

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

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
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	ЭКЗ.
3	6	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	ЭКЗ.
ВСЕГО		6	216	136	68	34	34	80	0	0	80	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Циркунов Юрий Михайлович, д.ф.-м.н., профессор, 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

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

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
ОПК-5 — способность использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
ОПК-6 — способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных и общетехнических дисциплин;

умения:

Умеет применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности, умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

навыки:

Имеет навык математического анализа и моделирования с использованием естественнонаучных и общетехнических знаний.

ОПК-5

знания:

Знает современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

умения:

Умеет применять методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

навыки:

Имеет навык решения профессиональных задач авиационной и ракетно-космической техники современными подходами.

ОПК-6

знания:

Знает основные пути развития и совершенствования в области двигателестроения и энергетической техники;

умения:

Умеет критически и системно анализировать достижения в области двигателестроения и энергетической техники;

навыки:

Имеет навыки поиска научнотехнической информации в области двигателестроения и энергетической техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ**.

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-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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	ОПК-5	ОПК-6
3	5	Раздел 1. Предмет аэрогидрогазодинамики. Основные понятия и определения. Аэрогидрогазодинамика как раздел механики. Задачи, решаемые аэрогидрогазодинамикой. Разделы аэрогидрогазодинамики. 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 (изэнтропические) течения. Внутренняя энергия и энтальпия газовых потоков.	9	4	4	0	0	5	10	10	10
3	5	Раздел 2. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа. Вывод уравнения неразрывности, уравнения закона изменения количества движения, уравнения для внутренней энергии. Формула Коши. Тензор напряжений Симметрия тензора напряжений в обычных условиях.	12	8	4	0	4	4	5	5	5
3	5	Раздел 3. Кинематика сплошной среды. Траектория жидкой частицы и линия тока . Поле скоростей сплошной среды в окрестности точки. Теорема Гельмгольца. Тензор скоростей деформаций, физический смысл его компонент.	10	6	4	0	2	4	5	5	5
3	5	Раздел 4. Реологические модели сплошной среды. Модель идеальной жидкости, модель вязкой ньютоновской жидкости. Коэффициенты вязкости для капельной жидкости и газа. Формула Сатерленда.	11	6	4	0	2	5	5	5	5
3	5	Раздел 5. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды. Закон Фурье. Число Прандтля. Совершенный газ. Несжимаемая жидкость.	10	6	4	0	2	4	5	5	5
3	5	Раздел 6. Замкнутые системы уравнений. Постановки задач для 1) невязкого нетеплопроводного газа, 2) вязкой несжимаемой жидкости, 3) вязкого сжимаемого газа.	11	6	4	0	2	5	5	5	5
3	5	Раздел 7. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости. Функция приведенного расхода. Адиабата. Изэнтропические и адиабатические течения. Адиабата Пуассона. Уравнение движения идеального газа в форме Громеки–Лэмба. Интеграл Бернулли: общий вывод и частные случаи. Газодинамические функции изэнтропического течения. Примеры на использование интеграла Бернулли. Критические параметры и теоретическая максимальная скорость газа. Квазиодномерные установившиеся движения жидкости. Течение газа в сопле Лавала. Расчетный и нерасчетный режимы.	16	12	4	6	2	4	5	5	5
3	5	Раздел 8. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике. Условия динамической совместности на сильных разрывах. Контактные разрывы и ударные волны. Адиабата Рэнкина-Гюгонио. Трубка Пито–Прандтля Прямой скачок уплотнения. Косой скачок уплотнения.	15	11	4	6	1	4	5	5	5
3	5	Раздел 9. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины. Формулировка основных допущений и вывод Прандтля уравнений пограничного слоя. Оценка толщины пограничного слоя. Коэффициент местного трения. Сопротивление трения пластины конечной длины. Элементы теории турбулентного пограничного слоя.	14	9	2	5	2	5	5	5	5
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50	50
3	6	Раздел 10. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Определение. Система уравнений. Потенциал скоростей. Функция тока. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Примеры плоских безвихревых течений в терминах комплексного потенциала. Однородный поток. Источник/сток. Течение, индуцированное вихревой нитью. Примеры плоских безвихревых течений в терминах комплексного потенциала. Диполь.	13	7	5	0	2	6	10	10	10
3	6	Раздел 11. Поперечное потенциальное обтекание кругового цилиндра. Общий вид комплексного потенциала. Обтекание неподвижного цилиндра. Комплексный потенциал течения, индуцированного движущимся в неподвижной жидкости цилиндром. Главный вектор сил. Парадокс Даламбера. Сравнение теории с экспериментом.	20	14	5	6	3	6	10	10	10
3	6	Раздел 12. Метод конформных отображений. Общий вид комплексного потенциала течения около произвольного контура в случае, если известно конформное отображение внешности контура на внешность круга. Поперечное обтекание эллиптического цилиндра.	15	9	6	0	3	6	10	10	10
3	6	Раздел 13. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой. Вычисление	22	15	6	6	3	7	10	10	10

		циркуляции. Формулы Чаплыгина-Блазиуса для главного вектора и главного момента сил давления, действующих на профиль при его безотрывном обтекании. Теорема Жуковского для подъемной силы. Выражение главного момента сил давления через циркуляцию.									
3	6	Раздел 14. Решение задач об обтекании профилей Жуковского. Безотрывное обтекание пластинки под углом атаки безвихревым потоком идеальной несжимаемой жидкости. Построение профилей Жуковского. Профили Кармана-Трефтца. Сравнение теории с экспериментом.	18	11	6	2	3	7	5	5	5
3	6	Раздел 15. Элементы теории крыла конечного размаха. Основные допущения и вихревая схема крыла Прандтля. Индуктивная скорость и угол сноса потока. Метод плоских сечений. Вычисление силы сопротивления и подъемной силы. Качество крыла и наилучшая форма крыла в плане. Распределение циркуляции по длине крыла.	20	12	6	3	3	8	5	5	5
Всего за 6 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50	50
Всего по дисциплине			216	136	68	34	34	80	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	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. Кинематика сплошной среды.	Закон сохранения энергии для жидкой частицы. Источники и стоки массы. Дивергенция скорости. Физический смысл «прямых» производных скорости.	2
3	Раздел 4. Реологические модели сплошной среды.	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. Вектор плотности потока тепла.	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. Замкнутые системы уравнений.	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. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	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. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Сопло Лавалю. Режимы истечения. Расчет параметров течения в сопле Лавалю (одномерное течение). Расчет параметров течения в сопле Лавалю (двумерное течение). Расход газа через сопло. Нерасчетность струи. Реактивная сила (тяга) сопла.	1
8	Раздел 9. Задача Блазиуса о продольном	Вязкость. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течения. Пограничный слой. Скачок уплотнения. Соотношение параметров на скачке. Адиабата Рэнкина-Гюгонио. Расчет полного и статического	2

	обтекании плоской пластины.	давлений сверхзвукового потока по измерениям трубкой Пито-Прандтля. Потеря полного давления на скачке	
Всего за 5 семестр			17
9	Раздел 10. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости.	Потенциал скоростей. Функция тока. Примеры плоских безвихревых течений в терминах комплексного потенциала.	2
10	Раздел 11. Поперечное потенциальное обтекание кругового цилиндра.	Обтекание неподвижного цилиндра. Парадокс Даламбера.	3
11	Раздел 12. Метод конформных отображений.	Поперечное обтекание эллиптического цилиндра.	3
12	Раздел 13. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	Формулы Чаплыгина-Блазиуса для главного вектора и главного момента сил давления, действующих на профиль при его безотрывном обтекании.	3
13	Раздел 14. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	Построение профилей Жуковского и решение задач об обтекании профилей Жуковского.	3
14	Раздел 15. Элементы теории крыла конечного размаха.	Основные допущения и вихревая схема крыла Прандтля.	3
Всего за 6 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 7. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	1) Определение аэродинамических характеристик осесимметричного тела 2) Исследование аэродинамических характеристик профиля крыла по измеренному распределению давления на его поверхности	6
2	Раздел 8. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	3) Течения газа по соплу Лаваля 4) Истечения газа из сосуда конечного объема	6
3	Раздел 9. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	5) Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.	5
Всего за 5 семестр			17
4	Раздел 11. Поперечное потенциальное обтекание кругового цилиндра.	1) Исследование распределения давления по поверхности поперечно обтекаемого кругового цилиндра.	6

5	Раздел 13. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	2) Пограничный слой на плоской пластине под углом атаки.	6
6	Раздел 14. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	3) Течение газа в длинном трубопроводе	2
7	Раздел 15. Элементы теории крыла конечного размаха.	4) Обтекание ромба сверхзвуковым потоком.	3
Всего за 6 семестр			17

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. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
3	Раздел 3. Кинематика сплошной среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
4	Раздел 4. Реологические модели сплошной среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
5	Раздел 5. Вектор плотности потока тепла.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
6	Раздел 6. Замкнутые системы уравнений.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
7	Раздел 7. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
8	Раздел 8. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	4
9	Раздел 9. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	5
Всего за 5 семестр			40
10	Раздел 10. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	6
11	Раздел 11. Поперечное потенциальное обтекание кругового цилиндра.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	6
12	Раздел 12. Метод конформных отображений.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	6
13	Раздел 13. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	7
14	Раздел 14. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	7
15	Раздел 15. Элементы теории	Изучение предусмотренных программой	8

	крыла конечного размаха.	дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	
Всего за 6 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
5			ТекК		ТекК	ДР	ЛР, ТекК		ЛР, ТекК	ДР	ЛР, ТекК		ЛР		ЛР, ТекК	ДР	
6			ТекК		ТекК	ДР	ЛР, ТекК		ЛР, ТекК	ДР	ЛР, ТекК		ЛР		ЛР, ТекК	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ЛР – лабораторная работа.

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:

- 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. 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. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 61 экз.
6. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
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:

1. Вестник академии военных наук.

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»;
<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 - 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. Matlab 2015a SP1;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;

- 3. Google Chrome;
- 4. 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. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
3. Google Chrome;
4. Matlab 2015a SP1;
5. Microsoft Office.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Проектор;
2. Установка для изучения истечения газа из баллона;
3. Matlab 2015a SP1.

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 **МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*. 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;

ОПК-5 способность использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

ОПК-6 способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением газодинамических процессов. Обучающиеся 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.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**80 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 136 ч. аудиторных занятий, и 80 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.
Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики.		
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) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1)	5
Итого по разделу 1		5
Раздел 2. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.		
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) В. А. Зазимко, П. Д. Горохова. . Тензорный анализ в газовой динамике: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (1-2)	4
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Кинематика сплошной среды.		
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) А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1-2) Е. И. Агеев, А. З. Копылов. . Механика жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-2)	4
Итого по разделу 3		4
Раздел 4. Реологические модели сплошной среды.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1-3) В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова,	5

	2013 (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
Раздел 5. Вектор плотности потока тепла.		
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 (2-3) 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)	4
Итого по разделу 5		4
Раздел 6. Замкнутые системы уравнений.		
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)	5
Итого по разделу 6		5
Раздел 7. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.		
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
Раздел 8. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.		
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)	4
Итого по разделу 8		4
Раздел 9. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.		
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)	5
Итого по разделу 9		5
Раздел 10. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (12, раздел 1-4) Е. И. Агеев, А. З. Копылов. . Механика жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (5-7)	6
Итого по разделу 10		6
Раздел 11. Поперечное потенциальное обтекание кругового цилиндра.		
Изучение предусмотренных	В. Н. Усков. . Бегущие одномерные волны:	6

программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (4) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (12, раздел 5)	
Итого по разделу 11		6
Раздел 12. Метод конформных отображений.		
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 (12, раздел 7-8)	6
Итого по разделу 12		6
Раздел 13. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.		
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 (5) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (12, раздел 10-15)	7
Итого по разделу 13		7
Раздел 14. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.		
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 (12, раздел 15)	7
Итого по разделу 14		7
Раздел 15. Элементы теории крыла конечного размаха.		
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 (17, раздел 2-4)	8
Итого по разделу 15		8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

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. Оценивается по 8-и бальной шкале:

8-5 баллов – отчет оформлен в соответствии с требованиями, в ходе собеседования студент ответил на все вопросы, защита ЛР выполнена в срок две недели после проведения работы

4-2 балла – отчет оформлен в соответствии с требованиями, в ходе собеседования студент ответил на все вопросы, защита ЛР выполнена в срок 4 недели после проведения работы или отчет оформлен с нарушениями, в ходе собеседования студент ответил не на все вопросы, защита ЛР выполнена в срок 2 недели после проведения работы

1 балл – отчет оформлен в соответствии с требованиями, в ходе собеседования студент ответил на все вопросы, защита ЛР выполнена в срок до конца семестра

0 баллов - отчет не предоставлен или выполнен с грубыми нарушениями.

Основаниями для доработки или снижения баллов 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.

Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине в 5 семестре проходит в форме экзамена. 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 не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

Экзамен

Итоговый контроль по дисциплине в 6 семестре проходит в форме экзамена. 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 не готовность к собеседованию по темам билета – неудовлетворительно.

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	ОПК-5	ОПК-6	
3	5	Раздел 1. Предмет аэрогидрогазодинамики.	9	4	4	0	0	5	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	12	8	4	0	4	4	5	5	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 3. Кинематика сплошной среды.	10	6	4	0	2	4	5	5	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 4. Реологические модели сплошной среды.	11	6	4	0	2	5	5	5	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 5. Вектор плотности потока тепла.	10	6	4	0	2	4	5	5	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 6. Замкнутые системы уравнений.	11	6	4	0	2	5	5	5	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 7. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	16	12	4	6	2	4	5	5	5	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 8. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	15	11	4	6	1	4	5	5	5	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 9. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	14	9	2	5	2	5	5	5	5	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50	50	
3	6	Раздел 10. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости.	13	7	5	0	2	6	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 11. Поперечное потенциальное обтекание кругового цилиндра.	20	14	5	6	3	6	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа

3	6	Раздел 12. Метод конформных отображений.	15	9	6	0	3	6	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 13. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	22	15	6	6	3	7	10	10	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 14. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	18	11	6	2	3	7	5	5	5	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 15. Элементы теории крыла конечного размаха.	20	12	6	3	3	8	5	5	5	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
Всего за 6 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50	50	
Всего по дисциплине			216	136	68	34	34	80	100	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-1

	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Если среда покоится или движется как абсолютно твердое тело, то из модели вязкого газа (вязкой ньютоновской жидкости) следует, что
№ 2	Что такое сопло Лаваля
№ 3	Что утверждает теорема Цемплена
№ 4	Что демонстрирует формула Прандтля для параметров на прямом скачке уплотнения
№ 5	Что показывает число Рейнольдса
№ 6	Что справедливо при моделировании течений газа при больших числах Рейнольдса (с определенными оговорками)
№ 7	Что утверждает гипотеза Прандтля в пограничном слое
№ 8	Особенности решения задачи на основе упрощенных уравнений для пограничного слоя в несжимаемом установившемся течении
№ 9	Температура 0 градусов по шкале Цельсия в абсолютной шкале температур Кельвина равна ____
№ 10	Показатель адиабаты для воздуха равен ____
	<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
	Учет вязкости среды на основе модели ньютоновской жидкости
№ 3	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
	Принцип обратимости движения

- № 5 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
- № 6 Каким критериям отвечает вводимый в постулате 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
- № 7 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
- № 8 Что описывает метод Лагранжа в гидродинамике
- Описание течения жидкостей и газов через описание движения индивидуальных жидких элементарных частиц
- Описание течения жидкостей и газов с помощью полей параметров
- № 9 Скорость объемного расширения жидкости описывается выражением
- $$\frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = \text{div } \mathbf{v}$$
- $$\frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = \text{grad } v$$
- $$\frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = \text{rot } v$$
- № 10 Дифференциальная форма записи закона сохранения массы, который называется уравнением неразрывности, описывается выражением
- $$\frac{d\rho}{dt} + \rho \text{div } \mathbf{v} = 0$$
- $$\frac{d\rho}{dt} + \text{div } (\rho \mathbf{v}) = 0$$
- ОПК-5**
- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Постулаты о евклидовости пространства и абсолютности времени позволяют использовать _____
- № 2 Симметричность тензора напряжений Π_{ij} является строгим следствием выполнения какого закона?
- № 3 Укажите свойства модели вязкого газа (вязкой ньютоновской жидкости)
- № 4 Что следует из модели вязкого газа (вязкой ньютоновской жидкости), если среда покоится или движется как абсолютно твердое тело?
- № 5 Какие граничные условия необходимо задать на поверхности S твердого тела

- для вязкого совершенного газа?
- № 6 Какие граничные условия необходимо задать на поверхности \$\$\$ твердого тела для идеального нетеплопроводного газа?
- № 7 Какие допущения использованы для вывода интеграла адиабаты Лапласа-Пуассона?
- № 8 Какие допущения использованы для вывода интеграла Бернулли?
- № 9 При выполнении интеграла адиабаты Лапласа-Пуассона вдоль линии тока энтропия
- № 10 В задачах аэродинамики как правило можно пренебречь при записи интеграла Бернулли _____
- Вопросы закрытого типа:
- № 1 Модель идеальной жидкости (газа) описывается формулой
- $$\Pi = -p I$$
- № 2
- $$\Pi = -p I + 2 \mu \nabla \cdot \mathbf{v}$$
- Установите соответствие уравнений состояния и термодинамической модели среды
1. Совершенный газ
 2. Несжимаемая жидкость
- А. $U = c_v T, p = \rho R T$
- Б. $U = c T, \rho = \text{const}$
- № 3 На поверхности \$\$\$ твердого тела для вязкого совершенного газа ставятся следующие граничные условия
- Условие «непротекания» $v_n|_s = 0$
- Условие «прилипания» $v_\tau|_s = 0$
- Тепловой режим поверхности (условие на температуру, тепловой поток или сопряжение)
- Условие симметричности
- Параметры потока «на бесконечности»
- № 4 На поверхности \$\$\$ твердого тела для идеального нетеплопроводного газа ставятся следующие граничные условия
- Условие «непротекания» $v_n|_s = 0$
- Условие «прилипания» $v_\tau|_s = 0$
- Тепловой режим поверхности (условие на температуру, тепловой поток или сопряжение)
- Условие симметричности
- Параметры потока «на бесконечности»
- № 5 Интеграл адиабаты Лапласа-Пуассона получен при следующих условиях (допущениях)
- Идеальный газ ($\Pi = -p I$)
- Отсутствует теплообмен через поверхность ($\overline{q} = 0$)
- Отсутствует объемное излучение/поглощение тепла ($\varepsilon = 0$)
- Течение установившееся ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$)

- Массовые силы потенциальны ($\overline{F} = -\nabla V$, где V — потенциал массовых сил)
- Несжимаемый газ
- № 6 Интеграл Бернулли получен при следующих условиях (допущениях)
- Идеальный газ ($P = -p I$)
- Отсутствует теплообмен через поверхность ($\overline{q} = 0$)
- Отсутствует объемное излучение/поглощение тепла ($\varepsilon = 0$)
- Течение установившееся ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$)
- Массовые силы потенциальны ($\overline{F} = -\nabla V$, где V — потенциал массовых сил)
- Несжимаемый газ
- № 7 Интеграл адиабаты Лапласа-Пуассона записывается
- $p = C \rho^\gamma$
- $p = \frac{C}{\rho^\gamma}$
- № 8 При выполнении интеграла адиабаты Лапласа-Пуассона вдоль линии тока энтропия
- Постоянна
- Растет
- Падает
- № 9 Формула интеграла Бернулли записывается в зависимости от условий
1. Несжимаемая жидкость в поле действия силы тяжести
 2. Несжимаемый газ (силой тяжести пренебрегаем)
 3. Совершенный газ (силой тяжести пренебрегаем)
- А. $\frac{v^2}{2g} + z + \frac{p}{\rho g} = \text{const}$
- Б. $\frac{v^2}{2} + \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{p}{\rho} = \text{const}$
- В. $\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = \text{const}$
- № 10 Выберите правильные выражения для скорости звука
- $a = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$
- $a = \sqrt{\gamma R T}$
- $a = \sqrt{\rho R T}$
- $a = \sqrt{\frac{\gamma p}{T}}$

ОПК-6

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 В каком потоке возникают скачки уплотнения?
- № 2 В сверхзвуковом установившемся потоке перед преградой возникает ____
- № 3 Поток при прохождении скачка уплотнения отклоняется от направления потока перед скачком, если ____
- № 4 При прохождении газом скачка уплотнения энтропия ____
- № 5 Опишите как изменяются параметры газа при прохождении скачка уплотнения
- № 6 Что возникает в сверхзвуковом потоке при натекании на затупленное тело

- № 7 Что возникает в сверхзвуковом потоке при натекании на клин с углом клина меньше предельного угла поворота потока на клине для числа Маха натекающего потока
- № 8 Что возникает в сверхзвуковом потоке при натекании на клин с углом клина больше предельного угла поворота потока на клине для числа Маха натекающего потока
- № 9 При каких условиях применим метод характеристик ____
- № 10 Для течения Прандтля-Майера при однородном течении (поведение характеристик) ____
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Установите соответствие типа скачка уплотнения и его свойства
1. Сильный скачок ($M_2 < 1$)
 2. Слабый скачок ($M_2 > 1$)
- А. Присоединенный косой скачок
- Б. Головная ударная волна (отошедший скачок уплотнения)
- № 2 Трубка Пито в сверхзвуковом потоке измеряет
- Давление торможения потока за прямым скачком уплотнения
- Давление торможения потока перед прямым скачком уплотнения
- Давление торможения набегающего потока
- № 3 Скачки уплотнения возникают в
- Сверхзвуковом установившемся потоке
- Дозвуковом установившемся потоке
- Сверхзвуковом несжимаемом потоке
- № 4 Поток при прохождении скачка уплотнения отклоняется от направления потока перед скачком, если
- Скачок уплотнения косой
- Скачок уплотнения прямой
- Скачок уплотнения кривой
- № 5 Как изменяются параметры газа при прохождении скачка уплотнения
1. M
 2. v
 3. p
 4. T
 5. ρ
 6. a
 7. s
 8. p_0
 9. T_0
 10. ρ_0

11. $\sigma_a = 0$

А. Постоянно

Б. Растет

В. Падает

№ 6 Что возникает в сверхзвуковом потоке при натекании на преграду

1. Преграда затупленное тело

2. Преграда клин с углом клина меньше предельного угла поворота потока на клине для числа Маха натекающего потока

3. Преграда клин с углом клина больше предельного угла поворота потока на клине для числа Маха натекающего потока

А. Присоединенный косой скачок уплотнения

Б. Отсоединенный скачок уплотнения

№ 7 Угол наклона скачка уплотнения при обтекании клина из соотношения между углом наклона скачка уплотнения и углом поворота потока может принимать два значения σ_1 и σ_2 ($\sigma_1 < \sigma_2$). Какие из следующих утверждений правильные

Поток за скачком с углом σ_2 будет дозвуковым

Поток за скачком с углом σ_1 будет сверхзвуковым

Скачок с углом σ_2 называется сильным, скачок с углом σ_1 называется слабым

Из двух возможных присоединенных скачков реализуется скачок с углом σ_1

Угол поворота потока β за скачком с углом σ_1 равен углу поворота потока за скачком с углом σ_2

Давление p_2 за скачком с углом σ_1 меньше давления за скачком с углом σ_2

Энтальпия h растет больше на скачке с углом σ_2

За скачком с углом σ_1 меньше кинетической энергии потока переходит в тепло, чем за скачком с углом σ_2

Поток за скачком с углом σ_2 будет сверхзвуковым

Энтальпия h растет больше на скачке с углом σ_1

Угол поворота потока β за скачком с углом σ_1 меньше угла поворота потока за скачком с углом σ_2

Давление p_2 за скачком с углом σ_1 больше давления за скачком с углом σ_2

№ 8 Метод характеристик применим при следующих условиях

Сверхзвуковое плоское установившееся адиабатическое течение идеального газа

Дозвуковое плоское установившееся адиабатическое течение вязкого газа

Дозвуковое плоское нестационарное адиабатическое течение идеального газа

- № 9 Для течения Прандтля-Майера справедливы следующие соответствия
1. Расходящийся веер прямолинейных характеристик (одного семейства)
 2. Сходящийся веер прямолинейных характеристик (одного семейства)
 3. Характеристики (одного семейства) прямолинейны и имеют один угол наклона
- А. Однородное течение
- Б. Волна разрежения
- В. Волна сжатия
- № 10 Для течения Прандтля-Майера справедливы следующие соответствия
1. При обтекании выпуклой поверхности будет
 2. При обтекании вогнутой поверхности будет
 3. При обтекании выпуклого двугранного угла будет
- А. Волна сжатия
- Б. Волна разрежения