

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ГАЗОДИНАМИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ 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	0	17	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И \_\_\_\_\_  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Синильщиков Валерий Борисович, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

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

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 ОСНОВЫ ГАЗОДИНАМИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**

## **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-3.5 — способность проводить проектирование гидравлических и пневматических приводов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-3.5**

*знания:*

- основные уравнения газодинамики;
- основные виды невязких и вязких течений несжимаемого и сжимаемого газа;
- виды газодинамических нагрузок на элементы стартовых комплексов.;

*умения:*

- определять режим течения;
- оценивать аэродинамические силы, действующие на тело в потоке воздуха.;

*навыки:*

- анализа полей течений;
- использования расчетных зависимостей для определения параметров течения и определения силовых и тепловых нагрузок..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ ГАЗОДИНАМИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

### 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	Практические занятия		ПСК-3.5
3	6	<b>Раздел 1. Раздел 1. Введение.</b> 1.1. Газодинамика как раздел механики. 1.2. Задачи, решаемые газодинамикой. 1.3. Основные проблемы газодинамики стартовых комплексов. 1.4. Методы газодинамики. 1.5 Понятия сплошной среды и жидкой частицы. 1.6. Основные параметры, описывающие течение газа. 1.7. Физический смысл частных производных в газодинамике.	10	7	2	5	3	10
3	6	<b>Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения газодинамики (уравнения Навье-Стокса).</b> 2.1. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой среды. 2.2. Уравнения количества движения для невязкой и вязкой среды. 2.3. Уравнение энергии при учете и неучете вязкости и теплопроводности. 2.4. Замыкающие уравнения.	8	4	4	0	4	10
3	6	<b>Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изэнтропические течения газа.</b> 3.1. Понятия о траектории и линии тока. 3.2. Понятия об адиабатичности и изэнтропичности в газовой динамике 3.3. Уравнение Бернулли для различных случаев. 3.4. Изэнтропические соотношения. 3.5. Задача об установившемся истечении газа из сосуда через малое отверстие. Докритический и критический режимы истечения 3.6. Одномерные стационарные изэнтропические течения газа. Сопло Лавалю. Тяга ракетного двигателя. Условие максимума тяги. Предварительный выбор параметров ракетного двигателя 3.7. Характеристики. Конус Маха. Течение Прандтля-Майера.	22	12	12	0	10	25
3	6	<b>Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.</b> 4.1. Акустические волны. 4.2. Прямой скачок уплотнения. 4.3 Трубка Пито. Давление Пито. 4.4. Косой скачок уплотнения. 4.5. Схемы сверхзвукового обтекания конус-цилиндрического и ромбовидного тела 4.6. Ударные волны.	19	9	4	5	10	15
3	6	<b>Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов.</b> 5.1. Понятие о пограничном слое. 5.2. Ламинарный и турбулентный режим течения. 5.3. Трение и теплообмен при течении жидкости вдоль пластины для различных режимов. 5.4. Трение и теплообмен при течении жидкости в трубах для различных режимов.	14	4	4	0	10	15
3	6	<b>Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха.</b> 6.1. Связанная и свободная системы. 6.2. Аэродинамические силы и моменты. 6.3. Аэродинамические коэффициенты.	10	2	2	0	8	15
3	6	<b>Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.</b> 7.1. Структура свободных стационарных сверхзвуковых расчетных и нерасчетных струй. 7.2. Турбулентная диффузия в слое смешения. Процессы дотгорания. 7.3. Скачки уплотнения в струях. 7.4. Натекание струй ракетных двигателей на элементы конструкции стартовых комплексов. Силовое и тепловое воздействие струй 7.5. Пульсационное и акустическое воздействие струй 7.6. Газодинамические схемы старта ракет.	25	13	6	7	12	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. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Введение.	Общая характеристика задач газодинамики старта.	5
2	Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.	Схемы сверхзвукового обтекания конус-цилиндрического и ромбовидного тела	5
3	Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.	Натекание струй ракетных двигателей на элементы конструкции стартовых комплексов. Силовое и тепловое воздействие струй	7
<b>Всего за 6 семестр</b>			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Раздел 1. Введение.	Самостоятельное изучение дидактической единицы 1.4 по учебной литературе	3
2	Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения	Самостоятельное изучение	4

	газодинамики (уравнения Навье-Стокса).	дидактических единиц 2.1-2.4 по учебной литературе	
3	Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изоэнтропические течения газа.	Самостоятельное изучение дидактических единиц 3.2-3.7 по учебной литературе	10
4	Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.	Самостоятельное изучение дидактических единиц 4.1-4.6 по учебной литературе	10
5	Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов.	Самостоятельное изучение дидактических единиц 5.1-5.4 по учебной литературе	10
6	Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха.	Самостоятельное изучение дидактических единиц 6.1-6.3 по учебной литературе	8
7	Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.	Изучение дидактических единиц 7.1, 7.2, 7.7 по учебной литературе	12
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>57</b>

#### 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			КВ			ДР		ДЗ, КВ		ДР			КВ			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- КВ – контрольные вопросы;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контрольные вопросы;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники. М.: Полиграфикс РПК, 2005, эл. рес.
2. А. П. Маштаков. . Физические основы пуска. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 15 экз.
3. А. П. Маштаков. . Физические основы пуска. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
4. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 86 экз.
5. Е. В. Афанасьев, В. И. Балобан, С. В. Бобышев. . Структурно-элементное моделирование газодинамических процессов при старте ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, 175 экз.
6. Е. В. Афанасьев, С. В. Бобышев, И. Л. Добросердов. . Определение параметров поля течения одиночной неизобарической струи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
7. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, 30 экз.
8. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, А. И. Цветков. . Акустические взаимодействия в газовых потоках. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
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](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:

не требуется.

### 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:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **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 **ОСНОВЫ ГАЗОДИНАМИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-3.5 способность проводить проектирование гидравлических и пневматических приводов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с газодинамическими процессами при старте ракет различного назначения:

- 1) знакомство с видами газодинамических процессов, происходящих при запуске и работе двигательной установки, а также при минометном старте ракеты;
- 2) изучение различных видов нагрузок, действующих на ракету, на элементы стартового сооружения при различных схемах старта ракеты;
- 3) изучение способов снижения различного рода газодинамических нагрузок, действующих на ракету и стартовое сооружение.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контрольные вопросы;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**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.
<b>Раздел 1. Раздел 1. Введение.</b>		
Самостоятельное изучение дидактической единицы 1.4 по учебной литературе	А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (2) . Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: М.: Полиграфикс РПК, 2005 (3) Е. В. Афанасьев, В. И. Балобан, С. В. Бобышев. . Структурно-элементное моделирование газодинамических процессов при старте ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (1)	3
Итого по разделу 1		3
<b>Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения газодинамики (уравнения Навье-Стокса).</b>		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 2.1-2.4 по учебной литературе	Е. В. Афанасьев, С. В. Бобышев, И. Л. Добросердов. . Определение параметров поля течения одиночной неизобарической струи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3-4) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (3)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изэнтропические течения газа.</b>		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 3.2-3.7 по учебной литературе	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (5) А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (3)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.</b>		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 4.1-4.6 по учебной литературе	. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: М.: Полиграфикс РПК, 2005 (3) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теплопередача: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (4) А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (4)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов.</b>		
Самостоятельное изучение дидактических	А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (6)	10

единиц 5.1-5.4 по учебной литературе	А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (6) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, А. И. Цветков. . Акустические взаимодействия в газовых потоках: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021 (3,4)	
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха.</b>		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 6.1-6.3 по учебной литературе	А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (5) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (4) . Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: М.: Полиграфикс РПК, 2005 (3)	8
Итого по разделу 6		8
<b>Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.</b>		
Изучение дидактических единиц 7.1, 7.2, 7.7 по учебной литературе	Е. В. Афанасьев, В. И. Балобан, С. В. Бобышев. . Структурно-элементное моделирование газодинамических процессов при старте ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (6) А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (6)	12
Итого по разделу 7		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контрольные вопросы;
- домашнее задание;
- дифференцированный зачет.

### 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 к дифференцированному зачету

Список вопросов входит в состав УМК дисциплины.

#### Контрольные вопросы

Контроль в форме контрольных вопросов проводится по результатам изучения разделов 2-6. Каждому студенту задается один вопрос по базовым понятиям курса, особенностям течений или нагрузкам, действующим на ракету или стартовый комплекс. Ответ должен быть дан без подготовки. Опрос считается успешно пройденным, если студент дал верное по смыслу определение понятия, качественно точно описал характер течения, зоны наибольшего воздействия и порядки величин. Перечень контрольных вопросов имеется в УМК дисциплины

#### Домашнее задание

Определение сопротивления и подъемной силы тонкого ромбовидного профиля при обтекании сверхзвуковым потоком

#### Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устных ответов на вопросы. Билет включает в себя два вопроса, список вопросов входит в состав УМК дисциплины. Оценка выставляется после собеседования со студентом в соответствии со следующими критериями:

- оценка ЗАЧТЕНО-ОТЛИЧНО – полное раскрытие теоретического вопроса при высоком уровне владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-ХОРОШО – полное раскрытие теоретического вопроса при среднем уровне владения материалом;
- оценка ЗАЧТЕНО-УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – полное раскрытие теоретического вопроса при слабом уровне владения материалом, либо недостаточно полное раскрытие теоретического вопроса при среднем уровне владения материалом;
- оценка НЕ ЗАЧТЕНО – в иных случаях.

Паспорт фонда оценочных средств

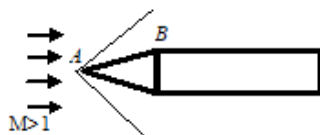
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-3.5	
3	6	Раздел 1. Раздел 1. Введение.	10	7	2	5	3	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения газодинамики (уравнения Навье-Стокса).	8	4	4	0	4	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изохронические течения газа.	22	12	12	0	10	25	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.	19	9	4	5	10	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов.	14	4	4	0	10	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха.	10	2	2	0	8	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.	25	13	6	7	12	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-3.5

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 В общем случае давление в выходном сечении при установившемся истечении газа из сосуда высокого давления через малое отверстие зависит от давления в сосуде, давления в среде, в которую истекает газ и...
- № 2 При фиксированном давлении газа в сосуде высокого давления с ростом температуры газа расход при истечении через малое отверстие ...
- № 3 При нерасчетности менее 1 при сверхзвуковом безотрывном истечении из сопла в районе кромки сопла реализуется...
- № 4 Как связаны скачки уплотнения и ударные волны?
- № 5 При установившемся безотрывном истечении газа из сопла Лаваля газ в сужающейся части сопла разгоняется, а в расширяющейся...
- № 6 В каких случаях число Маха на срезе сопла Лаваля при установившемся безотрывном истечении равно 1?
- № 7 В существующих стартовых комплексах угол наклона газоотражателя к оси струи ракетного двигателя обычно близок к
- № 8 Начальным участком струи называют...
- № 9 Можно ли измерить статическое давление газа при помощи трубки Пито?
- № 10 При обтекании конус-цилиндрического тела сверхзвуковым потоком с образованием присоединенного скачка уплотнения реализуется....



#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 Воздух из баллона истекает в атмосферу через малое отверстие. Назовите минимальное из перечисленных избыточное давление в баллоне, при котором реализуется критический режим истечения.
- 1) 0,5 ати;
  - 2) 0,75 ати;
  - 3) 1,0 ати;
  - 4) 2,0 ати.
- № 2 Какой из перечисленных процессов не нарушает условия адиабатичности течения?
- 1) трение на стенках;
  - 2) теплообмен со стенками;
  - 3) турбулентность;
  - 4) скачок уплотнения.
- № 3 Какое из перечисленных соотношений справедливы для любых стационарных адиабатических течений (вдоль линии тока)

$$1) \frac{P}{P_0} = \frac{1}{\left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}}};$$

$$2) \frac{T}{T_0} = \frac{1}{1 + \frac{k-1}{2} M^2};$$

$$3) h_1 + \int_{T_1}^T c_p(T) dT + \frac{u^2}{2} = const;$$

$$4) e + \frac{P}{\rho} + \frac{u^2}{2} = const;$$

- № 4 Какой из параметров растет в расширяющейся части сопла Лавала по мере удаления от критического сечения при установившемся безотрывном истечении в сверхзвуковом режиме?
- 1) давление;
  - 2) температура;
  - 3) температура торможения;
  - 4) число Маха;
- № 5 Сколько скалярных дифференциальных уравнений описывает изменение параметров при трехмерном течении сжимаемого газа, имеющего постоянный химический состав
- 1) 3
  - 2) 5
  - 3) 6
  - 4) 7
- № 6 Какой из параметров считают постоянным по толщине пограничного слоя
- 1) скорость;
  - 2) давление;
  - 3) температуру;
  - 4) плотность.
- № 7 Сила аэродинамического сопротивления тела при больших числах Рейнольдса...
- 1) ...не зависит от скорости;
  - 2) ...пропорциональна скорости;
  - 3) ...пропорциональна скорости в степени 1,5;
  - 4) ...пропорциональна квадрату скорости.
- № 8 Как толщина пограничного слоя влияет на тепловые потоки при обтекании поверхностей горячим газом, при фиксированных параметрах внешнего течения?
- 1) увеличивает;
  - 2) уменьшает;
  - 3) не влияет;
  - 4) При разных параметрах внешнего течения возможны разные ответы.
- № 9 По мере удаления от критической точки на пластине толщина пограничного



слоя...

1) ...растет;

2) ... сначала растет, потом постоянна;

3) ... сначала растет, затем падает;

4) ... в зависимости от параметров возможны разные варианты ответа.

№ 10

В какое из уравнений не входит давление газа?

1) Уравнение неразрывности;

2) Уравнение количества движения;

3) Уравнение энергии;

4) Уравнение состояния.