

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Левихин А.А.
ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ГАЗОДИНАМИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование, производство и эксплуатация стартовых систем
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: 2025

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 Андреев О.В., к.т.н.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Андреев О.В., к.т.н.

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:

ПК-7.5 — Способен проводить проектирование и эксплуатацию гидравлических, пневматических, электрических и газовых приводов и систем, а также различных элементов, агрегатов и механизмов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-7.5

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: **ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ВНЕШНЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТАРТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ГАЗОВЫЕ ПРИВОДЫ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ, ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПУСКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ПК-7.5 — Способен проводить проектирование и эксплуатацию гидравлических, пневматических, электрических и газовых приводов и систем, а также различных элементов, агрегатов и механизмов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ

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		ПК-7.5
3	6	Раздел 1. Раздел 1. Введение. 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	Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения газодинамики (уравнения Навье-Стокса). 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	15
3	6	Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изэнтропические течения газа. 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	15
3	6	Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны. 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	10
3	6	Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов. 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	10
3	6	Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха. 6.1. Связанная и скоростная системы. 6.2. Аэродинамические силы и моменты. 6.3. Аэродинамические коэффициенты.	10	2	2	0	8	15
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов. 7.1. Структура свободных стационарных сверхзвуковых расчетных и нерасчетных струй. 7.2. Турбулентная диффузия в слое смешения. Процессы догорания. 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	25
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			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
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. Раздел 1. Введение.	Самостоятельное изучение дидактической единицы 1.4 по учебной литературе	3
2	Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения газодинамики (уравнения Навье-Стокса).	Самостоятельное изучение дидактических единиц 2.1-2.4 по учебной литературе	4
3	Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изэнтропические 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 4.1-4.3 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, 7.6 по учебной литературе	12
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			КВ			ДР		КВ		ДР					ДЗ	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

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

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

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

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

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1.

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*:
ПК-7.5 Способен проводить проектирование и эксплуатацию гидравлических, пневматических, электрических и газовых приводов и систем, а также различных элементов, агрегатов и механизмов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ.

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;
- контрольные вопросы;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.
Раздел 1. Раздел 1. Введение.		
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
Раздел 2. Раздел 2. Основные уравнения газодинамики (уравнения Навье-Стокса).		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 2.1-2.4 по учебной литературе	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (3) 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)	4
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изохронические течения газа.		
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
Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.		
Самостоятельное изучение дидактических единиц 4.1-4.3 по учебной литературе	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) . Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: М.: Полиграфикс РПК, 2005 (3)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов.		
Самостоятельное изучение дидактических 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) 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)	10
Итого по разделу 5		10
Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха.		
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

Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.		
Изучение дидактических единиц 7.1, 7.2, 7.6 по учебной литературе	А. П. Маштаков. . Физические основы пуска: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (6) 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)	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 тепловых потоков при натекании струи ракетного двигателя на преграду, перпендикулярную оси струи

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.

Возможно получение оценки по баллам Moodle согласно Технологической карте дисциплины

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		ПК-7.5	
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	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 3. Раздел 3. Адиабатические и изэнтропические течения газа.	22	12	12	0	10	15	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 4. Раздел 4. Скачки уплотнения. Ударные волны.	19	9	4	5	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
3	6	Раздел 5. Раздел 5. Вязкие течения жидкостей и газов.	14	4	4	0	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 6. Раздел 6. Аэродинамика обтекания твердых тел потоком воздуха.	10	2	2	0	8	15	Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 7. Раздел 7. Сверхзвуковые струи ракетных двигателей и их взаимодействие с элементами конструкции стартовых комплексов.	25	13	6	7	12	25	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

ПК-7.5 - Способен проводить проектирование и эксплуатацию гидравлических, пневматических, электрических и газовых приводов и систем, а также различных элементов, агрегатов и механизмов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
При каких условиях давление торможения в стационарном течении газа постоянно вдоль линии тока?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В чем различие между ударными волнами и скачками уплотнения?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Воздух из баллона истекает в атмосферу через малое отверстие. При каких значениях избыточного давления в баллоне реализуется критический (сверхкритический) режим истечения?
1. $0,8 \cdot 10^5$ Па;
 2. $1,0 \cdot 10^5$ Па;
 3. $1,8 \cdot 10^5$ Па;
 4. $2,0 \cdot 10^5$ Па
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
оставьте в соответствие дифференциальные уравнения механики жидкости и газа и параметры, временные производные от которых входят в эти уравнения
- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. Уравнение неразрывности | А. Давление |
| 2. Уравнение количества движения | Б. Плотность |
| 3. Уравнение энергии | В. Полная энергия |
| | Г. Тепловая энергия |
| | Д. Импульс (произведение плотности на скорость) |
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие
Поставьте в соответствие критерии подобия и их физический смысл
- | | |
|---------------------|--|
| 1. Число Маха | А. Отношение сил инерции к силам вязкости |
| 2. Число Рейнольдса | Б. Отношение скорости течения к скорости звука |
| 3. Число Фруда | В. Безразмерный коэффициент теплоотдачи |
| 4. Число Нуссельта | Г. Отношение сил инерции к силам тяжести |
| | Д. Безразмерная частота колебаний |
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Запишите процессы в расширяющейся части сопла Лавала в той последовательности, в которой они происходят при запуске ракетного двигателя:
- 1) Отрыв потока
 - 2) Отрывное течение
 - 3) Безотрывное течение с уменьшением скорости в расширяющейся части сопла
 - 4) Безотрывное течение с увеличением скорости в расширяющейся части сопла
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Упорядочите течения по возрастанию характерной скорости:
1. Сжимаемые дозвуковые
 2. Несжимаемые
 3. Трансзвуковые
 4. Гиперзвуковые
 5. Сверхзвуковые
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность
Запишите процессы в расширяющейся части сопла Лавала в той последовательности, в которой они происходят при запуске ракетного двигателя:
- 1) Отрыв потока
 - 2) Отрывное течение
 - 3) Безотрывное течение с уменьшением скорости в расширяющейся части сопла
 - 4) Безотрывное течение с увеличением скорости в расширяющейся части сопла

- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
На фотографии изображены струи ракетных двигателей. Какой режим истечения реализуется?



- 1 – с недорасширением
2 – с перерасширением
3 – расчетный
4 – в разных соплах - различный
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Наибольшую тягу ракетный двигатель, работающий в условиях атмосферы, будет иметь, если диаметр среза сопла будет соответствовать...
1. ...истечению в режиме недорасширения
2. ...истечению в режиме перерасширения
3. ...истечению в расчетном режиме
4. ... истечению с отрывом потока от поверхности сопла
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Как при натекании струи ракетного двигателя на конструкции стартового комплекса соотносятся плотность газа на поверхности конструкции ρ_w и во внешнем течении (на наружной границе пограничного слоя) ρ_{∞} ?
1. $\rho_w < \rho_{\infty}$
2. $\rho_w > \rho_{\infty}$
3. $\rho_w = \rho_{\infty}$
4. В зависимости от сочетаний параметров возможны разные ответы
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных параметров изменяются с изменением скорости в дозвуковом изэнтропическом течении?
1. Статическое давление
2. Давление Пито
3. Температура
4. Температура торможения
- № 13 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
От каких факторов зависит сила сопротивления тела, в стационарном потоке несжимаемой жидкости при больших числах Рейнольдса?
- 1) Скоростной напор натекающего потока
2) Сечение тела
3) Разность температур потока и тела
4) Форма тела