. Подача, развиваемое давление, потребляемая мощность вентиляторов.
24. Аэродинамическая характеристика вентилятора.

25. Аэродинамический расчет сети воздухопроводов. Порядок и последовательность аэродинамического расчета. Подбор вентиляторов.
26. Теория размерностей.
27. Механическое подобие.
28. Гидродинамические критерии подобия.
29. Моделирование гидроаэродинамических явлений.
30. Методы аналогий.

#### **Вопросы для экзамена**

1. Термодинамические и физические свойства газов.
2. Равновесие газов в поле силы тяжести.
3. Уравнение сохранения расхода.
4. Уравнение Бернулли для потоков газа.
5. Изменение параметров газа вдоль трубы.
6. Обтекание твердых тел потоком газа.
7. Сопротивление трения.
8. Расчет каналов систем естественной вентиляции.
9. Расчет трубопроводов для газов при малых и больших перепадах давлений.
10. Аэродинамический расчет всасывающих и нагнетательных воздухопроводов.
11. Принцип расчета воздухораспределителей.
12. Особенности расчета трубопроводов пневмотранспорта.
13. Истечение газов из отверстий и через насадки.
14. Истечение газов при переменном давлении.
15. Теория воздушных струй.
16. Взаимодействие струй.
17. Распространение струи в ограниченном пространстве.
18. Теория размерностей.
19. Механическое подобие.
20. Гидродинамические критерии подобия.
21. Моделирование гидроаэродинамических явлений.
22. Методы аналогий

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

Зачет с оценкой может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи типовых задач и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме с учетом результатов тестирования.

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины                      | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства     |
|-------|---|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1     | Равновесие газов  | ОПК-1, ОПК-2, ПК -13, ПК-14    | Тест, требования к курсовому проекту |
| 2     | Основы кинематики и динамики газов                            | ОПК-1, ОПК-2, ПК -13, ПК-14    | Тест, требования к курсовому проекту |
| 3     | Расчет трубопроводов для газов                                | ОПК-1, ОПК-2, ПК -13, ПК-14    | Тест, требования к курсовому проекту |
| 4     | Истечение газов из отверстий и через насадки. Воздушные струи | ОПК-1, ОПК-2, ПК -13, ПК-14    | Тест, требования к курсовому проекту |
| 5     | Моделирование гидроаэродинамических явлений                   | ОПК-1, ОПК-2, ПК -13, ПК-14    | Тест, требования к курсовому проекту |

### 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

#### Основная литература

1. Каменев, Петр Николаевич. Вентиляция [Текст] : учебник : допущено МО РФ / Каменев, Петр Николаевич, Тертничник, Евгений Иванович. - М. : АСВ, 2008 (Киров : ОАО "Дом печати - Вятка", 2007). - 614 с. : ил. – 25 экз.
2. Аэродинамика вентиляции [Текст] : учебное пособие / Полушкин Виталий Иванович [и

др.] ; под ред. В. И. Полушкина. - Москва : Академия, 2013 (Тверь :ОАО "Твер. полиграф. комбинат", 2013). - 203, [1] с., [16] л. цв. ил. : ил. – 25 экз.

#### **Дополнительная литература**

1. Феоктистов А.Ю. Аэродинамика вентиляции. Механика Аэрозолей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Феоктистов А.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011.— 92 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28339>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Свистунов, Василий Михайлович. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства [Текст] : учебник для вузов / Свистунов, Василий Михайлович, Пушняков, Николай Карпович. - 2-е изд. - СПб. : Политехника, 2007 (Петрозаводск : ГУП РК "Респ. тип.им. П. Ф. Анохина", 2006). - 421 с. : ил. – 25 экз.
3. Посохин, Владимир Николаевич. Аэродинамика вентиляции [Текст] / Посохин, Владимир Николаевич ; Техн. б-ка НП "АВОК". - М. : АВОК-ПРЕСС, 2008 (Ярославль : ОАО "Ярославский полиграфкомбинат", 2008). - 208 с. : ил. – 25 экз.
4. Кудинов, Василий Александрович. Гидравлика [Текст] : учеб.пособие для вузов : допущено МО РФ / Кудинов, Василий Александрович, Карташов, Эдуард Михайлович. - М. :Высш. шк., 2006 (Смоленск : Смоленская обл. типография им. В. И. Смирнова, 2005). - 174 с. : ил. – 25 экз.
5. Бабкин, Виктор Филиппович. Гидравлика [Текст] : учеб.-метод. пособие / Бабкин, Виктор Филиппович, Яценко, Валентин Николаевич, Китаев, Дмитрий Николаевич ; Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т. - Воронеж : [б. и.], 2006 (Воронеж : Отдел оперативной полиграфии ВГАСУ, 2006). - 53 с. – 25 экз.

Сайриллинов, СайриллиновШахобович. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения [Текст] : учеб.пособие: допущено МО РФ / Сайриллинов, СайриллиновШахобович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : АСВ, 2008 (Киров : ОАО "Дом печати - Вятка", 2007). - 351 с. – 25 экз

### **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:**

1. Электронная версия периодического справочника «Система ГАРАНТ».
2. Компьютерная система «Стройконсультант».
3. <http://www.megapetroleum.ru>.
4. Программа GIDROGRAF, разработанная кафедрой ТГС ВГАСУ

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

Материально-техническая база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий.

Лекционные и практические занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, с использованием интерактивных досок, проекционного и мультимедийного оборудования.

В самостоятельной и аудиторной работе студентами активно используются единая информационная база (новая литература, периодика, электронные образовательные ресурсы, электронные учебники, справочники,



цифровые образовательные ресурсы):

- IBMPC- совместимые компьютеры (ауд. 6,7);
- мультимедийное оборудование;
- лабораторные установки по исследованию:
  - круглой изотермической струи
  - воздухоулаживающих и воздухозаборных устройств

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

По дисциплине «Аэродинамика» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

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 аэродинамики зданий и сооружений. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

| 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 экзаменом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала. |
|---------------------------------------|--|