

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Юнаков Л. П.  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Ракетостроение
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Шалимов Виталий Петрович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

на уровне представлений: приобретение студентом знаний в области аэрогазодинамики

на уровне воспроизведения: описание моделей аэрогазодинамики, основные методы расчета задач аэрогазодинамики, методы теоретического и экспериментального исследования процесса до- и сверхзвукового течения газа

на уровне понимания: изучить основные методы расчета аэрогазодинамики;;

*умения:*

теоретические: определять режим движения и виды сопротивлений русла потока в зависимости от режима движения; анализировать процесс течения до- и сверхзвукового газа

Практические: решать задачи аэрогазодинамики;;;

*навыки:*

постановки и решения практических задач; использования расчетных зависимостей для определения параметров покоящейся и движущейся жидкости; определять скорость потока;;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРИБОРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники
- УК-6 — Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1
3	5	<b>Раздел 1. Предмет аэрогидрогазодинамики.</b> Аэрогидрогазодинамика как раздел механики. Задачи, решаемые аэрогидрогазодинамикой. Разделы аэрогидрогазодинамики.	9	4	4	0	0	5	10
3	5	<b>Раздел 2. Основные понятия и определения.</b> Понятие сплошной среды. Понятие легкодеформируемой (текучей) среды. Сжимаемая и несжимаемая среда. Понятие жидкой частицы и скорости жидкой частицы. Термодинамические параметры газов и паров. Совершенные газы. Вязкость и теплопроводность газов. Невязкие и нетеплопроводные (изоэнтропические) течения. Внутренняя энергия и энтальпия газовых потоков.	13	8	4	0	4	5	10
3	5	<b>Раздел 3. Уравнение неразрывности.</b> Формулировка закона сохранения массы жидкой частицы. Дивергенция скорости – скорость объемной деформации жидкой частицы. Критерий сжимаемости и несжимаемости потока.	11	6	4	0	2	5	10
3	5	<b>Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).</b> Силы вязкого трения. Гипотеза Ньютона о вязких напряжениях. Условие пренебрежения вязкими силами. Невязкий (идеальный) газ. Второй закон Ньютона для движения идеального газа в гравитационном поле – уравнения Эйлера. Начальные и граничные условия. Покоящаяся тяжелая жидкость – уравнение гидростатики (как решение уравнения Эйлера). Покоящийся сжимаемый газ в гравитационном поле – уравнение атмосферы (как решение уравнения Эйлера).	11	6	4	0	2	5	10
3	5	<b>Раздел 5. Уравнение энергии.</b> Понятие линии и струйки тока. Полная энергия движущегося газа. Закон энергии для струйки тока. Случай изоэнтропического течения – уравнение Бернулли.	11	6	4	0	2	5	10
3	5	<b>Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.</b> Система уравнений движения изоэнтропического течения совершенного газа. Скорость звука. До- и сверхзвуковые течения. Число Маха. Газодинамические функции.	10	6	4	0	2	4	10
3	5	<b>Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.</b> Измерения давлений в потоке с помощью приемников давления (Пито, Пито-Прандтля, Прандтля, Вентури). Обтекание потоком твердых тел. Аэродинамические силы и характеристики. Центр давления тела. Устойчивость летательного аппарата. Возникновение подъёмной силы, силы лобового сопротивления и момента тангажа на примерах осесимметричного тела и профиля крыла.	16	12	4	6	2	4	10
3	5	<b>Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).</b> Течение в каналах переменного сечения. Сопла и диффузоры. Сопло Лаваля. Режимы истечения из сопла, Критическое истечение из сопла. Критические параметры течения. Расходная функция сопла, Степень нерасчетности струи, Расчет параметров течения в сопле Лаваля с помощью газодинамических функций; - случай одномерного течения, -случай двумерного течения (модель сферического источника).	15	11	4	6	1	4	15
3	5	<b>Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.</b> Вязкие теплопроводные течения. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течения. Понятие вязкого пограничного слоя. Течения со скачками уплотнения. Возникновение скачков. Прямой и косой скачки. Соотношение параметров на скачках. Адиабата Рэнкина-Гюгонно. Измерения давлений трубкой Пито-Прандтля в сверхзвуковом потоке.	12	9	2	5	2	3	15
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Понятие «точки» пространства сплошной среды. Критерий сплошности – число Кнудсена (Kn). Количественные характеристики линейной и объемной деформации. Скорость линейной и объемной деформации. Зависимость скорости деформации от возникающих в среде напряжений. Совершенный газ. Уравнение Клайперона. Коэффициент вязкости. Гипотеза Ньютона. Коэффициент теплопроводности. Закон Фурье. Теплоёмкость газов $C_p$ и $C_v$ . Энтропия. Внутренняя энергия и энтальпия. Изоэнтропическое течение.	4
2	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	Закон сохранения энергии для жидкой частицы. Источники и стоки массы. Дивергенция скорости. Физический смысл	2

		«прямых» производных скорости.	
3	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	Второй закон Ньютона для движущейся в гравитационном поле жидкой частицы в отсутствие вязкого трения. Градиент давления. Начальные и граничные условия. Случай покоящейся тяжелой жидкости. Уравнение гидростатики.	2
4	Раздел 5. Уравнение энергии.	Струйка тока. Полная энергия потока. Уравнение энергии. Изоэнтропическое стационарное течение. Уравнение Бернулли в общем виде и для несжимаемого и сжимаемого течений. Максимальная скорость потока.	2
5	Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.	Малые возмущения упругой среды (звук) и скорость звука. Звуковое давление. Логарифмическая шкала для измерения интенсивности (силы) звука (Дб и ДБа). Число Маха. Система уравнений для изоэнтропического сжимаемого стационарного течения совершенного газа. Газодинамические функции. Критическое течение и критические параметры течения.	2
6	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	Приемники (трубки) давления: Пито, Прандтля, Пито-Прандтля. Трубка Вентури. Расчет полного и статического давлений потока по измерениям приемников давления. Аэродинамические силы, моменты и коэффициенты. Устойчивость ЛА	2
7	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	Сопло Лаваля. Режимы истечения. Расчет параметров течения в сопле Лаваля (одномерное течение). Расчет параметров течения в сопле Лаваля (двумерное течение). Расход газа через сопло. Нерасчетность струи. Реактивная сила (тяга) сопла.	1
8	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	Вязкость. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течения. Пограничный слой. Скачок уплотнения. Соотношение параметров на скачке. Адиабата Рэнкина-Гюгонно. Расчет полного и статического давлений сверхзвукового потока по измерениям трубкой Пито-Прандтля. Потеря полного давления на скачке	2
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	1) Определение аэродинамических характеристик профиля по распределению давления. 2) Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела на аэродинамических весах	6
2	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	Истечения газа из сосуда конечного объема. Течения газа по соплу Лаваля	6
3	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе. Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров	5
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Предмет аэрогидрогазодинамики.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
2	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
3	Раздел 3. Уравнение	Изучение предусмотренных программой дидактических	5

	неразрывности.	единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	
4	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
5	Раздел 5. Уравнение энергии.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
6	Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
7	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
8	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
9	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	3
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>40</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5				ТекК		ДР	ТекК		ЛР	ДР		ЛР			ЛР, ТекК	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
3. В. А. Зазимко, П. Д. Горохова. . Тензорный анализ в газовой динамике. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 39 экз.
4. В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 70 экз.
5. В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 148 экз.
6. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 61 экз.
7. Е. И. Агеев, А. З. Копылов. . Механика жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
8. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.
9. Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 27 экз.
10. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
11. С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005, 50 экз.
12. Ю. М. Циркунов, Н. В. Тарасова. . Методы возмущений в задачах аэродинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 39 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. Курс теоретической механики. Т. I Статика и кинематика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1982, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Google Chrome;
2. Microsoft Office.

#### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Google Chrome;
3. Microsoft Office.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Проектор;
2. Установка для изучения истечения газа из баллона.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением газодинамических процессов, связанных с ракетно-космической техникой.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Предмет аэрогидрогазодинамики.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1)	5
Итого по разделу 1		5
<b>Раздел 2. Основные понятия и определения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (1-2) В. А. Зазимко, П. Д. Горохова. . Тензорный анализ в газовой динамике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-2)	5
Итого по разделу 2		5
<b>Раздел 3. Уравнение неразрывности.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	Е. И. Агеев, А. З. Копылов. . Механика жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-2) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2) А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (1-2)	5
Итого по разделу 3		5
<b>Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1-2) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-3)	5

	Е. И. Агеев, А. З. Копылов. . Механика жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-3) Ю. М. Циркунов, Н. В. Тарасова. . Методы возмущений в задачах аэродинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1-2)	
Итого по разделу 4		5
<b>Раздел 5. Уравнение энергии.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (2) Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. Курс теоретической механики. Т. I Статика и кинематика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1982 (1-2) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2-3)	5
Итого по разделу 5		5
<b>Раздел 6. Изэнтропические течения газа.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (1-3)	4
Итого по разделу 6		4
<b>Раздел 7. Изэнтропические течения несжимаемого газа.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (2) Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (2-3) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3)	4
Итого по разделу 7		4
<b>Раздел 8. Изэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	Е. И. Агеев, А. З. Копылов. . Механика жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (3) А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3)	4
Итого по разделу 8		4
<b>Раздел 9. Неизэнтропические течения сжимаемого газа.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-4) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1-3)	3
Итого по разделу 9		3

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Текущий контроль (ТК) проводится с использованием тестовых заданий и вопросов. Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

В тестовое задание входит 10 вопросов по разделам дисциплины.

Оценка усвоения дисциплины проводится по 100 бальной шкале:

- рейтинг теста меньше 30 баллов (ответ на 5 и менее вопросов) – ТК не сдан,
- рейтинг теста от 30 до 60 баллов (ответ на 6 вопросов) – дополнительное собеседование (2 вопроса), при положительных ответах ТК сдан;
- рейтинг теста от 60 до 100 баллов (ответ на 7 и более вопросов) – ТК сдан.

#### Лабораторная работа

Допуск к ЛР. Допуск к выполнению ЛР происходит при представлении студентом в письменном виде описания, содержащего постановку задачи лабораторной работы, план выполнения лабораторной работы и цели предлагаемого исследования и в форме устного собеседования по тематике лабораторной работы. Ответы на более чем 50% вопросов является допуском к лабораторной работе.

Отчёт по ЛР. Отчёт по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчёта по лабораторной работе. Отчет должен содержать: цель ЛР, физическую постановку задачи, математическую модель, результаты исследования, представленные в численном виде и в виде графика, анализа полученных результатов и выводов по ЛР. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты лабораторной работы обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение лабораторной работы в лаборатории – 20 баллов,
- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 50 баллов.

В случае если оформление отчёта и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает зачёт по данной лабораторной работе.

Основаниями для доработки могут служить:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчёт не может быть принят и подлежит переработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов расчётов.

#### Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачёт проходит в форме устных ответов на два контрольных вопроса по выбору преподавателя из списка контрольных вопросов.

Используется следующие критерии оценивания:

- оценки «зачтено-отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «зачтено-отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала;
- оценки «зачтено-хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;
- оценки «зачтено-удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «зачтено-удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.



Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1	
3	5	Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики.	9	4	4	0	0	5	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Основные понятия и определения.	13	8	4	0	4	5	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	11	6	4	0	2	5	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	11	6	4	0	2	5	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 5. Уравнение энергии.	11	6	4	0	2	5	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.	10	6	4	0	2	4	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	16	12	4	6	2	4	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	15	11	4	6	1	4	15	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	12	9	2	5	2	3	15	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-1

<i>Вопросы открытого типа:</i>	
№ 1	Что является предметом курса классической теоретической Механики Жидкости и Газа (МЖГ)
№ 2	Какие постулаты всегда принимаются в классической теоретической Механике Жидкости и Газа (МЖГ)?
№ 3	Какие постулаты позволяют использовать механику Ньютона в Механике Жидкости и Газа (МЖГ)?
№ 4	Описание течения жидкостей и газов с помощью полей параметров происходит в методе _____
№ 5	Описание течения жидкостей и газов через описание движения индивидуальных жидких элементарных частиц происходит в методе _____
№ 6	Что позволяет использовать постулат (гипотеза) сплошности в Механике Жидкости и Газа (МЖГ)
№ 7	Скорость объемного расширения несжимаемой жидкости (газа) равна _____
№ 8	Что следует из модели вязкого газа (вязкой ньютоновской жидкости), если среда покоится или движется как абсолютно твердое тело?
№ 9	При выполнении интеграла адиабаты Лапласа-Пуассона вдоль линии тока энтропия _____
№ 10	Течение газа в сопле Лавалля на сверхкритическом режиме является _____
<i>Вопросы закрытого типа:</i>	
№ 1	Что является предметом курса классической теоретической Механики Жидкости и Газа (МЖГ)
	Раздел механики, в котором изучаются законы движения и равновесия жидкостей и газов
	Раздел механики, в котором изучаются законы равновесия течений жидкостей и газов с обтекаемыми поверхностями тел
	Раздел механики, в котором изучаются физические и химические процессы, протекающие в жидкостях и газах
	Раздел механики, в котором изучаются фазовые переходы между жидкостями и газами
№ 2	Какие постулаты всегда принимаются в классической теоретической Механике Жидкости и Газа (МЖГ)
	Евклидовость пространства
	Абсолютность времени
	Сплошность среды
	Стационарность течения
№ 3	Учет вязкости среды на основе модели ньютоновской жидкости
	Что позволяют использовать постулаты о евклидовости пространства и абсолютности времени
	Использовать механику Ньютона
	Зависимость координат пространства от времени и скорости движения
	Специальную теорию относительности
№ 4	Что позволяет использовать постулат (гипотеза) сплошности

	Непрерывность полей параметров газодинамических функций и аппарат математического анализа
	Молекулярнокинетическую теорию
№ 5	<p>Принцип обратимости движения</p> <p>Дополнительно к трем основным постулатам МЖГ принимается гипотеза о справедливости классической термодинамики, что это означает и чем позволяет пользоваться</p> <p>Время прихода элементарной жидкой частицы в термодинамическое равновесие много меньше времени заметного изменения газодинамических параметров при ее движении. Можно считать, что среда в частице находится в термодинамическом равновесии и использовать законы классической термодинамики</p> <p>Время прихода элементарной жидкой частицы в термодинамическое равновесие много больше времени заметного изменения газодинамических параметров при ее движении. Можно считать, что среда в частице находится в термодинамическом равновесии и использовать законы классической термодинамики</p>
№ 6	<p>Каким критериям отвечает вводимый в постулате сплошности физический бесконечномалый объем (элементарная жидкая частица)</p> <p>Это объем, который содержит настолько много молекул, чтобы средние характеристики (плотность и другие) были устойчивы к изменению этого объема</p> <p>Это объем, размеры которого пренебрежимо малы по сравнению с размером характерного газодинамического течения <math>L</math>, так что его средние характеристики (плотность и другие) не зависят от размера этого объема</p> <p>Число Кнудсена <math>Kn \ll 1</math></p> <p>Характерный размер течения <math>L</math> должен быть величиной порядка длины свободного пробега молекул</p>
№ 7	<p>Количество молекул в объеме должно быть не менее 1 миллиона</p> <p>Что описывает метод Эйлера в гидродинамике</p> <p>Описание течения жидкостей и газов с помощью полей параметров</p>
№ 8	<p>Описание течения жидкостей и газов через описание движения индивидуальных жидких элементарных частиц</p> <p>Симметричность тензора напряжений является строгим следствием выполнения какого закона</p> <p>Закона изменения момента количества движения</p> <p>Закона изменения количества движения</p>
№ 9	<p>Закона изменения (сохранения) энергии</p> <p>Как определяется точка пространства в модели сплошной среды?</p> <p>Как минимальный объем, в котором содержится огромное количество молекул и, как следствие этого, все параметры среды однозначно определены</p> <p>Как объем, в котором в разные моменты времени может как присутствовать, так и отсутствовать вещество среды</p> <p>Как точка среды, в которой в данный момент времени присутствует вещество среды</p>
№ 10	<p>Как математическая точка (геометрический объект, не имеющий размеров)</p> <p>Соотнесите названия и их определения</p> <p>1. Сжимаемая среда</p>

## 2. Несжимаемая среда

- А. Среда, в которой масса вещества в единице объема может изменяться
- Б. Среда, в которой масса вещества в единице объема постоянна
- В. Среда, в которой давление и температура постоянны
- Г. Среда, в которой давление постоянно