

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование жидкостных ракетных двигателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
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	
4	8	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Чернышов Михаил Викторович, д.т.н., доцент, профессор

\_\_\_\_\_

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

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

# **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-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-5**

*знания:*

Приобретение студентом знаний в области аэрогидрогазодинамики;

описание моделей жидкости и газа;

основные методы расчета задач аэрогидрогазодинамики;

методы теоретического и экспериментального исследования процесса сверхзвукового течения газа;

изучить основные методы расчета задач аэрогидрогазодинамики;;

*умения:*

определять режим движения и виды сопротивлений русла потока в зависимости от режима движения;

анализировать процесс течения сверхзвукового газа;

решать задачи аэрогидрогазодинамики;;

*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 *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-1 — Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на ракетно-космическую технику и их составные элементы

### 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, % ОПК-5
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		
4	8	<b>Раздел 1. Предмет механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.</b> Основные постулаты, понятие сплошной среды. Индивидуальные и субстанциальные производные. Скорость объемного расширения. Производная от интеграла по жидкому объему. Вывод уравнения неразрывности, уравнения закона изменения количества движения, уравнения для внутренней энергии. Формула Коши. Тензор напряжений Симметрия тензора напряжений в обычных условиях.	13	7	5	0	2	6	15
4	8	<b>Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.</b> Траектория жидкой частицы и линия тока. Поле скоростей сплошной среды в окрестности точки. Теорема Гельмгольца. Тензор скоростей деформаций, физический смысл его компонент. Модель идеальной жидкости. модель вязкой ньютоновской жидкости. Коэффициенты вязкости для капельной жидкости и газа. Формула Сатерленда.	14	8	5	0	3	6	15
4	8	<b>Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.</b> Закон Фурье. Число Прандтля. Совершенный газ. Несжимаемая жидкость.	14	6	6	0	0	8	15
4	8	<b>Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.</b> Постановки задач для 1) невязкого нетеплопроводного газа, 2) вязкой несжимаемой жидкости, 3) вязкого сжимаемого газа. Адиабата. Изэнтропические и адиабатические течения. Адиабата Пуассона. Уравнение движения идеального газа в форме Громеки–Ламба. Интеграл Бернулли: общий вывод и частные случаи. Газодинамические функции изэнтропического течения. Примеры на использование интеграла Бернулли. Критические параметры и теоретическая максимальная скорость газа.	22	14	7	3	4	8	20
4	8	<b>Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.</b> Квазидномерные установившиеся движения жидкости. Течение газа в сопле Лаваля. Расчетный и нерасчетный режимы. Условия динамической совместности на сильных разрывах. Контактные разрывы и ударные волны. Адиабата Рэнкина-Гюгонно. Трубка Пито–Прандтля. Прямой скачок уплотнения. Косой скачок уплотнения.	27	19	6	9	4	8	15
4	8	<b>Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.</b> Формулировка основных допущений и вывод Прандтля уравнений пограничного слоя. Оценка толщины пограничного слоя. Коэффициент местного трения. Сопроотивление трения пластины конечной длины. Элементы теории турбулентного пограничного слоя.	18	14	5	5	4	4	20
<b>Всего за 8 семестр</b>			108	68	34	17	17	40	100
<b>Всего по дисциплине</b>			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 1. Предмет механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	Основные понятия и величины в механике жидкости и газа. Основные постулаты, понятие сплошной среды. Вывод уравнения неразрывности, уравнения закона изменения количества движения, уравнения для внутренней энергии. Формула Коши.	2
2	Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.	Траектория жидкой частицы и линия тока. Поле скоростей сплошной среды в окрестности точки. Теорема Гельмгольца.	3
3	Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Адиабата. Изэнтропические и адиабатические течения. Адиабата Пуассона. Газодинамические функции изэнтропического течения.	4
4	Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые	Функция приведённого расхода. Течения газа в сопле Лаваля. Расчётный и нерасчётный режимы.	4

	разрывы в газовой динамике.		
5	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины. Оценка толщины пограничного слоя.	4
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Определение аэродинамических характеристик профиля по распределению давления.	1
2		Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела на аэродинамических весах	2
3	Раздел 5. Функция приведенного расхода.	Течения газа по соплу Лаваля.	4
4	Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Истечения газа из сосуда конечного объема.	5
5	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.	2
6		Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров.	3
Всего за 8 семестр			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Предмет механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	6
2	Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	6
3	Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
4		Подготовка к лабораторным занятиям.	4
5	Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Подготовка к лабораторным занятиям.	4
6		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
7		Подготовка к лабораторным занятиям.	2
8	Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	2
9		Оформление отчетов для защиты ЛР	4
10	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	1
11		Подготовка к лабораторным занятиям.	1
12		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
Всего за 8 семестр			40

#### 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
8				ТекК		ДР			ТекК	ДР	ЛР			ЛР		ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 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. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
3. Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru/> — 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»;
- <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:

не требуется.

### 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:**

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

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Установка для изучения истечения газа из баллона;
2. Установка длинный трубопровод для определения коэффициента трения.

### **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 *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. 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-5 способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с газодинамическими процессами. Обучаемые знакомятся с основами теоретической и прикладной механики жидкости и газа, что служит основой их дальнейшей профессиональной деятельности.

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;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

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 механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (1) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2) А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (2, 3)	6
Итого по разделу 2		6
<b>Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (4) Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2)	4
Подготовка к лабораторным занятиям.		4
Итого по разделу 3		8
<b>Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.</b>		
Подготовка к лабораторным занятиям.	Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (5)	4
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.		4
Итого по разделу 4		8
<b>Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.</b>		
Подготовка к лабораторным занятиям.	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (6) Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4)	2
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		4
Итого по разделу 5		8
<b>Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.</b>		
Изучение предусмотренных программой	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа:	1

дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Москва: Юрайт, 2020 (6)	
Подготовка к лабораторным занятиям.	Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ"	1
Оформление отчетов для защиты ЛР	им. Д. Ф. Устинова, 2013 (5)	2
Итого по разделу 6		4

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### 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

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов представлен в УМК.

#### Лабораторная работа

Допуск к ЛР

Допуск к выполнению ЛР происходит при условии наличия у студента печатной версии отчета по лабораторной работе, со всеми сделанными расчетами и выводами.

Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, преподаватель принимает лабораторную работу как сданную.

Основаниями для не принятия или не защиты лабораторной работы, является:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках, отсутствие названия графика).
- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений.

#### Вопросы к экзамену

Список вопросов к экзамену представлен в УМК.

#### Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме экзамена, к которому допускается обучающийся при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. Экзамен проводится в форме ответов на 2 вопроса экзаменационного билета. Комплект билетов входит в состав УМК дисциплины. Итоги сдачи экзамена оцениваются следующим образом:

– полный правильный ответ на оба вопроса – отлично;

– полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – хорошо;

- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – удовлетворительно;
- неправильные ответы и неготовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

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-5	
4	8	Раздел 1. Предмет механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	13	7	5	0	2	6	15	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.	14	8	5	0	3	6	15	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.	14	6	6	0	0	8	15	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	22	14	7	3	4	8	20	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
4	8	Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	27	19	6	9	4	8	15	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
4	8	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	18	14	5	5	4	4	20	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
Всего за 8 семестр			108	68	34	17	17	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100	



## Критерии оценивания

### ОПК-5

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Скорость объемного расширения несжимаемой жидкости (газа) равна \_\_\_\_
- № 2 Описание течения жидкостей и газов с помощью полей параметров происходит в методе \_\_\_\_
- № 3 Описание течения жидкостей и газов через описание движения индивидуальных жидких элементарных частиц происходит в методе \_\_\_\_
- № 4 Каким критериям отвечает вводимый в постулат сплошности физический бесконечномалый объем (элементарная жидкая частица)?
- № 5 В задачах аэродинамики как правило можно пренебречь при записи интеграла Бернулли \_\_\_\_
- № 6 При выполнении интеграла адиабаты Лапласа-Пуассона вдоль линии тока энтропия \_\_\_\_
- № 7 Опишите словами определение числа Маха
- № 8 Течение газа в сопле Лавала на сверхкритическом режиме является \_\_\_\_
- № 9 Теорема Цемплена утверждает, что \_\_\_\_
- № 10 В каком потоке возникают скачки уплотнения?

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 Что позволяет использовать постулат (гипотеза) сплошности
- Непрерывность полей параметров газодинамических функций и аппарат математического анализа
  - Молекулярнокинетическую теорию
  - Принцип обратимости движения
- № 2 Дополнительно к трем основным постулатам МЖГ принимается гипотеза о справедливости классической термодинамики, что это означает и чем позволяет пользоваться
- 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
  - 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
- № 3 Каким критериям отвечает вводимый в постулат сплошности физический бесконечномалый объем (элементарная жидкая частица)
- Это объем, который содержит настолько много молекул, чтобы средние характеристики (плотность и другие) были устойчивы к изменению этого объема
  - Это объем, размеры которого пренебрежимо малы по сравнению с размером характерного газодинамического течения  $L$ , так что его средние характеристики (плотность и другие) не зависят от размера этого объема
  - Число Кнудсена  $Kn \ll 1$
  - Характерный размер течения  $L$  должен быть величиной порядка длины свободного пробега молекул
  - Количество молекул в объеме должно быть не менее 1 миллиона
- № 4 Что описывает метод Эйлера в гидродинамике

- Описание течения жидкостей и газов с помощью полей параметров
- Описание течения жидкостей и газов через описание движения индивидуальных жидких элементарных частиц

№ 5 Установите связь между описанием безразмерных параметров поля течения и их названиями.

1. Отношение скорости газа к максимальной скорости истечения
2. Отношение скорости газа к критической скорости течения
3. Отношение скорости газа к местной скорости течения
4. Быстрота относительного объемного расширения жидкой частицы в данной точке

А – дивергенция вектора скорости

Б – число Крокко

В – число Маха

Г – скоростной коэффициент

№ 6 Закон сохранения массы математически выражается:

- уравнением неразрывности
- интегралом Бернулли
- адиабатой Лапласа-Пуассона
- условием постоянства расхода в установившихся течениях

№ 7 Статическая температура газа на скачке уплотнения:

- увеличивается, как и температура торможения
- уменьшается, как и температура торможения
- сохраняется постоянной, как и температура торможения
- увеличивается, в отличие от температуры торможения, которая остаётся постоянной

№ 8 Скорость течения газа за скачком уплотнения может оказаться:

- сверхзвуковой
- дозвуковой
- критической
- равной нулю

№ 9 При стационарном течении невязкой нетеплопроводной жидкости вдоль линий тока:

- удельная энтропия и полное теплосодержание неизменны
- удельная энтропия неизменна, а полное теплосодержание в общем случае изменяется
- удельная энтропия изменяется, а полное теплосодержание неизменно
- давление торможения не изменяется

Соотнесите виды разрывов и волн с описанием их интенсивности (соотношения давления за объектом и перед ним) и изменения температуры газа:

1. Статическое давление увеличивается, интенсивность больше единицы
2. Статическое давление уменьшается, интенсивность меньше единицы
3. Статические давления на сторонах равны, температуры могут быть различны
4. Статические давления и температуры на сторонах равны

А – слабый разрыв

Б – скачок уплотнения

В – тангенциальный разрыв

Г – волна разрежения Прандтля-Майера