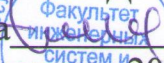


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  Яременко С.А.  
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**«Аэродинамика»**

**Направление подготовки** 08.03.01 Строительство

**Профиль** Теплогазоснабжение и вентиляция


**Квалификация выпускника** бакалавр

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

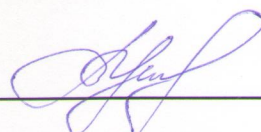
**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2018

Автор программы

  
\_\_\_\_\_/Китаев Д.Н./

И.о. заведующего кафедрой  
Теплогазоснабжения и  
нефтегазового дела

  
\_\_\_\_\_/Тульская С.Г./

Руководитель ОПОП

  
\_\_\_\_\_/Мелькумов В.Н./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины «Аэродинамика» является научить студентов проводить аэродинамические расчеты систем теплогазоснабжения и вентиляции, применять методы аэродинамического анализа.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

1. Изучить основные законы равновесия и движения газов.
2. Освоить методики расчета трубопроводов, транспортирующих газовые среды
3. Уметь рассчитывать параметры вентиляторов и осуществлять их выбор.

## 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:

ПК-4 - Способен организовывать работы по техническому обслуживанию, эксплуатации, ремонту, реконструкции систем ТГВ, разрабатывать и внедрять мероприятия по ресурсо- и энергосбережению

ПК-5 - Способен выполнять и организовывать работы по проектированию систем теплогазоснабжения и вентиляции зданий, сооружений, населённых мест

ПК-6 - Способен выполнять и организовывать авторский надзор по проектным решениям систем ТГВ

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи расчета трубопроводных систем для перемещения газов.
	Владеть: методиками аэродинамического расчета; методами моделирования аэродинамических процессов.
ПК-5	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи

	расчета трубопроводных систем для перемещения газов. Владеть: методиками аэродинамического расчета; методами моделирования аэродинамических процессов.
ПК-6	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи расчета трубопроводных систем для перемещения газов.
	Владеть: методиками аэродинамического расчета; методами моделирования аэродинамических процессов.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### очная форма обучения

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

##### заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	8	8
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	163	163
<b>Курсовой проект</b>	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	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	Основные законы равновесия и движения газов	Термодинамические свойства газов. Равновесие газов в поле силы тяжести. Уравнение сохранения расхода и уравнение Д. Бернулли для потоков газа. Изменение параметров газа вдоль трубы. Обтекание твердых тел потоком газа. Сопротивление трения.	6	6	15	27
2	Основы динамики газа	Уравнения энергии и диффузии газа. Система уравнение газодинамики. Начальные и граничные условия. Интегралы уравнение движения идеальной жидкости. Аэродинамическое подобие.	6	6	15	27
3	Расчет трубопроводов для газов	Расчет трубопроводов для газов при малых перепадах давлений. Расчет трубопроводов для газов при больших перепадах давлений. Аэродинамический расчет всасывающих и нагнетательных воздухопроводов. Принцип расчета воздухораспределителей. Особенности расчета трубопроводов пневмотранспорта	10	14	15	39
4	Истечение газов из отверстий и через насадки. Воздушные струи	Истечение газов из отверстий и через насадки. Истечение газов при переменном давлении. Опорожнение газовых резервуаров. Основные сведения о теории воздушных струй. Изгиб воздушных струй. Взаимодействие струй. Распространение струи в ограниченном пространстве	8	6	15	29
5	Вентиляторы	Устройство и принцип действия центробежных и осевых вентиляторов. Подача, развиваемое давление и потребляемая мощность вентиляторов. Критерий быстроходности и коэффициент давления вентиляторов. Аэродинамические характеристики вентиляторов	6	4	12	22
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

#### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные законы равновесия и движения газов	Термодинамические свойства газов. Равновесие газов в поле силы тяжести. Уравнение сохранения расхода и уравнение Д. Бернулли для потоков газа. Изменение параметров газа вдоль трубы. Обтекание твердых тел потоком газа. Сопротивление трения.	1	-	34	35
2	Основы динамики газа	Уравнения энергии и диффузии газа. Система уравнение газодинамики. Начальные и граничные условия. Интегралы уравнение движения идеальной жидкости. Аэродинамическое подобие.	1	1	34	36
3	Расчет трубопроводов для газов	Расчет трубопроводов для газов при малых перепадах давлений. Расчет трубопроводов для газов при больших перепадах давлений. Аэродинамический расчет всасывающих и нагнетательных воздухопроводов. Принцип расчета воздухораспределителей. Особенности расчета трубопроводов пневмотранспорта	1	2	34	37
4	Истечение газов из отверстий и через насадки. Воздушные струи	Истечение газов из отверстий и через насадки. Истечение газов при переменном давлении. Опорожнение газовых резервуаров. Основные сведения о теории воздушных струй. Изгиб воздушных струй. Взаимодействие струй. Распространение струи в ограниченном пространстве	-	-	34	34

5	Вентиляторы	Устройство и принцип действия центробежных и осевых вентиляторов. Подача, развиваемое давление и потребляемая мощность вентиляторов. Критерий быстроходности и коэффициент давления вентиляторов. Аэродинамические характеристики вентиляторов	1	1	27	29
<b>Итого</b>			<b>4</b>	<b>4</b>	<b>163</b>	<b>171</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, в 7 семестре для заочной формы обучения.

Курсовой проект на тему «Аэродинамический расчет трубопроводов». По вариантам: расчет газопроводов; расчет воздухопроводов систем вентиляции.

Цель выполнения курсового проекта – привить слушателям навыки творческой работы и самостоятельного применения теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины, при решении конкретных задач по аэродинамическому расчету систем теплогазоснабжения и вентиляции. 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
ПК-4	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи расчета трубопроводных систем для перемещения газов.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
	Владеть: методиками аэродинамического расчета;	Курсовой проект	Выполнено тестирование на	Тестирование не выполнено.

	методами моделирования аэродинамических процессов.	Тестирование	положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Значительное отставание от графика выполнения проекта.
ПК-5	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи расчета трубопроводных систем для перемещения газов.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
	Владеть: методиками аэродинамического расчета; методами моделирования аэродинамических процессов.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
ПК-6	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи расчета трубопроводных систем для перемещения газов.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.
	Владеть: методиками аэродинамического расчета; методами моделирования аэродинамических процессов.	Курсовой проект Тестирование	Выполнено тестирование на положительную оценку. График выполнения курсового проекта соблюдается.	Тестирование не выполнено. Значительное отставание от графика выполнения проекта.

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 7 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-6	Знать: основные понятия, определения и законы аэродинамики; методы постановки, исследования и решения задач, связанных с равновесием и перемещением газообразных сред.	КП Экзамен	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена правильно ответил на вопросы, полностью раскрыл их суть и решил задачу.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена правильно ответил на вопросы, не полностью раскрыл их суть и решил задачу.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена в целом правильно ответил на вопросы, частично раскрыл их суть и обозначил правильный ход решения задачи.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена не правильно ответил на вопросы или не было попытки ответить, не решил задачу.
	Уметь: выполнять аэродинамические расчеты трубопроводных систем с подбором оборудования; решать практические задачи расчета трубопроводных систем для перемещения газов.	КП Экзамен	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена правильно ответил на вопросы, полностью раскрыл их суть и решил задачу.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена правильно ответил на вопросы, не полностью раскрыл их суть и решил задачу.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена в целом правильно ответил на вопросы, частично раскрыл их суть и обозначил правильный ход решения задачи.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена не правильно ответил на вопросы или не было попытки ответить, не решил задачу.
	Владеть: методиками аэродинамического расчета; методами моделирования аэродинамических процессов.	КП Экзамен	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена правильно ответил на вопросы, полностью раскрыл их суть и решил задачу.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена правильно ответил на вопросы, не полностью раскрыл их суть и решил задачу.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена в целом правильно ответил на вопросы, частично раскрыл их суть и обозначил правильный ход решения задачи.	Студент защитил КП на положительную оценку. В ходе экзамена не правильно ответил на вопросы или не было попытки ответить, не решил задачу.

## 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. Назвать силы, действующие на жидкость, которая вращается вместе с резервуаром
  - А) сила тяжести
  - Б) сила тяжести, сила давления
  - В) сила тяжести, центробежная сила инерции
2. Указать размерность кинематического коэффициента вязкости
  - А)  $\text{м}^2/\text{с}$ ; Б)  $\text{м}/\text{с}$ ; В)  $\text{с}/\text{м}$ ; Г)  $\text{м}/\text{с}^2$ ; Д)  $\text{м}^*\text{с}$ ;
3. Что называется избыточным (манометрическим) давлением
  - А) превышение абсолютного гидростатического давления в данной точке жидкости над атмосферным давлением
  - Б) превышение абсолютного гидростатического давления в данной точке жидкости над весовым давлением
  - В) превышение абсолютного гидростатического давления над поверхностным гидростатическим давлением
  - Г) превышение абсолютного гидростатического давления над атмосферным давлением
  - Д) атмосферное давление
4. Что называется напорной линией
  - А) линия, построенная по изометрическим высотам
  - Б) линия, построенная по пьезометрическим напорам
  - В) линия, параллельная оси трубы



- Г) линия, построенная по полным напорам  
Д) линия, построенная параллельно горизонтальной плоскости
5. Может ли пьезометрическая линия располагаться выше напорной линии
- А) может, если труба горизонтальна  
Б) не может  
В) может, если трубопровод идет вниз  
Г) может, если трубопровод идет вверх  
Д) может, если скорость равна нулю
6. Для чего нужен вакуумметр
- А) для измерения разряжения  
Б) для измерения давления  
В) для измерения расхода  
Г) для измерения напора  
Д) для измерения скорости
7. Какие существуют режимы движения жидкости
- А) ламинарный, переходный, турбулентный  
Б) ламинарный, турбулентный  
В) ламинарный, переходный  
Г) переходный, турбулентный  
Д) только турбулентный
8. Указать критерий, характеризующий вынужденное движение жидкости
- А) Re; б) L; в) Q; г) H; д) P
9. Какое движение жидкости называется равномерным
- А) движение, при котором скорости в соответствующих точках цилиндрического потока одинаковы в данный момент времени  
Б) движение, при котором средняя скорость не изменяется по сечению  
В) движение, при котором поле скоростей неизменно во времени  
Г) движение, при котором площадь живого сечения потока постоянна вдоль сечения  
Д) движение, при котором скорость изменяется во времени
10. Что измеряет трубка Пито
- А) скоростной напор  
Б) пьезометрический напор  
В) сумму пьезометрической и скоростной высоты  
Г) пьезометрическую высоту  
Д) геометрическую высоту
11. Какова размерность критерия Рейнольдса
- А) безразмерна; б) мм; в) м; г) м/с; д) м<sup>2</sup>/с
12. Какой трубопровод называют коротким
- А) трубопровод, имеющий длину менее 1000м  
Б) трубопровод, при расчете которого кроме потерь напора по длине, необходимо учитывать также местные потери напора  
В) трубопровод, для которого потери по длине значительно меньше местных потерь напора  
Г) трубопровод, при расчете которого необходимо учитывать только местные потери напора  
Д) трубопровод, имеющий длину менее 1м

## **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

**1.** Какое определение соответствует понятию «аэродинамика»?

1) наука о движении воздуха и механическом взаимодействии между воздушным потоком и обтекаемыми телами;

2) наука о движении летательных аппаратов.

**2.** Известно, что температура характеризует степень нагретости тела.

Если температура тела увеличивается, то...

1) скорость движения молекул уменьшается;

2) скорость движения молекул увеличивается;

3) скорость движения молекул не меняется.

**3.** Атмосферным давлением называют давление, вызываемое...

1) массой вышележащих слоев воздуха;

2) ударами хаотически движущихся молекул;

3) массой вышележащих слоев воздуха и ударами хаотически движущихся молекул.

**4.** В каких единицах измеряется давление в системе СИ?

1) Па/м<sup>2</sup>;

2) Н/м<sup>2</sup>;

3) Кг/м<sup>2</sup>;

4) мм рт.ст.

**5.** Известно, что природа вязкости воздуха и жидкости различна. Если температура увеличивается, то...

1) вязкость жидкости увеличивается;

2) вязкость воздуха уменьшается;

3) вязкость воздуха увеличивается.

6. В каких единицах измеряется плотность в системе СИ?

- 1) кг/м<sup>3</sup>;
- 2) кг с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;
- 3) кг/м<sup>4</sup>;
- 4) кг/с<sup>2</sup> м<sup>4</sup>.

7. Какое определение вязкости считается правильным?

- 1) свойство воздуха (жидкости) проникать в соседние слои;
- 2) это свойство воздуха (жидкости) сопротивляться взаимному сдвигу своих частиц;
- 3) это свойство воздуха (жидкости) двигаться в противоположном направлении;
- 4) это свойство воздуха «перескакивать» в соседние слои.

8. Напряжение трения определяется по формуле Ньютона:

- 1)  $\tau = \nu \frac{dn}{dv}$ ;
- 2)  $\tau = \mu \frac{dn}{dv}$ ;
- 3)  $\tau = \mu \frac{dV}{dn}$ .

9. Количественно сжимаемость оценивается отношением:

- 1)  $\frac{\Delta\rho}{\Delta P}$ ;
- 2)  $\frac{\Delta P}{\Delta\rho}$ ;
- 3)  $\frac{a^2}{\Delta\rho}$ .

**10.** Свойство сжимаемости воздуха в состоянии покоя...

- 1) проявляется;
- 2) не проявляется.

**11.** Известно, что скорость звука характеризует сжимаемость среды.

Чем больше скорость звука, ...

- 1) тем более сжимаема среда;
- 2) тем менее сжимаема среда;
- 3) скорость звука не зависит от сжимаемости среды.

**12.** Скорость звука определяется по формуле:

1)  $a = \sqrt{\frac{p}{\rho}}$ ;

2)  $a = \sqrt{\frac{d\rho}{dp}}$ ;

3)  $a = 20\sqrt{RT}$ ;

4)  $a = \sqrt{KRT}$ .

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Определить давление на высоте 1000м над поверхностью земли для случаев однородной и изотермической атмосферы, если давление у поверхности земли  $1,01 \cdot 10^5$  Па и температура 300К.
  - а)  $0,1 \cdot 10^5$  Па
  - б)  $1,01 \cdot 10^5$  Па
  - в)  $10^5$  Па
  - г)  $0,9 \cdot 10^5$  Па
2. Через поперечное сечение трубопровода за 1 секунду проходит воздух объемом  $10 \text{ м}^3$  при температуре 300К и давлении  $4,5 \cdot 10^5$  Па. Определить массовый расход воздуха.
  - а) 50 кг/с
  - б) 52,5 кг/с
  - в)  $25 \text{ м}^3/\text{ч}$
  - г) 112 кг/с
3. По трубопроводу переменного сечения перемещается воздух. Определить температуру воздуха в сечении 2-2, если скорость в сечении 1-1 равна 2 м/с, а в сечении 2-2 20м/с. Температура в сечении 1-1 равна 300К. Процесс считать адиабатным.
  - а) 25 °С
  - б) 312,7 К
  - в) 299,8К
  - г) 374,12 К

4. Рассчитать потери давления на трение, приходящиеся на 1м бетонной трубы диаметром 1м ( $\kappa_s=0,5\text{мм}$ ), если по ней движется воздух с расходом  $20\text{м}^3/\text{с}$ . Плотность воздуха  $1,175\text{ кг/м}^3$ , кинематическая вязкость  $15,7 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$ .

- а) 8 Па/м
- б) 5 Па/м
- в) 6,4 Па/м
- г) 12,3 Па/м

5. Рассчитать силу сопротивления плоской тонкой прямоугольной пластины с размерами  $1 \times 0,5\text{м}$ , обтекаемой потоком сухого воздуха, направленным вдоль длинной стороны. Скорость потока  $6\text{ м/с}$ , температура  $15\text{ }^\circ\text{C}$ , давление  $10^5\text{ Па}$ .

- а) 1Н
- б) 0,046Н
- в) 0,0005Н
- г) 0,01Н

6. Определить потери давления на участке воздухопровода длиной 10м и диаметром 320 мм. Сумма коэффициентов местных сопротивлений имеет значение 5, а расход воздуха  $1450\text{ м}^3/\text{ч}$ .

- а) 85,7Па
- б) 25,3 Н/м<sup>2</sup>
- в) 121,3Па
- г) 12Па

7. Определить падение давления на 1 км длины газопровода высокого давления диаметром 200мм, если расход газа  $5000\text{ м}^3/\text{ч}$  ( $\nu = 1,5 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\gamma = 7,9\text{ Н/м}^3$ ).

- а)  $2 \cdot 10^{10}\text{ Па}^2$
- б)  $4 \cdot 10^{10}\text{ Па}^2$
- в)  $16 \cdot 10^{10}\text{ Па}^2$
- г)  $1 \cdot 10^{10}\text{ Па}^2$

8. Определить необходимое давление в начале магистрального газопровода диаметром 300мм для транспортирования  $20000\text{ м}^3/\text{ч}$  газа удельным весом  $\gamma = 7,9\text{ Н/м}^3$ . Длина трубопровода 2000м,  $\kappa_s=0,01\text{ см}$ , конечное давление магистрали  $1,5 \cdot 10^5\text{ Па}$ .

- а)  $3,94 \cdot 10^5\text{ Па}$
- б)  $5,2 \cdot 10^5\text{ Па}$
- в)  $10^5\text{ Па}$
- г)  $2,94 \cdot 10^5\text{ Па}$

9. Определить коэффициент быстроходности вентилятора, если его подача  $2\text{ м}^3/\text{с}$ , давление 736Па и угловая частота вращения рабочего колеса  $91,5\text{ с}^{-1}$ .

- а) 48,5
- б) 120,1
- в) 53,6
- г) 217,3

10. Найти необходимый расход воздуха для защиты помещения от поступления наружного потока воздуха со скоростью  $2\text{ м/с}$  через открытые ворота размером  $4 \times 3\text{ м}$ .

- а)  $12,3\text{ м}^3/\text{с}$
- б)  $10,2\text{ м}^3/\text{с}$
- в)  $5,4\text{ м}^3/\text{с}$
- г)  $16,2\text{ м}^3/\text{с}$

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

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

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**

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	Наименование оценочного средства
-------	--	--------------------	----------------------------------

		компетенции	
1	Основные законы равновесия и движения газов	ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест Экзамен
2	Основы динамики газа	ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест Экзамен
3	Расчет трубопроводов для газов	ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест КП Экзамен
4	Истечение газов из отверстий и через насадки. Воздушные струи	ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест Экзамен
5	Вентиляторы	ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест Экзамен

### **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. Аэродинамика вентиляции: учебное пособие / под ред. В.И. Полушкина. Москва: Академия, 2013 (Тверь: ОАО «Твер. полиграф. Комбинат», 2013). – 203 с.
2. Феокистов, А. Ю. Аэродинамика вентиляции. Механика Аэрозолей: Учебное пособие / Феокистов А. Ю. - Белгород: Белгородский

- государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 92 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/28339>.
3. Остроухов, С. П. Аэродинамика воздушных винтов и винтокольцевых движителей / Остроухов С. П. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 328 с. <http://www.iprbookshop.ru/24454>.
  4. Скворцов, В. В. Аэродинамические исследования при участии потоков синтезированной и низкотемпературной плазмы / Скворцов В. В. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 219 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/24258>.
  5. Калицун В.И. Основы гидравлики и аэродинамики / В.И. Калицун и др. 2-е изд. –М.:Стройиздат, 2001. – 296с.
  6. Краснов Н.Ф. Аэродинамика Ч.1. Основы теории. Аэродинамика профиля крыла. М: Высшая школа. 1976. – 384с.

**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:**

Microsoft Word, Microsoft Exel, Internet Explorer, Стройконсультант.

1. Феоктистов, А. Ю. Аэродинамика вентиляции. Механика Аэрозолей: Учебное пособие / Феоктистов А. Ю. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 92 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/28339>;
2. Остроухов, С. П. Аэродинамика воздушных винтов и винтокольцевых движителей / Остроухов С. П. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 328 с. <http://www.iprbookshop.ru/24454>;
3. Скворцов, В. В. Аэродинамические исследования при участии потоков синтезированной и низкотемпературной плазмы / Скворцов В. В. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 219 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/24258>;
4. Программа GIDROGRAF, разработанная кафедрой ТГС ВГАСУ.
5. Компьютерная система «Стройконсультант».
6. <http://www.rsl.ru/>, <http://www.nlr.ru/>, <http://qpntb.ru/>, <http://www2.viniti.ru/>, <http://www.kniqafund.ru>.

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

1. Лабораторное оборудование
  2. Контрольно-измерительные приборы.
  3. Персональные компьютеры.
  4. Аудио- и видеотехника.
- Проектные материалы, учебные видео- и фотоматериалы, плакаты.



## 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 газовых сред и их потоков. 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, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.