

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
 дизайна»  
 (СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.27.02** Гидрогазодинамика (Газодинамика)

Учебный план: ФГОС3++b130301Ц-1\_22-14.plx

Кафедра: 21 Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
 (специализация) Цифровые энергосистемы и комплексы

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ.<br>занятия |                |                   |                          |                                      |
| 4                         | УП  | 34                            | 34                | 39,75          | 0,25              | 3                        | Зачет                                |
|                           | РПД | 34                            | 34                | 39,75          | 0,25              | 3                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 34                            | 34                | 39,75          | 0,25              | 3                        |                                      |
|                           | РПД | 34                            | 34                | 39,75          | 0,25              | 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 Министерства образования и науки Российской Федерации 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 турбомашин.

### 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<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная<br>работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|---|------------------------------|----------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|   |                              | Лек.<br>(часы)       | Пр.<br>(часы) |              |                              |                               |
| Раздел 1. Основные законы газовой динамики.   | 4                            |                      |               |              |                              | О                             |
| Тема 1. Газовая динамика, как основа движения сжимаемых сред в энергопроизводящем оборудовании тепловых, воздухоподводящих и холодильных станциях. Параметры состояния и основные уравнения газодинамики. Параметры течения газовых потоков и связь между ними. |                              | 2                    | 2             | 3            |                              |                               |
| 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.    |                              | 2                    | 2             | 3            |                              |                               |
| 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.            |                              | 2                    | 2             | 3            |                              |                               |
| Тема 4. Сопло Лавалю. Нерасчетные режимы сужающего сопла и сопла Лавалю. Режимы, при которых возможно образование скачка уплотнения в соплах Лавалю.  |                              | 2                    | 2             | 4            |                              |                               |
| Раздел 2. Методы определения скоростей потоков газа.  |                              |                      |               |              |                              |                               |
| Тема 5. Конструктивные особенности трубок Пито-Прантля. Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа с использованием трубки Пито-Прантля.   | 2                            | 2                    | 3             |              | О                            |                               |

|   |      |    |       |  |   |
|---|------|----|-------|--|---|
| Тема 6. Движение газа при наличии трения.<br>Пограничный слой, основные понятия. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Условные толщины пограничного слоя.              | 2    | 2  | 3     |  |   |
| Тема 7. Расчет пограничного слоя.<br>Понятия о расчете турбулентного пограничного слоя. Пограничный слой при больших скоростях течения потока. Течение газов и паров в длинных трубопроводах.               | 2    | 2  | 3     |  |   |
| Тема 8. Гидродинамическое подобие течения вязкой и сжимаемой среды. Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.  | 4    | 4  | 4     |  |   |
| Раздел 3. Характеристики решеток профилей.  |      |    |       |  |   |
| Тема 9. Элементы, гидродинамика крылового профиля и решетки профилей. Основные характеристики крылового профиля. Теорема Жуковского. Постулат Чаплыгина – Жуковского.                                       | 4    | 4  | 3     |  | О |
| Тема 10. Влияние вязкости на силовое воздействие потока:<br>Аэродинамические коэффициенты. Критическое и максимальное число Маха. Потери энергии в решетках профилей.                                       | 4    | 4  | 4     |  |   |
| Раздел 4. Характеристики плоских диффузорных решеток профилей.  |      |    |       |  |   |
| Тема 11. Плоская решетка профилей. Основные геометрические и аэродинамические параметры решетки профилей.<br>Теорема Жуковского о силовом воздействии потенциального потока с отдельным профилем в решетке. | 4    | 4  | 2     |  | О |
| Тема 12. Обобщенные характеристики. Номинальный режим. Главная характеристика номинальных режимов. Профилирование диффузорных решеток на заданные условия.  | 4    | 4  | 4,75  |  |   |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)   | 34   | 34 | 39,75 |  |   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)   | 0,25 |    |       |  |   |

|  |  |       |       |  |  |
|--|--|-------|-------|--|--|
| Всего контактная работа и СР по дисциплине |  | 68,25 | 39,75 |  |  |
|--|--|-------|-------|--|--|

#### 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.<br>2. Владеет методами расчета движения рабочих сред в каналах произвольной формы и на обтекаемых поверхностях. | 1. Вопросы устного собеседования.<br>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 программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки.  | Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не 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  |
|-----------|--|
| Семестр 4 |  |
| 1         | Гидродинамическое подобие течения вязкой и сжимаемой среды.  |
| 2         | Основы теории моделирования, условия подобия. Определяющие критерии.   |
| 3         | Газовая динамика, как основа движения сжимаемых сред в энергопроизводящем оборудовании тепловых, воздуходувных и холодильных станциях. |
| 4         | Параметры состояния и основные уравнения газодинамики.   |
| 5         | Параметры течения газовых потоков и связь между ними.  |
| 6         | Распространение слабых возмущений в газовой среде.   |
| 7         | Особенности расчета критических, предельных скоростей движения газа. Число Маха, коэффициент скорости.                                 |
| 8         | Уравнения, устанавливающие связь параметров потока с числом Маха и коэффициентом скорости.   |
| 9         | Ударная волна. Скачки уплотнения.  |
| 10        | Прямой скачек уплотнения, определение скорости и параметров состояния при переходе через прямой скачек уплотнения.                     |

|    |  |
|----|--|
| 11 | Ударная адиабата. Косой скачек уплотнения. Определение скорости и параметров состояния.  |
| 12 | Сопло Лавалю.  |
| 13 | Нерасчетные режимы суживающего сопла и сопла Лавалю. Режимы, при которых возможно образование скачка уплотнения в соплах Лавалю. |
| 14 | Конструктивные особенности трубок Пито-Прантля.  |
| 15 | Методы экспериментального определения скоростей дозвукового и сверхзвукового потоков газа с использованием трубки Пито-Прантля.  |
| 16 | Движение газа при наличии трения.  |
| 17 | Пограничный слой, основные понятия.  |
| 18 | Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Условные толщины пограничного слоя.                    |
| 19 | Расчет пограничного слоя.  |
| 20 | Понятия о расчете турбулентного пограничного слоя.   |
| 21 | Пограничный слой при больших скоростях течения потока.   |
| 22 | Течение газов и паров в длинных трубопроводах.   |

### 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

Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором;

Время на подготовку ответа по билету 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  | Гидрогазодинамика [Текст]: конспект лекций             | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП                          | 2012        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/gidrogazodin.htm">http://www.nizrp.narod.ru/gidrogazodin.htm</a> |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>               |  |  |             |   |
| 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.iprbooks.hop.ru/49890.html">http://www.iprbooks.hop.ru/49890.html</a>           |
| Андрижиевский, А. А.   | Механика жидкости и газа                               | Минск: Вышэйшая школа  | 2014        | <a href="http://www.iprbooks.hop.ru/35498.html">http://www.iprbooks.hop.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                              |