

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.26.02** Гидрогазодинамика (Газодинамика)

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++z130301-2\_23-15.plx

Кафедра: **21** Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
(специализация) Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия					
2	УП	6	4	94	4	3	Зачет
	РПД	6	4	94	4	3	
Итого	УП	6	4	94	4	3	
	РПД	6	4	94	4	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Хлыновский А.М.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теоретических методов расчета движения газа в элементах энергетического и теплотехнического оборудования, процессов преобразования энергии в турбомашинах.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Овладеть основными понятиями газовой динамики, терминологией, законами, основными процессами, протекающими в тепловых машинах.
- Уметь пользоваться методами расчета газодинамических процессов.
- Усвоить основные направления повышения эффективности тепловых машин и аппаратов.
- Приобретение навыков использования основных уравнений газодинамики для расчета течений, выработки умений экспериментального исследования и анализа характеристик теплоэнергетического оборудования и турбомашин.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Физика

Химия

Инженерная графика

Гидрогазодинамика (Гидравлика)

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах**

**Знать:** основные законы движения газа; методы расчета движения рабочих сред в каналах произвольной формы и на обтекаемых поверхностях.

**Уметь:** определять параметры потоков в каналах произвольной формы и на обтекаемых поверхностях.

**Владеть:** расчетами теплотехнических установок и систем по заданным методикам с применением теоретических основ гидрогазодинамики.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Основные законы газовой динамики.	2				
Тема 1. Газовая динамика, как основа движения сжимаемых сред в энергопроизводящем оборудовании тепловых, воздухоподогревательных и холодильных станциях. Параметры состояния и основные уравнения газодинамики. Параметры течения газовых потоков и связь между ними.		0,5	0,3	7	
Тема 2. Распространение слабых возмущений в газовой среде. Особенности расчета критических, предельных скоростей движения газа. Число Маха, коэффициент скорости. Уравнения, устанавливающие связь параметров потока с числом Маха и коэффициентом скорости.		0,5	0,3	7	
Тема 3. Ударная волна. Скачки уплотнения. Прямой скачек уплотнения, определение скорости и параметров состояния при переходе через прямой скачек уплотнения. Ударная адиабата. Косой скачек уплотнения. Определение скорости и параметров состояния.		0,5	0,3	7	
Тема 4. Сопло Лаваля. Нерасчетные режимы суживающего сопла и сопла Лаваля. Режимы, при которых возможно образование скачка уплотнения в соплах Лаваля.		0,5	0,3	7	
Раздел 2. Методы определения скоростей потоков газа.					

<p>Тема 5. Конструктивные особенности трубок Пито-Прантля. Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа с использованием трубки Пито-Прантля. РГР № 1 «Определение скорости потока с помощью трубок Пито–Прандтля».</p>	0,5	0,3	7	
<p>Тема 6. Движение газа при наличии трения. Пограничный слой, основные понятия. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Условные толщины пограничного слоя.</p>	0,5	0,3	7	
<p>Тема 7. Расчет пограничного слоя. Понятия о расчете турбулентного пограничного слоя. Пограничный слой при больших скоростях течения потока. Течение газов и паров длинных трубопроводах. РГР № 2 «Газодинамический расчет пограничного слоя на плоской пластине, обтекаемой потоком вязкого газа».</p>	0,5	0,3	7	
<p>Тема 8. Гидродинамическое подобие течения вязкой и сжимаемой среды. Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.</p>	0,5	0,3	9	
<p>Раздел 3. Характеристики решеток профилей.</p>				
<p>Тема 9. Элементы, гидродинамика крылового профиля и решетки профилей. Основные характеристики крылового профиля. Теорема Жуковского. Постулат Чаплыгина – Жуковского.</p>	0,5	0,3	8	
<p>Тема 10. Влияние вязкости на силовое воздействие потока: Аэродинамические коэффициенты. Критическое и максимальное число Маха. Потери энергии в решетках профилей.</p>	0,5	0,3	9	
<p>Раздел 4. Характеристики плоских диффузорных решеток профилей.</p>				

Тема 11. Плоская решетка профилей. Основные геометрические и аэродинамические параметры решетки профилей. Теорема Жуковского о силовом воздействии потенциального потока с отдельным профилем в решетке.	0,5	0,3	7,5	
Тема 12. Общие положения расчета газопроводов Потери давления по длине газопровода. Коэффициенты сопротивления Дарси-Вейсбаха. РГР № 3 «Расчет необходимого перепада давления для транспортировке заданного расхода воздуха по длине сложного газопровода. Выбор центробежного компрессора по мощности».	0,5	0,7	11,5	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	6	4	94	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	10,25		94	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-3	1. Дает определения основным законам газодинамики, излагает взаимосвязь между основными уравнениями, объясняет рабочие процессы в двигателях с использованием знаний в области газодинамики. 2. Владеет методами расчета движения рабочих сред в каналах произвольной формы и на обтекаемых поверхностях.	1. Вопросы устного собеседования. 2. Практико-ориентированные задания.

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе, устраняет их без помощи преподавателя.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, не испытывает затруднения с его интерпретацией.
Не зачтено	Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не

	программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки.	владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.
--	--	--

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 2	
1	Гидродинамическое подобие течения вязкой и сжимаемой среды.
2	Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.
3	Определяющие критерии подобия.
4	Газовая динамика, как основа движения сжимаемых сред в энергопроизводящем оборудовании тепловых, воздуходувных и холодильных станциях.
5	Параметры состояния и основные уравнения газодинамики.
6	Параметры течения газовых потоков и связь между ними.
7	Распространение слабых возмущений в газовой среде.
8	Особенности расчета критических, предельных скоростей движения газа.
9	Число Маха, коэффициент скорости.
10	Уравнения, устанавливающие связь параметров потока с числом Маха и коэффициентом скорости.
11	Ударная волна. Скачки уплотнения.
12	Определение скорости и параметров состояния газа при переходе через прямой скачок уплотнения.
13	Ударная адиабата. Косой скачок уплотнения.
14	Скачки уплотнения изменения скорости и параметров состояния при переходе через скачок уплотнения.
15	Сопло Лавалю.
16	Нерасчетные режимы суживающего сопла и сопла Лавалю.
17	Режимы, при которых возможно образование скачка уплотнения в соплах Лавалю.
18	Конструктивные особенности трубок Пито-Прандтля.
19	Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа.
20	Использование трубки Пито-Прандтля для определения скоростей потока.
21	Движение газа при наличии трения.
22	Пограничный слой, Основные понятия.
23	Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое.
24	Условные толщины пограничного слоя.
25	Расчет пограничного слоя.
26	Понятия о расчете турбулентного пограничного слоя.
27	Пограничный слой при больших скоростях течения потока.
28	Течение газов и паров в длинных трубопроводах.
29	Потери давления при движении газа по трубопроводу.
30	Зависимость коэффициента сопротивления $\lambda$ от режима движения газа в трубопроводе.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1.

Самолет, летящий у поверхности земли ( $p=0,1$  МПа), имеет  $M=0,7$ .

Определить повышение температуры, плотности и давления в носовой точке фюзеляжа.

Найти ошибку, которая получится, если определить  $P_d$  без учета сжимаемости воздуха, т.е. по формуле

$$P_d = \rho \cdot W^2 / 2$$

Задача 2.

Воздух вытекает из баллона в атмосферу через сужающееся сопло с диаметром 10 мм. В баллоне температура  $T^*=1270$ С и давление  $p^*=1,0$  МПа.

Найти скорость истечения и массовый секундный расход.

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

В течение семестра выполняются контрольные работы;  
Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором;  
Время на подготовку ответа 30 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Н. Н. Гладышев, Т. Ю. Короткова, А. М. Хлыновский	ГИДРОГАЗОДИНАМИКА. Часть 2. Выполнение курсовой работы: методические указания для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург, гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2022	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/tsuid/1665105518.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/tsuid/1665105518.pdf</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Н.Н. Гладышев	Гидрогазодинамика [Текст]: конспект лекций	М-во образования и науки РФ, СПбГУРП. – СПб.: СПбГУРП	2012	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/gidrogazodin.htm">http://www.nizrp.narod.ru/gidrogazodin.htm</a>
Крестин, Е. А., Лукс, А. Л., Матвеев, А. Г., Шабанова, А. В.	Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов)	Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/49890.html">http://www.iprbookshop.ru/49890.html</a>
Андрижиевский, А. А.	Механика жидкости и газа	Минск: Вышэйшая школа	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/35498.html">http://www.iprbookshop.ru/35498.html</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL:<http://teplokot.ru/>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
MicrosoftOfficeProfessional 2013

### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
-----------	-----------



Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска