

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АЭРОГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ 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	6	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2024

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 Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс

# **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:

ПСК-09 — способность разрабатывать газоотводящие системы пусковых устройств и устройства для снижения воздействия потоков газа ракетных двигателей при старте ракет

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-09**

*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;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АЭРОГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.01 *Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПРИ СТАРТЕ, ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

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

### 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		ПСК-09
3	6	<b>Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики.</b> 1.1. Аэрогазодинамика как раздел механики. Задачи, решаемые аэрогазодинамикой. 1.2. Разделы аэрогазодинамики.	4	2	2	0	2	10
3	6	<b>Раздел 2. Основные понятия и определения.</b> 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.	12	6	6	0	6	12
3	6	<b>Раздел 3. Уравнение неразрывности.</b> 3.1. Формулировка закона сохранения массы жидкой частицы. 3.2. Дивергенция скорости – скорость объемной деформации жидкой частицы. 3.3. Критерий сжимаемости и несжимаемости потока.	15	1	1	0	14	12
3	6	<b>Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).</b> 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).	12	4	4	0	8	15
3	6	<b>Раздел 5. Уравнение энергии.</b> Понятие линии и струйки тока. Полная энергия движущегося газа. Закон энергии для струйки тока. Случай изоэнтропического течения – уравнение Бернулли.1.	8	2	2	0	6	10
3	6	<b>Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.</b> Система уравнений движения изоэнтропического течения совершенного газа. Скорость звука. До- и сверхзвуковые течения. Число Маха. Газодинамические функции.	8	3	3	0	5	10
3	6	<b>Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.</b> 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.	15	10	4	6	5	11
3	6	<b>Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).</b> 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.	16	11	6	5	5	10
3	6	<b>Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.</b> 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.	18	12	6	6	6	10
<b>Всего за 6 семестр</b>			108	51	34	17	57	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. 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 6 семестр			17

### 3.3. 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.	2
2	Раздел 2. Основные понятия и определения.	Подготовка к практическим занятиям	4
3		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	2
4	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	8
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.	2
10	Раздел 6.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	3
11	Изоэнтропические течения газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	2
12	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	3
13		Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР	2
14	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	3
15		Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР	2
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	2
Всего за 6 семестр			57

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

Условные обозначения:

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

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

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

**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, 175 экз.
6. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
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](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. Лабораторные занятия:**

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

### **6.3. 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 **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. 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*:

ПСК-09 способность разрабатывать газоотводящие системы пусковых устройств и устройства для снижения воздействия потоков газа ракетных двигателей при старте ракет.

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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 (1.1-1.2) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1.1) 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)	2
Итого по разделу 1		2
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.		2
Итого по разделу 2		6
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)	8
Подготовка к практическим занятиям		6
Итого по разделу 3		14
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.	А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (2.1) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.2)	4
Подготовка к практическим занятиям.		2
Итого по разделу 5		6

Раздел 6. Изобарические течения газа.		
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (2.1) М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (2.3)	3
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.		2
Итого по разделу 6		5
Раздел 7. Изобарические 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)	3
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 7		5
Раздел 8. Изобарические 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 ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (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 (35-53с)	3
Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.Оформление отчетов для защиты ЛР		2
Итого по разделу 8		5
Раздел 9. Изобарические 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		2
Итого по разделу 9		6

## 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		ПСК-09	
3	6	Раздел 1. Предмет аэрогазодинамики.	4	2	2	0	2	10	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 2. Основные понятия и определения.	12	6	6	0	6	12	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 3. Уравнение неразрывности.	15	1	1	0	14	12	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 4. Уравнения движения идеального газа (уравнения Эйлера).	12	4	4	0	8	15	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 5. Уравнение энергии.	8	2	2	0	6	10	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 6. Изоэнтропические течения газа.	8	3	3	0	5	10	Вопросы по разделу
3	6	Раздел 7. Изоэнтропические течения несжимаемого газа.	15	10	4	6	5	11	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 8. Изоэнтропические течения сжимаемого газа (течения в соплах).	16	11	6	5	5	10	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 9. Неизоэнтропические течения сжимаемого газа.	18	12	6	6	6	10	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР, Вопросы к экзамену
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-09

Вопросы открытого типа:

- № 1 Запишите уравнение сохранения количества движения в интегральной форме
- № 2 Запишите уравнение сохранения массы в интегральной форме
- № 3 От каких параметров окружающей среды зависит тяга ракетного двигателя?
- № 4 На скачке уплотнения сохраняются постоянными :
- № 5 Как определить максимально возможный угол поворота потока с заданным числом Маха ( $M_1$ ) в течении Прандтля-Майера?
- № 6 Как изменится скорость на срезе сопла, если давление в камере двигателя постоянно, а температура в камере двигателя увеличится в два раза?
- № 7 Как изменится скорость на срезе сопла, если давление в камере двигателя увеличится в два раза, а температура в камере двигателя останется постоянной?
- № 8 Как изменяется тяга ракетного двигателя с увеличением высоты полета?
- № 9 Максимум силы тяги достигается на расчетном режиме истечения. Как следует менять площадь сопла на выходе  $F_a$  для сохранения расчетного режима с уменьшением наружного давления (например, с увеличением высоты)?
- № 10 Какие условия для числа Маха  $Ma$  и давления  $P_a$  реализуются в выходном сечении отверстия при истечении газа из баллона на докритическом режиме истечения?
- (  $a$  - выходное сечение отверстия,  $n$  - окружающая среда )
- № 11 Какие условия для числа Маха  $Ma$  и давления  $P_a$  реализуются в выходном сечении отверстия при истечении газа из баллона на сверхкритическом режиме истечения?

(  $a$  - выходное сечение отверстия,  $n$  - окружающая среда )

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Несжимаемый газ - это газ у которого:
- $\rho = \text{const}$
  - $T = \text{const}$
  - $P = \text{const}$
  - $P_0 = \text{const}$
  - $M = \text{const}$
- № 2 Когда траектории и линии тока совпадают?
- **Всегда совпадают**
  - **Никогда не совпадают**
  - **Всегда совпадают в установившемся режиме**
  - **Всегда совпадают в неуставившемся режиме**
  - **Всегда совпадают при ламинарном движении**
- № 3 Термодинамически совершенный газ это:
- газ, параметры которого подчиняются уравнению Клайперона
  - газ, параметры которого подчиняются уравнению Ван-дер-Ваальса
  - невязкий газ
  - нетеплопроводный газ
- № 4 Что представляет собой вектор  $F$  в правой части уравнения

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

- вектор массовых сил, действующих на единицу массы газа
- вектор сил давления, действующих на единицу массы газа
- вектор сил давления, действующих на единицу площади
- площадь поперечного сечения потока
- суммарный вектор поверхностных сил, действующих на единицу площади

№ 5 Что такое идеальный газ?

- Это газ, в котором отсутствуют вязкие напряжения
- Это газ, в котором отсутствует объемное тепловыделение
- Это газ, параметры которого не зависят от времени
- Это газ с постоянной плотностью

№ 6 Что представляет собой выражение

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

- Уравнение сохранения количества движения для идеального газа
- Уравнение сохранения количества движения для вязкого газа
- Уравнение неразрывности
- Уравнение сохранения энергии в дифференциальной форме
- Уравнение сохранения энергии

№ 7 Что представляет собой выражение

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

- Уравнение сохранения количества движения для идеального газа
- Уравнение сохранения количества движения для вязкого газа
- Уравнение неразрывности
- Уравнение неразрывности для установившегося течения
- Уравнение полной производной

№ 8 Условия изэнтропического процесса

- отсутствие процесса теплопередачи
- отсутствие объемного выделения/поглощения тепла
- газ идеальный

- *течение установившееся*
  - *газ термодинамически совершенный*
  - *течение одномерное*
- № 9 Где должен находиться центр давления, чтобы полет неуправляемого симметричного ЛА был устойчивым?
- *Впереди центра тяжести*
  - *В носовой части ЛА*
  - *За центром тяжести*
  - *В центре тяжести*
  - *В любой точке ЛА*
- № 10 Согласно уравнению Бернулли для несжимаемой жидкости...
- *Полное давление есть величина постоянная*
  - *Давление торможения в потоке уменьшается*
  - *Статическое давление в потоке постоянно*
  - *Динамическое давление зависит от высоты*