

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	ЭКЗ.

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	68	34	17	17	40	0	0	40	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Чернышов Михаил Викторович, д.т.н., доцент, профессор

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

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

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГАЗОДИНАМИКА

Разделы рабочей программы

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

Приложения к рабочей программе дисциплины

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

Приобретение студентом знаний в области аэрогидрогазодинамики;

описание моделей жидкости и газа;

основные методы расчета задач аэрогидрогазодинамики;

методы теоретического и экспериментального исследования процесса сверхзвукового течения

газа;

изучить основные методы расчета задач аэрогидрогазодинамики;;

умения:

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

анализировать процесс течения сверхзвукового газа;

решать задачи аэрогидрогазодинамики;;

навыки:

Постановки и решения практических задач;

использования расчетных зависимостей для определения параметров покоящейся и движущейся жидкости;

определять скорость потока.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АЭРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ, АЭРОДИНАМИКА И ДИНАМИКА ПОЛЕТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПСК-1.7 — Способен производить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующих двигателей летательных аппаратов и их элементов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		
3	6	Раздел 1. Предмет механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике 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 в обычных условиях.	15	6	6	0	0	9	15
3	6	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. Коэффициенты вязкости для капельной жидкости и газа. Формула Сатерленда.	11	6	6	0	0	5	15
3	6	Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды. Закон Фурье. Число Прандтля. Совершенный газ. Несжимаемая жидкость.	14	6	6	0	0	8	15
3	6	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. 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.	19	9	4	5	0	10	15
3	6	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-Гюгонио. Трубка Пито–Прандтля. Прямой скачок уплотнения. Косой скачок уплотнения.	24	21	6	5	10	3	20
3	6	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины. Формулировка основных допущений и вывод Прандтля уравнений пограничного слоя. Оценка толщины пограничного слоя. Коэффициент местного трения. Сопотвление трения пластины конечной длины. Элементы теории турбулентного пограничного слоя.	25	20	6	7	7	5	20
Всего за 6 семестр			108	68	34	17	17	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	17	17	40	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 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-Гюгонио. Трубка Пито–Прандтля. Прямой скачок уплотнения. Косой скачок уплотнения.	10
2	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Формулировка основных допущений и вывод Прандтля уравнений пограничного слоя. Оценка толщины пограничного слоя. Коэффициент местного трения. Сопотвление трения пластины конечной длины. Элементы теории турбулентного пограничного слоя.	7
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. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Определение аэродинамических характеристик профиля по распределению давления.	2
2		Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела на аэродинамических весах	3
3	Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Истечения газа из сосуда конечного объема.	2
4		Течения газа по соплу Лаваля.	3
5	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.	3
6		Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров.	4
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 механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	9
2	Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	5
3	Раздел 3. Вектор плотности потока тепла. Термодинамическая модель среды.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	8
4	Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	5
5		Подготовка к лабораторным занятиям	5
6	Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	1
7		Подготовка к лабораторным занятиям	1
8		Оформление отчетов для защиты ЛР	1
9	Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	1
10		Подготовка к лабораторным занятиям	2
11		Оформление отчетов для защиты ЛР	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
6		ЛР	ТекК	ЛР		ДР	ТекК		ЛР	ДР		ЛР			Вопр. Зач	ДР	

Условные обозначения:

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

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
3. Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук.

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

1. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://uraif.ru/> — Главная – 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. Matlab 2015a SP1.

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. Matlab 2015a SP1.

6.3. Лабораторные занятия:

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

6.4. Прочее:

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

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **АЭРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

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

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

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

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

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

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Предмет механики жидкости и газа. Уравнения законов сохранения в механике жидкости и газа.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (1)	9
Итого по разделу 1		9
Раздел 2. Кинематика сплошной среды. Реологические модели сплошной среды.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1,2)	5
Итого по разделу 2		5
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 (1,2,3)	8
Итого по разделу 3		8
Раздел 4. Замкнутые системы уравнений. Интегралы системы уравнений движения идеальной жидкости.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (3) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3)	5
Подготовка к лабораторным занятиям	"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3)	5
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Функция приведенного расхода. Сильные и слабые разрывы в газовой динамике.		
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 (3)	1
Подготовка к лабораторным занятиям		1
Оформление отчетов для защиты ЛР		1
Итого по разделу 5		3
Раздел 6. Задача Блазиуса о продольном обтекании плоской пластины.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (4)	1
Подготовка к лабораторным занятиям		2
Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 6		5

