

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 « 31 » 05 20 22

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

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	
4	7	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	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: 2022

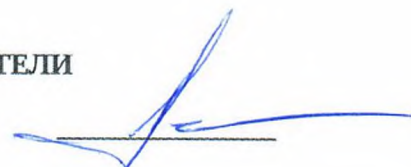
Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Будный Никита Леонидович, к.т.н., доцент



Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУ

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-21 — Способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, нагруженности, теплового состояния и характеристик ракетных двигателей, осуществлять конструирование их деталей, узлов и элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-21

знания:

Устройство, функционирование, назначение ракетных двигателей. Внутрикамерные процессы в жидкостных и твердотопливных ракетных двигателях. Принципы расчета основных характеристик жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, внутрикамерных процессов в них. Принципы расчета камер жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей;

умения:

Расчет основных характеристик жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, внутрикамерных процессов в них, проектирование камер жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, тепловой расчет камер жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей, обоснование схемы охлаждения и тепловой защиты жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей;

навыки:

Использование инженерных методов для расчета основных характеристик ракетных двигателей и внутрикамерных процессов в них, проектирования камер ракетных двигателей, обоснования схем охлаждения и тепловой защиты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУ** 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: **ХИМИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ИСК-21
4	7	Раздел 1. Ракетные двигатели. Ракетные двигатели и двигательные установки: основные понятия, назначение, классификация. Основные характеристики: тяга, удельный импульс, полный импульс тяги. Механизмы создания тяги в ракетном двигателе. Связь характеристик двигателя и летательного аппарата: тяговооруженность, формула Циолковского, характеристическая скорость летательного аппарата. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Расчет основных характеристик внутрикамерных процессов тепловых двигателей. Влияние проектных параметров двигателя на его характеристики.	36	15	5	10	21	20
4	7	Раздел 2. Жидкостные ракетные двигатели. Устройство, принцип работы, классификация жидкостных ракетных двигателей. Основные сведения о составе жидкостных ракетных двигательных установок. Основные рабочие процессы в камере жидкостного ракетного двигателя. Проектирование камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя. Проектирование соплового блока. Смесеобразование, смесительная головка и форсунки. Способы тепловой защиты в жидкостных ракетных двигателях. Тепловой расчет камеры жидкостного ракетного двигателя. Устройство камеры жидкостного ракетного двигателя с регенеративным охлаждением. Принципы обоснования схемы регенеративного охлаждения. Особенности теплового расчета при наличии завесы. Устройство камеры жидкостного ракетного двигателя с абляционным охлаждением. Принципы обоснования схемы абляционного охлаждения. Устройство камеры жидкостного ракетного двигателя с емкостным охлаждением. Принципы обоснования схемы емкостного охлаждения. Особенности устройства, функционирования и расчета однокомпонентных и двухкомпонентных жидкостных ракетных двигателей малой тяги.	56	20	6	14	36	40
4	7	Раздел 3. Твердотопливные ракетные двигатели. Устройство, принцип работы, классификация твердотопливных ракетных двигателей. Основные сведения о составе твердотопливных ракетных двигательных установок. Основные рабочие процессы в камере твердотопливного ракетного двигателя. Основы внутренней баллистики твердотопливных ракетных двигателей. Заряды твердого топлива: классификация, разновидности, принципы проектирования. Проектирование камеры сгорания твердотопливного двигателя. Особенности сопловых блоков твердотопливных двигателей. Проектирование сопловых блоков твердотопливных двигателей. Способы тепловой защиты в твердотопливных ракетных двигателях. Тепловой расчет камеры твердотопливного ракетного двигателя. Обоснование параметров тепловой защиты камеры твердотопливного ракетного двигателя. Воспламенительные устройства: классификация, принципы функционирования, основы проектирования.	52	16	6	10	36	40
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Ракетные двигатели.	Расчет основных параметров и характеристик ракетного двигателя	5
2		Расчет основных параметров внутрикамерных процессов теплового ракетного двигателя	5
3	Раздел 2. Жидкостные ракетные двигатели.	Проектирование камеры жидкостного ракетного двигателя	4
4		Тепловой расчет камеры жидкостного ракетного двигателя	4
5		Обоснование схемы охлаждения камеры жидкостного ракетного двигателя	6
6	Раздел 3. Твердотопливные ракетные двигатели.	Проектирование заряда твердого топлива	4
7		Проектирование камеры твердотопливного двигателя	2
8		Тепловой расчет камеры твердотопливного двигателя. Обоснование схемы тепловой защиты камеры твердотопливного ракетного двигателя.	4
Всего за 7 семестр			34

--	--	--	--

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Ракетные двигатели.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта	13
2		Выполнение домашнего задания	4
3		Подготовка к сдаче домашнего задания	4
4	Раздел 2. Жидкостные ракетные двигателя.	Освоение учебного материала с использованием литературы и конспекта	20
5		Выполнение домашнего задания	12
6		Подготовка к сдаче домашнего задания	4
7	Раздел 3. Твердотопливные ракетные двигатели.	Освоение учебного материала с использованием литературы и конспекта	20
8		Выполнение домашнего задания	12
9		Подготовка к сдаче домашнего задания	4
Всего за 7 семестр			93

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
7				ДЗ		ДР			ДЗ	ДР					ДЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание.

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 106 экз.
2. В. И. Балобан. . Основы теории и конструирования ракетных двигателей твёрдого топлива. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
3. В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
4. В. П. Белов. . Расчёт параметров и характеристик ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
5. И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников. . Конструкция и проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива. М.: Машиностроение, 1987, 38 экз.
6. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, 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. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://ura.it.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <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:

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 **ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУ** 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 АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-21 Способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, нагруженности, теплового состояния и характеристик ракетных двигателей, осуществлять конструирование их деталей, узлов и элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с устройством, функционированием тепловых ракетных двигателей, внутрикамерных процессах в них.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание.

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.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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. Ракетные двигатели.		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта	В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1-15)	13
Выполнение домашнего задания	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1-2)	4
Подготовка к сдаче домашнего задания	В. П. Белов. . Расчёт параметров и характеристик ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1)	4
Итого по разделу 1		21
Раздел 2. Жидкостные ракетные двигателя.		
Освоение учебного материала с использованием литературы и конспекта	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1-6)	20
Выполнение домашнего задания	В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (14-28)	12
Подготовка к сдаче домашнего задания	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)	4
Итого по разделу 2		36
Раздел 3. Твёрдотопливные ракетные двигатели.		
Освоение учебного материала с использованием литературы и конспекта	В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (29-38)	20
Выполнение домашнего задания	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (4)	12
Подготовка к сдаче домашнего задания	В. И. Балобан. . Основы теории и конструирования ракетных двигателей твёрдого топлива: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-9)	4
	И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников. . Конструкция и проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива: М.: Машиностроение, 1987 (1-10)	
Итого по разделу 3		36

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- 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.

Домашнее задание

Отчеты по домашнему заданию представляются на листах формата А4 в соответствии с требованиями ГОСТ. Студент допускается к защите задания, если в решении отсутствуют ошибки. Защита проходит в форме ответов студента на три вопроса преподавателя. Максимальное количество баллов за одно практическое задание – 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- погрешности в оформлении отчета – 5-10 баллов;
- небольшие погрешности в ответе на один из трех вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из трех вопросов – 10-20 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из трех вопросов – 20-40 баллов.

Домашнее задание зачитывается при наборе студентом не менее 60 баллов.

Семестр 6, раздел 1: Тематика домашнего задания - Расчет основных параметров и характеристик ракетного двигателя

Семестр 6, раздел 2: Тематика домашнего задания - Расчет камеры жидкостного ракетного двигателя

Семестр 6, раздел 3: Тематика домашнего задания - Расчет камеры твердотопливного ракетного двигателя

Исходные данные и содержание домашнего задания размещены в УМК.

Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все контрольные мероприятия, предусмотренные рабочей программой. Экзамен проходит в форме письменных ответов студентов на два вопроса экзаменационного билета с дальнейшим собеседованием. Максимальное количество баллов 100.

Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небольшие погрешности в ответе на один из двух вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из двух вопросов – 15-30 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из двух вопросов – 41 балл.

Оценки:

- «отлично» – 86-100 баллов;
- «хорошо» – 71-85 баллов;
- «удовлетворительно» – 60-70 баллов.

Вопросы к экзамену размещены в УМК.

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-21	
4	7	Раздел 1. Ракетные двигатели.	36	15	5	10	21	20	Домашнее задание
4	7	Раздел 2. Жидкостные ракетные двигатели.	56	20	6	14	36	40	Домашнее задание
4	7	Раздел 3. Твёрдотопливные ракетные двигатели.	52	16	6	10	36	40	Домашнее задание
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	