

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	4	144	68	17	17	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Клочков Александр Викторович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., 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-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

ПК-3 — Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

приобретение студентом знаний в области аэрогазодинамики: вязкие и невязкие течения, аэродинамические характеристики ЛА, течения по соплам и каналам, течения со скачками уплотнения;

умения:

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

- практические: решать задачи аэрогазодинамики;

навыки:

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

ПК-3

знания:

- приобретение студентом знаний в области аэрогазодинамики:

- аэродинамические характеристики ЛА, течения по соплам и каналам;

умения:

- анализировать процесс течения до- и сверхзвукового газа;

- решать задачи аэрогазодинамики;;;

навыки:

- постановки и решения практических задач; использования расчетных зависимостей для определения параметров покоящейся и движущейся жидкости;

- решения задачи аэрогазодинамики;;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АЭРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АЭРОДИНАМИКА**.

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 для решения инженерных задач профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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	ПК-3
3	5	Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики. 1.1. Аэрогазодинамика как раздел механики. Задачи, решаемые аэрогазодинамикой. 1.2. Разделы аэрогазодинамики.	5	1	1	0	0	4	10	10
3	5	Раздел 2. Основные понятия и определения. 2.1. Понятие сплошной среды. 2.2. Понятие легкодеформируемой (текучей) среды. Сжимаемая и несжимаемая среда. 2.3. Понятие жидкой частицы и скорости жидкой частицы. 2.4. Термодинамические параметры газов и паров. Совершенные газы. 2.5. Вязкость и теплопроводность газов. 2.6. Невязкие и нетеплопроводные (изоэнтропические) течения. 2.7. Внутренняя энергия и энтальпия газовых потоков.	14	6	2	0	4	8	12	12
3	5	Раздел 3. Уравнение неразрывности. 3.1. Формулировка закона сохранения массы жидкой частицы. 3.2. Дивергенция скорости – скорость объемной деформации жидкой частицы. 3.3. Критерий сжимаемости и несжимаемости потока.	19	3	1	0	2	16	12	12
3	5	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера). 4.1. Силы вязкого трения. Гипотеза Ньютона о вязких напряжениях. Условие пренебрежения вязкими силами. Невязкий (идеальный) газ. 4.2. Второй закон Ньютона для движения идеального газа в гравитационном поле – уравнения Эйлера. Начальные и граничные условия. 4.3. Покоящаяся тяжелая жидкость – уравнение гидростатики (как решение уравнения Эйлера). 4.4. Покоящийся сжимаемый газ в гравитационном поле – уравнение атмосферы (как решение уравнения Эйлера).	14	6	2	0	4	8	15	15
3	5	Раздел 5. Уравнение энергии. Понятие линии и струйки тока. Полная энергия движущегося газа. Закон энергии для струйки тока. Случай изоэнтропического течения – уравнение Бернулли.1.	11	3	1	0	2	8	10	10
3	5	Раздел 6. Изоэнтропические течения газа. Система уравнений движения изоэнтропического течения совершенного газа. Скорость звука. До- и сверхзвуковые течения. Число Маха. Газодинамические функции.	11	3	1	0	2	8	10	10
3	5	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа. 7.1. Измерения давлений в потоке с помощью приемников давления (Пито, Пито-Прандтля, Прандтля, Вентури). 7.2. Обтекание потоком твердых тел. Аэродинамические силы и характеристики. Центр давления тела. Устойчивость летательного аппарата. 7.3. Возникновение подъёмной силы, силы лобового сопротивления и момента тангажа на примерах осесимметричного тела и профиля крыла.	23	15	3	6	6	8	11	10
3	5	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах). Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах). Течение в каналах переменного сечения. Сопла и диффузоры. Сопло Лаваля. Режимы истечения из сопла. Критическое истечение из сопла. Критические параметры течения. Расходная функция сопла. Степень нерасчетности струи. Расчет параметров течения в сопле Лаваля с помощью газодинамических функций для одномерного течения и двумерного течения (модель сферического источника). тяга сопла. Условия максимума и минимума тяги.	24	16	3	5	8	8	10	11
3	5	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа. Вязкие теплопроводные течения. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течения. Понятие вязкого пограничного слоя. Течения со скачками уплотнения. Возникновение скачков. Прямой и косой скачки. Соотношение параметров на скачках. Адиабата Рэнкина-Гюгонио. Измерения давлений трубкой Пито-Прандтля в сверхзвуковом потоке.	23	15	3	6	6	8	10	10
Всего за 5 семестр			144	68	17	17	34	76	100	100
Всего по дисциплине			144	68	17	17	34	76	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Понятие «точки» пространства сплошной среды. Критерий сплошности – число Кнудсена (Kn). Количественные характеристики линейной и объемной деформации. Скорость линейной и объемной деформации. Зависимость скорости деформации от возникающих в среде напряжений. Совершенный газ. Уравнение Клайперона. Коэффициент вязкости. Гипотеза	4

		Ньютона. Коэффициент теплопроводности. Закон Фурье. Теплоёмкость газов C_p и C_v . Энтропия. Внутренняя энергия и энтальпия. Изэнтропическое течение.	
2	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	Закон сохранения энергии для жидкой частицы. Источники и стоки массы. Дивергенция скорости. Физический смысл «прямых» производных скорости.	2
3	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	Второй закон Ньютона для движущейся в гравитационном поле жидкой частицы в отсутствие вязкого трения. Градиент давления. Начальные и граничные условия. Случай покоящейся тяжелой жидкости. Уравнение гидростатики. Случай покоящего газа. Уравнение атмосферы.	4
4	Раздел 5. Уравнение энергии.	Струйка тока. Полная энергия потока. Уравнение энергии. Изэнтропическое стационарное течение. Уравнение Бернулли в общем виде и для несжимаемого и сжимаемого течений. Максимальная скорость потока.	2
5	Раздел 6. Изэнтропические течения газа.	Малые возмущения упругой среды (звук) и скорость звука. Звуковое давление. Число Маха. Система уравнений для изэнтропического сжимаемого стационарного течения совершенного газа. Газодинамические функции. Критическое течение и критические параметры течения.	2
6	Раздел 7. Изэнтропические течения несжимаемого газа.	Приемники (трубки) давления: Пито, Прандтля, Пито-Прандтля. Трубка Вентури. Расчет полного и статического давлений потока по измерениям приемников давления. Аэродинамические силы, моменты и коэффициенты. Устойчивость ЛА.	6
7	Раздел 8. Изэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	Сопло Лаваля. Режимы истечения. Расчет параметров течения в сопле Лаваля (одномерное течение). Расчет параметров течения в сопле Лаваля (двумерное течение). Расход газа через сопло. Нерасчетность струи. Реактивная сила (тяга) сопла.	8
8	Раздел 9. Неизэнтропические течения сжимаемого газа.	Вязкость. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течения. Пограничный слой. Скачок уплотнения. Соотношение параметров на скачке. Адиабата Рэнкина-Гюгонио. Расчет полного и статического давлений сверхзвукового потока по измерениям трубкой Пито-Прандтля. Потеря полного давления на скачке	6
Всего за 5 семестр			34

3.3. Лабораторный практикум

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

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики.	Повторение и осмысление сведений о методах разделения механики (как раздела физики) на подразделы, о предмете и задачах, решаемых аэрогазодинамикой.	4

2	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Подготовка к практическим занятиям	4
3		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
4	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	10
5		Подготовка к практическим занятиям	6
6	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
7		Подготовка к практическим занятиям	4
8	Раздел 5. Уравнение энергии.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
9		Подготовка к практическим занятиям.	4
10	Раздел 6.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	4
11	Изоэнтропические течения газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
12	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
13		Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР	4
14	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
15		Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР	4
16	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	4
17		Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР	4
Всего за 5 семестр			76

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			ВРЗД			ДР	Отч. по ЛР	ВРЗД		ДР	ВРЗД	Отч. по ЛР				ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, эл. рес.
2. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 61 экз.
3. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
4. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 352 экз.
5. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
6. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 175 экз.
7. 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:

не требуются.

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

1. <https://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
4. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - 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. 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. образцы РКТ;
2. Microsoft Office.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Дозвуковая аэродинамическая труба АСТ-1;
2. Microsoft Office.

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 *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ПК-3 Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением газодинамических процессов, сопровождающих функционирование летательных аппаратов (ЛА) на всех этапах движения. Излагаются особенности физических моделей, применяемых для описания газовых течений, связь между физической моделью явления и математической моделью, методы расчета параметров течения и аэродинамических характеристик ЛА, а также методы и техника экспериментальных исследований в аэрогазодинамике.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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.		
Повторение и осмысление сведений о методах разделения механики (как раздела физики) на подразделы, о предмете и задачах, решаемых аэрогазодинамикой.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1.1) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1.1-1.2) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Основные понятия и определения.		
Подготовка к практическим занятиям	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.1)	4
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.		4
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Уравнение неразрывности.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1.3-1.4)	10
Подготовка к практическим занятиям		6
Итого по разделу 3		16
Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.1)	4
Подготовка к практическим занятиям		4
Итого по разделу 4		8
Раздел 5. Уравнение энергии.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.2) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (2.1)	4
Подготовка к практическим занятиям.		4
Итого по разделу 5		8

Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.		
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.3) Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2.1)	4
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.		4
Итого по разделу 6		8
Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3.1-3.3)	4
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР		4
Итого по разделу 7		8
Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3.5) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (35-53с) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)	4
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР		4
Итого по разделу 8		8
Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (77-98с) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (4.1-4.4)	4
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР		4
Итого по разделу 9		8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

Вопросы по разделу

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 не менее чем на 2 вопроса. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов представлен в УМК.

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. Студенту задаются 3 вопроса в рамках работы, для успешной аттестации необходимо правильно ответить не менее, чем на 2 вопроса. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

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

Основаниями для непринятия 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.

Если у студента имеется хотя бы одна не сданная лабораторная работа, то он не допускается к сдаче экзамена.

Вопросы к экзамену

Список вопросов к экзамену представлен в УМК.

Экзамен

Допуск к экзамену ставится при сдаче всех лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Экзамен проводится в форме устных ответов на 2 теоретических вопроса, перечень которых представлен в УМК дисциплины.

По итогам ответов на вопросы, преподаватель выставляет оценку. Для оценки знаний может быть задан дополнительный вопрос.

Для оценки знаний студентов при получении ими академической оценки по дисциплине в рамках экзамена используются следующие критерии:

Оценка «отлично» - глубокие исчерпывающие знания и творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала; умение свободно решать практические

задания (задачи, конкретные ситуации, расчеты и т.п.); логически последовательные, содержательные, полные, правильные и конкретные ответы на основные и дополнительные вопросы преподавателя; свободное владение основной и дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой; Оценка «хорошо» - твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений; последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном устранении замечаний по отдельным вопросам; достаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой; Оценка «удовлетворительно» - твердые знания и понимание основного программного материала; правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы при устранении неточностей и несущественных ошибок в освещении отдельных положений при наводящих вопросах преподавателя; недостаточное владение литературой, рекомендованной учебной программой; Оценка «неудовлетворительно» - неправильные ответы на основные вопросы, грубые ошибки в ответах, непонимание сущности излагаемых вопросов; неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-1	ПК-3	
3	5	Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики.	5	1	1	0	0	4	10	10	Вопросы по разделу
3	5	Раздел 2. Основные понятия и определения.	14	6	2	0	4	8	12	12	Вопросы по разделу
3	5	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	19	3	1	0	2	16	12	12	Вопросы по разделу
3	5	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	14	6	2	0	4	8	15	15	Вопросы по разделу
3	5	Раздел 5. Уравнение энергии.	11	3	1	0	2	8	10	10	Вопросы по разделу
3	5	Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.	11	3	1	0	2	8	10	10	Вопросы по разделу
3	5	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	23	15	3	6	6	8	11	10	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР
3	5	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	24	16	3	5	8	8	10	11	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР
3	5	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	23	15	3	6	6	8	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР, Вопросы к экзамену
Всего за 5 семестр			144	68	17	17	34	76	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	17	17	34	76	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине АЭРОГАЗОДИНАМИКА

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Какие условия реализуются при истечении газа из баллона через отверстие на различных режимах истечения?

(a - выходное сечение отверстия, n - окружающая среда, o - в баллоне)

1. $P_a = P_n$ А. докритический
2. $Ma = 1$ Б. сверхкритический
3. $Ma < 1$

№ 2 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

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

Что представляет собой выражение

$$\iiint_V \frac{\partial \rho \vec{u}}{\partial t} dV + \iint_S \rho \vec{u} u_n dS = \iiint_V \rho \vec{F} dV - \iint_S p \vec{n} dS$$

1. Уравнение сохранения количества движения для идеального газа
2. Уравнение сохранения количества движения для вязкого газа
3. Уравнение неразрывности
4. Уравнение сохранения энергии в дифференциальной форме
5. Уравнение сохранения энергии

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

Что представляет собой вектор \vec{F} в правой части уравнения

$$\iiint_V \frac{\partial \rho \vec{u}}{\partial t} dV + \iint_S \rho \vec{u} u_n dS = \iiint_V \rho \vec{F} dV - \iint_S p \vec{n} dS$$

1. вектор массовых сил, действующих на единицу массы газа
2. вектор сил давления, действующих на единицу массы газа
3. площадь поперечного сечения потока
4. суммарный вектор поверхностных сил, действующих на единицу площади

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность реализации режимов течения по соплу Лаваля по мере повышения

давления в ресивере аэродинамической трубы

1. Сверхкритический безотрывной
2. Докритический
3. Сверхкритический с отрывом потока в диффузоре
4. Критический

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Выберите в левой колонке утверждения, соответствующие разным моделям газа

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Силы трения отсутствуют | А. газ идеальный |
| 2. Тепловыделение отсутствует | Б. газ термодинамически совершенный |
| 3. Теплопередача отсутствует | В. газ несжимаемый |
| 4. Параметры течения не меняются со временем | Г. течение установившееся |
| 5. Плотность постоянна | Д. течение адиабатическое |
| 6. Параметры состояния подчиняются уравнению Менделеева-Клапейрона | |

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

Выберите **неправильные** ответы на вопрос - что представляет собой выражение?

$$\operatorname{div} \rho \vec{v} = 0$$

1. Уравнение сохранения количества движения для идеального газа
2. Уравнение сохранения количества движения для вязкого газа
3. Уравнение неразрывности
4. Уравнение неразрывности для установившегося течения

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

От каких параметров окружающей среды тяга ракетного двигателя **не зависит**?

1. от плотности
2. от температуры
3. от давления

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

Какие из перечисленных параметров сохраняются постоянными на скачке уплотнения?

1. давление
2. скорость
3. число Маха
4. касательная составляющая скорости
5. температура
6. полное теплосодержание
7. нормальная составляющая скорости
8. плотность

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите уравнение сохранения количества движения в интегральной форме

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите уравнение сохранения массы в интегральной форме

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите в какой последовательности реализуются режимы по мере опорожнения баллона

1. Докритический
2. Сверхкритический
3. Критический

ПК-3 - Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА

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

Выберите правильные следствия уравнения обращения воздействий:

1. При $M > 1$ поток ускоряется в расширяющемся канале ($dF > 0$)
2. При $M > 1$ поток замедляется в расширяющемся канале ($dF > 0$)
3. При $M < 1$ поток замедляется в расширяющемся канале ($dF > 0$)
4. При $M < 1$ поток ускоряется в сужающемся канале ($dF < 0$)
5. При $M < 1$ поток замедляется в сужающемся канале ($dF < 0$)
6. $M = 1$ может быть достигнуто в том сечении канала, где его площадь максимальна
7. $M = 1$ может быть достигнуто в том сечении канала, где его площадь минимальна
8. Скорость потока зависит только от перепада давления и не зависит от геометрии канала

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

Какие действия из перечисленных приведут к повышению степени устойчивости летательного аппарата?

1. увеличение площади стабилизаторов
2. изменение внутренней компоновки ЛА с перемещением центра тяжести вперед
3. изменение внутренней компоновки ЛА с перемещением центра тяжести назад
4. уменьшение площади стабилизаторов
5. размещение дополнительных аэродинамических поверхностей в передней части ЛА

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Если обозначить $t_{кр}$ - время существования сверхкритического режима истечения при опорожнении баллона в нормальных атмосферных условиях ($P_n = 1$).

Как изменится характер изменения давления газа в баллоне $P_0(t)$ при $t < t_{кр}$, если тот же процесс истечения будет происходить в вакуум ($P_n = 0$)?

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

Какой будет зависимость коэффициента силы лобового сопротивления от малых значений угла атаки для симметричного ЛА, если аппроксимировать эту зависимость полиномом с постоянными коэффициентами?

- 1.

$$C_x = a\alpha$$

2.

$$C_x = a\alpha^4$$

3.

$$C_x = a\alpha^2$$

4.

$$C_x = a_1 + a_2\alpha^2$$

5

$$C_x = a_1 + a_2\alpha + a_3\alpha^2$$

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

Какой будет зависимость коэффициента подъемной силы от малых значений угла атаки для симметричного ЛА, если аппроксимировать эту зависимость полиномом с постоянными коэффициентами?

1.

$$C_y = a_1 + a_2\alpha$$

2.

$$C_y = a\alpha^4$$

3.

$$C_y = a\alpha^2$$

4.

$$C_y = a_1 + a_2\alpha^2$$

5.

$$C_y = a_1\alpha + a_2\alpha^3$$

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Как изменится скорость на срезе сопла при изменении параметров газа (P_0 и T_0) в камере двигателя ?

1. При
постоянном
давлении P_0
увеличивается
температура T_0
в 2 раза

А. Не изменится

2. При
постоянной
температуре T_0

В. Увеличится в 1.414 раз

увеличивается
давление P_0 в 2
раза

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Как изменится тяга двигателя в пустоте при изменении параметров газа (P_0 и T_0) в камере двигателя ?

- | | |
|--|------------------------|
| 1. При
постоянном
давлении P_0
увеличивается
температура T_0
в 2 раза | А. Не изменится |
| 2. При
постоянной
температуре T_0
увеличивается
давление P_0 в 2
раза | Б. Увеличится в 2 раза |

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

Укажите **неправильные** ответы на вопрос "Как меняется отношение давлений P_2/P_1 на прямом скачке уплотнения, где P_2 – давление газа за скачком, P_1 – давление газа до скачка, с ростом числа Маха натекающего потока"?

1. Уменьшается
2. Уменьшается до предельного значения
3. Остается постоянным
4. Увеличивается до предельного значения (6 для воздуха)
5. Неограниченно увеличивается

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

Какое отношение на скачке уплотнения увеличивается ограничено с ростом числа Маха перед скачком?

(«1»- индекс до скачка, «2» - индекс после скачка

ρ - плотность, T - температура, P - давление, α - скорость звука)

1. ρ_2/ρ_1
2. T_2/T_1
3. P_2/P_1
4. α_2/α_1

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите необходимые действия и их последовательность при проведении расчета аэродинамических характеристик пластинки, установленной под углом атаки $\beta > 0$ в сверхзвуковом потоке идеального газа с числом Маха M_1

1. Расчет нормальной силы по значениям P_n и P_v
2. Расчет коэффициентов силы лобового сопротивления и подъемной силы
3. Расчет аэродинамического качества
4. Расчет давления над пластинкой P_v по соотношениям Прантля-Майера

5. Расчет давления под пластинкой P_n по соотношениям для косо́го скачка уплотнения
6. Проверка условия отсутствия отошедшего скачка уплотнения $\beta < \beta_{\max}(M_1)$

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Баллон разделен диафрагмой с отверстием на две полости. Первая полость содержит газ с давлением P_0 , которое в ходе эксперимента поддерживается постоянным. Давление во второй полости в ходе эксперимента уменьшается от P_0 до 0. Укажите какие режимы течения в отверстии и в какой последовательности будут реализованы.

1. Критический ($M=1$)
2. Сверхкритический ($M=1$)
3. Докритический ($M<1$)

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как определить максимально возможный угол поворота потока с заданным числом Маха (M_1) в течении Прандтля-Майера?