

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровые технологии создания двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
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: 2026

Программу составили:

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

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Веревкин Анатолий Анатольевич, к.ф.-м.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

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., 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-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

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:

Приобретение студентом знаний в области аэрогазодинамики;

описание моделей жидкости и газа;

основные методы расчета задач аэрогазодинамики;

методы теоретического и экспериментального исследования процесса до- и сверхзвукового течения газа;

изучение основных методов расчета задач аэрогазодинамики;

умения:

Умеет определять режим движения потока в зависимости от параметров;

анализировать процесс до- и сверхзвукового течения газа;

решать задачи аэрогазодинамики;

навыки:

Постановки и решения практических задач;

использования расчетных зависимостей для определения параметров покоящейся и движущейся жидкости;

определять скорость и другие параметры потока.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, РЯДЫ ФУРЬЕ, ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ, ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ДВИГАТЕЛЯХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**.

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

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
3	5	Раздел 1. Раздел 1. Введение в предмет аэрогидрогазодинамика. Уравнения законов сохранения. Аэрогидрогазодинамика как предмет. Обзор теоретических и практических задач. Механика жидкости и газа. 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.	15	7	5	0	2	8	7	7
3	5	Раздел 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. Тензор скоростей деформаций, физический смысл его компонент. Модель идеальной жидкости. Модель вязкой ньютоновской жидкости. Частный случай модели вязкой жидкости для несжимаемого течения. Коэффициенты вязкости для капельной жидкости и газа. Формула Сатерленда.	16	8	5	0	3	8	8	8
3	5	Раздел 3. Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды. Закон Фурье. Число Прандтля. Совершенный газ. Несжимаемая жидкость.	10	6	6	0	0	4	5	5
3	5	Раздел 4. Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости. Постановки задач для 1) невязкого нетеплопроводного газа, 2) вязкой несжимаемой жидкости, 3) вязкого сжимаемого газа. Изэнтропические и адиабатические течения. Адиабата Лапласа-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.	26	18	7	7	4	8	10	10
3	5	Раздел 5. Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике. 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 в до- и сверхзвуковых потоках газа. Прямой скачок уплотнения. Косой скачок уплотнения.	25	17	6	7	4	8	10	10
3	5	Раздел 6. Раздел 6. Вязкие течения. Течения Пуазейля. Задача Блазиуса. Фундаментальные свойства вязких течений. Точные решения динамической задачи об установившемся течении вязкой несжимаемой жидкости: плоское течение Пуазейля, течение Пуазейля в круглой трубе. Формулировка основных допущений и вывод Прандтля уравнений пограничного слоя на пластинке (задача Блазиуса). Оценка толщины пограничного слоя на пластинке. Коэффициент местного трения. Сопротивление трения пластины конечной длины. Тепловой пограничный слой. Элементы теории турбулентного пограничного слоя.	16	12	5	3	4	4	10	10
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Плоские безвихревые течения идеального газа. Метод характеристик. Вывод системы уравнений плоского безвихревого течения идеального совершенного газа. Приведение системы к каноническому виду. Понятие характеристик, уравнения характеристик и условия на них. Применение метода характеристик к плоскому безвихревому течению идеального совершенного газа. Интегрирование условий на характеристиках - функция Прандтля-Майера. Течение Прандтля-Майера. Решение задачи об обтекании выпуклой поверхности, выпуклого двугранного угла, вогнутой поверхности.	19	12	5	4	3	7	10	10
3	6	Раздел 8. Раздел 8. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Элементарные течения. Поперечное обтекание цилиндра. Определение плоского безвихревого установившегося течения несжимаемой жидкости и система уравнений. Введение потенциала скоростей и функции тока. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Примеры плоских безвихревых течений в терминах комплексного потенциала: однородный поток, источник (сток), течение, индуцированное вихревой нитью, диполь. Обтекание неподвижного цилиндра. Комплексный потенциал течения, индуцированного движущимся в неподвижной жидкости цилиндром. Главный вектор сил. Парадокс Даламбера. Сравнение теории с экспериментом.	19	12	5	4	3	7	8	8
3	6	Раздел 9. Раздел 9. 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.	19	12	6	3	3	7	9	9
3	6	Раздел 10. Раздел 10. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой. Вычисление циркуляции.	19	12	6	3	3	7	7	7

		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 11. Раздел 11. 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	3	2	7	8
3	6	Раздел 12. Раздел 12. 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 наимыгоднейшая форма крыла в плане. Распределение циркуляции по длине крыла.	14	9	6	0	3	5	8
Всего за 6 семестр			108	68	34	17	17	40	50
Всего по дисциплине			216	136	68	34	34	80	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Введение в предмет аэрогидрогазодинамика. Уравнения законов сохранения.	Задачи аэрогидрогазодинамики. Основные понятия и величины. Основные постулаты, понятие сплошной среды. Вывод уравнения неразрывности, уравнения закона изменения количества движения, уравнения для внутренней энергии. Формула Коши.	2
2	Раздел 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. 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. Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Функция приведённого расхода. Течения газа в сопле Лавала. Расчётный и нерасчётный режимы.	4
5	Раздел 6. Раздел 6. Вязкие течения. Течения Пуазейля. Задача Блазиуса.	Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины. Оценка толщины пограничного слоя.	4
Всего за 5 семестр			17
6	Раздел 7. Раздел 7. Плоские безвихревые течения идеального газа. Метод характеристик.	Течение Прандтля-Майера. Решение задачи об обтекании выпуклой поверхности, выпуклого двугранного угла. Предельный угол поворота потока на выпуклом двугранном угле.	3
7	Раздел 8. Раздел 8. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Элементарные течения. Поперечное обтекание цилиндра.	Потенциал скоростей. Функция тока. Примеры плоских безвихревых течений в терминах комплексного потенциала. Поперечное обтекание цилиндра - теория и сравнение с экспериментом. Парадокс Даламбера.	3
8	Раздел 9. Раздел 9. Метод конформных отображений.	Поперечное обтекание эллиптического цилиндра.	3
9	Раздел 10. Раздел 10. 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
10	Раздел 11. Раздел 11. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	Построение профилей Жуковского и решение задач об обтекании профилей Жуковского.	2
11	Раздел 12. Раздел 12. 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 4. Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела на аэродинамических весах	4
2		Определение аэродинамических характеристик профиля по распределению давления	3
3	Раздел 5. Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Течения газа по соплу Лаваля	4
4		Истечения газа из сосуда конечного объема	3
5	Раздел 6. Раздел 6. Вязкие течения. Течения Пуазейля. Задача Блазиуса.	Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров	3
Всего за 5 семестр			17
6	Раздел 7. Раздел 7. Плоские безвихревые течения идеального газа. Метод характеристик.	Течение газа в длинном трубопроводе	4
7	Раздел 8. Раздел 8. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Элементарные течения. Поперечное обтекание цилиндра.	Обтекание ромба сверхзвуковым потоком	4
8	Раздел 9. Раздел 9. Метод конформных отображений.	Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе	3
9	Раздел 10. Раздел 10. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	Исследование распределения давления по поверхности поперечно обтекаемого кругового цилиндра	3
10	Раздел 11. Раздел 11. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	Определение лобового сопротивления профиля методом импульсов	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. Раздел 1. Введение в предмет аэрогазодинамика. Уравнения законов сохранения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
2		Подготовка к практическим занятиям	4
3	Раздел 2. Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
4		Подготовка к практическим занятиям	4
5	Раздел 3. Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
6	Раздел 4. Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
7		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
8		Оформление отчетов для защиты ЛР	3

9		Оформление отчетов для защиты ЛР	4
10	Раздел 5. Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
11		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	2
12		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
13	Раздел 6. Раздел 6. Вязкие течения. Течения Пуазейля. Задача Блазиуса.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	1
14		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	1
Всего за 5 семестр			40
15	Раздел 7. Раздел 7. Плоские безвихревые течения идеального газа. Метод характеристик.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
16		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
17		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
18	Раздел 8. Раздел 8. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Элементарные течения. Поперечное обтекание цилиндра.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
19		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
20		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
21	Раздел 9. Раздел 9. Метод конформных отображений.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
22		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
23		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
24	Раздел 10. Раздел 10. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
25		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
26		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
27	Раздел 11. Раздел 11. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
28		Подготовка к лабораторным и практическим занятиям	2
29		Оформление отчетов для защиты ЛР	2
30	Раздел 12. Раздел 12. Элементы теории крыла конечного размаха.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	3
31		Подготовка к практическим занятиям	2
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	ЛР	ТекК	ЛР	ДР	ЛР, ТекК		ТекК, ЛР	ДР	ЛР	ТекК			ТекК	ДР	
6	ЛР	ТекК	ЛР	ТекК	ЛР	ДР	ЛР, ТекК		ЛР	ДР	ТекК		ТекК		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. Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 27 экз.
3. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
4. С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005, 50 экз.
5. 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. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://ura.it.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

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. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1;
3. 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. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Установка для изучения истечения газа из баллона;
2. Дозвуковая аэродинамическая труба АСТ-1;
3. Труба больших скоростей Малая сверхзвуковая труба;
4. 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 24.03.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

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.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с аэрогидрогазодинамическими 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.

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

Раздел 6. Раздел 6. Вязкие течения. Течения Пуазейля. Задача Блазиуса.		
Оформление отчетов для защиты ЛР	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 (5)	2
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе		1
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям		1
Итого по разделу 6		4
Раздел 7. Раздел 7. Плоские безвихревые течения идеального газа. Метод характеристик.		
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 (6)	3
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 7		7
Раздел 8. Раздел 8. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Элементарные течения. Поперечное обтекание цилиндра.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (3) А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (8)	3
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 8		7
Раздел 9. Раздел 9. Метод конформных отображений.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (4)	3
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 9		7
Раздел 10. Раздел 10. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (4)	3
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 10		7
Раздел 11. Раздел 11. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (4) Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (5)	3
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 11		7
Раздел 12. Раздел 12. Элементы теории крыла конечного размаха.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (7) С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (5)	3
Подготовка к практическим занятиям		2
Итого по разделу 12		5

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

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.

Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

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 ответы 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 и проведенных расчетов.

Экзамен (семестр 5)

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 (семестр 6)

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	
3	5	Раздел 1. Раздел 1. Введение в предмет аэрогидрогазодинамика. Уравнения законов сохранения.	15	7	5	0	2	8	7	7	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 2. Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.	16	8	5	0	3	8	8	8	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 3. Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.	10	6	6	0	0	4	5	5	Вопросы для текущего контроля
3	5	Раздел 4. Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	26	18	7	7	4	8	10	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 5. Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	25	17	6	7	4	8	10	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	5	Раздел 6. Раздел 6. Вязкие течения. Течения Пуазейля. Задача Блазиуса.	16	12	5	3	4	4	10	10	Лабораторная работа, Вопросы для текущего контроля
Всего за 5 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50	
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Плоские безвихревые течения идеального газа. Метод характеристик.	19	12	5	4	3	7	10	10	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 8. Раздел 8. Плоские безвихревые установившиеся течения несжимаемой жидкости. Элементарные течения. Поперечное обтекание цилиндра.	19	12	5	4	3	7	8	8	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа

3	6	Раздел 9. Раздел 9. Метод конформных отображений.	19	12	6	3	3	7	9	9	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 10. Раздел 10. Постулат Чаплыгина-Жуковского для профиля с задней острой кромкой.	19	12	6	3	3	7	7	7	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 11. Раздел 11. Решение задач об обтекании профилей Жуковского.	18	11	6	3	2	7	8	8	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 12. Раздел 12. Элементы теории крыла конечного размаха.	14	9	6	0	3	5	8	8	Вопросы для текущего контроля
Всего за 6 семестр			108	68	34	17	17	40	50	50	
Всего по дисциплине			216	136	68	34	34	80	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА

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

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Особенности решения задачи на основе упрощенных уравнений для пограничного слоя в несжимаемом установившемся течении
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В следствии чего и при каком условии тензор напряжений (Π) получился симметричным тензором?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите метод описания течения с его названием:
1. Описание течения жидкостей и газов через описание движения индивидуальных жидких элементарных частиц
 2. Описание течения жидкостей и газов с помощью полей параметров
- А. Метод Эйлера
- Б. Метод Лапласа
- В. Метод Лагранжа
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите названия сред (течений) и их описания
1. Несжимаемая жидкость
 2. Сжимаемый газ
 3. Несжимаемый газ
- А. Среда, в которой масса вещества в единице объема может изменяться
- Б. Среда, в которой давление и температура постоянны
- В. Среда, в которой масса вещества в единице объема постоянна
- Г. Среда, в которой давление постоянно
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Какова последовательность решения задачи в механике жидкости и газа:
1. Формирование физико-механического описания задачи (ключевых действующих факторов)
 2. Решение прикладной задачи или серии задач, зависящих от параметра (или параметров)
 3. Определение параметров задачи, известных (экспериментальных) данных и целевых показателей
 4. Поиск и анализ ранее выполненных решений, анализ научно-технической литературы
 5. Введение и обоснование допущений, формирование математической модели
 6. Анализ результатов, сравнение с экспериментами и целевыми показателями
 7. Построение численной модели или поиск аналитического решения (если возможен)
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Определите последовательность действия для решения задачи о стационарном обтекании профиля дозвуковым потоком вязкого газа:

1. Решение задачи для обтекания профиля идеальным газом (невязким)
 2. Выделение области пристеночного пограничного слоя и решение в ней задачи об обтекании вязким газом
 3. Определение режима течения на основании вычисленных чисел Маха и Рейнольдса
 4. Определение характерных толщин динамического и теплового пограничных слоев, уточнение возможности считать течение несжимаемым
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Что позволяют использовать постулаты о евклидовости пространства и абсолютности времени:
1. Общую теорию относительности
 2. Механику Ньютона
 3. Зависимость координат пространства от времени и скорости движения
 4. Специальную теорию относительности
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Скорость объемного расширения жидкости I описывается выражением (\mathbf{v} - вектор скорости):
1. $I = \operatorname{div} \mathbf{v}$
 2. $I = \operatorname{grad} \mathbf{v}$
 3. $I = \operatorname{rot} \mathbf{v}$
 4. $I = d\mathbf{v}/dt$
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- В ньютоновских жидкостях и газах возникающие при деформации силы сопротивления:
1. Пропорциональны линейной и объемной деформации
 2. Пропорциональны объемной деформации
 3. Пропорциональны линейной деформации
 4. Пропорциональны скорости линейной и объемной деформации
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Что является предметом курса классической теоретической механики жидкости и газа (аэрогидрогазодинамики):
1. Раздел механики, в котором изучаются законы движения и равновесия жидкостей и газов
 2. Раздел механики, в котором изучаются законы равновесия течений жидкостей и газов с обтекаемыми поверхностями тел
 3. Раздел механики, в котором изучаются физические и химические процессы, протекающие в жидкостях и газах
 4. Раздел механики, в котором изучаются фазовые переходы между жидкостями и газами
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие постулаты всегда принимаются в курсе теоретической механики жидкости и газа (аэрогидрогазодинамики):
1. Евклидовость пространства

2. Стационарность течения

3. Абсолютность времени

4. Сплошность среды

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Каким критериям отвечает вводимый в постулате сплошности физический бесконечно малый объем (элементарная жидкая частица):

1. Это объем, который содержит настолько много молекул, чтобы средние характеристики (плотность и другие) были устойчивы к изменению этого объема

2. 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

3. Количество молекул в объеме должно быть не менее 1 миллиона

4. Число Кнудсена K_n много меньше единицы

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

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое сопло Лаваля?

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите изменение параметров в потоке и поведение линий характеристик в этом потоке:

1. Характеристики обеих семейств прямолинейны и не меняются в потоке

2. Характеристики одного семейства прямолинейны и образуют расходящийся веер

3. Характеристики одного семейства прямолинейны и образуют сходящийся веер

4. Характеристики одного семейства прямолинейны и образуют в области сходящихся характеристик линию их пересечения

5. Характеристики обеих семейств криволинейны, их наклон по отношению к направлению движения потока уменьшается

А. Поток разгоняется и продолжает двигаться в том же направлении

Б. Поток тормозится и поворачивает около вогнутого двугранного угла или вогнутой поверхности

В. Поток разгоняется и поворачивает около выпуклого двугранного угла или выпуклой поверхности

Г. В потоке образуется косой скачок уплотнения

Д. Поток тормозится и продолжает двигаться в том же направлении

Е. Однородный поток

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что показывает число Рейнольдса?

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

На поверхности твердого тела для вязкого совершенного газа ставятся следующие граничные условия:

1. Скорость и температура «на бесконечности»

2. Условие «непротекания»

3. Условие «прилипания»
4. Тепловой режим поверхности (условие на температуру, тепловой поток или сопряжение)
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Интеграл адиабаты Лапласа-Пуассона получен при следующих условиях (допущениях):
1. Идеальный газ
 2. Течение установившееся
 3. Отсутствуют теплообмен через поверхность и объемное излучение/поглощение тепла
 4. Массовые силы потенциальны
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Что позволяет использовать постулат (гипотеза) сплошности:
1. Принцип обратимости движения
 2. Непрерывность полей параметров газодинамических функций
 3. Молекулярнокинетическую теорию
 4. Аппарат математического анализа
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
- Определите последовательность действия для решения задачи об установившемся течении газа по соплу Лаваля и истечению струи из него:
1. Через геометрию сопла получить определить распределение расчетного числа Маха по оси сопла через связь с приведенной функцией расхода и отношением площадей поперечных сечений сопла
 2. Получив параметры потока на срезе сопла, найти режим истечения струи
 3. По изэнтропическим функциям и параметрам торможения найти распределение параметров вдоль оси сопла через распределение числа Маха
 4. Получить исходные данные: параметры торможения (параметры в камере сгорания) и геометрию сопла
 5. По степени нерасчетности определить типовую структуру струи после выхода из сопла и рассчитать параметры в зонах струи, используя соотношения на скачках уплотнения и в волнах разрежения
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
- Установите соответствие типа газодинамического разрыва и описание его свойств:
1. Поток проходит через разрыв, давление и температура резко растут, число Маха становится дозвуковым
 2. Поток не проходит через разрыв (движется параллельно или покоится), давления сред с обеих сторон разрыва равны, остальные параметры произвольны
 3. Поток проходит через разрыв, плотность и энтропия резко растут, число Маха становится сверхзвуковым, но меньше величины до разрыва
- А. Сильный скачок уплотнения
- Б. Слабый скачок уплотнения
- В. Бесконтактная поверхность
- Г. Контактный разрыв

Д. Веер характеристик

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Если среда покоится или движется как абсолютно твердое тело, то из модели вязкого газа (вязкой ньютоновской жидкости) следует, что:

1. В такой среде не действуют напряжения
2. В среде действуют нормальные и касательные напряжения
3. В среде действуют только касательные напряжения
4. В среде действуют только нормальные напряжения

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Когда траектории и линии тока совпадают?

1. Всегда совпадают
2. Никогда не совпадают
3. Всегда совпадают в установившемся режиме
4. Всегда совпадают в неустойчивом режиме
5. Всегда совпадают при ламинарном движении

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Дополнительно к трем основным постулатам МЖГ принимается гипотеза о справедливости классической термодинамики, что это означает:

1. Время прихода элементарной жидкой частицы в термодинамическое равновесие равно бесконечности.
2. Время прихода элементарной жидкой частицы в термодинамическое равновесие много меньше времени заметного изменения газодинамических параметров при ее движении.
3. Время прихода элементарной жидкой частицы в термодинамическое равновесие много больше времени заметного изменения газодинамических параметров при ее движении.
4. Время прихода элементарной жидкой частицы в термодинамическое равновесие равно времени заметного изменения газодинамических параметров при ее движении.

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Какова последовательность решения задачи в аэрогидрогазодинамике:

1. Формирование физико-механического описания задачи (ключевых действующих факторов)
2. Решение прикладной задачи или серии задач, зависящих от параметра (или параметров)
3. Определение параметров задачи, известных (экспериментальных) данных и целевых показателей
4. Поиск и анализ ранее выполненных решений, анализ научно-технической литературы
5. Введение и обоснование допущений, формирование математической модели
6. Анализ результатов, сравнение с экспериментами и целевыми показателями
7. Построение численной модели или поиск аналитического решения (если возможен)