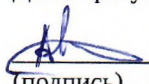


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета


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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ 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	85	51	0	34	23	0	0	23	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ

Кравченко Дарья Григорьевна, старший преподаватель



Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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-3.4 — способность проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов
ПСК-3.6 — способность разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) твердотопливных ракетных двигателей и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-3.4

знания:

Методы расчета энергетических, внутрибаллистических характеристик РДТТ. Представление об особенностях проектирования РДТТ и его составных элементов.;

умения:

Понимание взаимосвязи внутрикамерных процессов, газодинамики, теплообмена в РДТТ и особенностях конструктивных решений.;

навыки:

Расчет основных энергетических, внутрибаллистических характеристик РДТТ..

ПСК-3.6

знания:

Представления о внутрикамерных и газодинамических процессах, зависимость конструктивных решений в связи с назначением ДУ, особенностями запуска и функционирования.;

умения:

Оценка основных габаритных характеристик РДТТ, методики расчетов составных частей ДУ, разработка эскизного проекта компоновки ДУ на твердом топливе. Методы графического отображения элементов конструкции.;

навыки:

Расчет геометрии РДТТ..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ХИММОТОЛОГИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ, ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА В РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-4 — Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПСК-3.5 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов
- ПСК-3.6 — Способен разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) твердотопливных ракетных двигателей и их составных элементов
- УК-8 — Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов

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-3.4	ПСК-3.6
3	6	Раздел 1. Основные характеристики РДТТ. Режимы работы сопла. Удельный импульс тяги, потери. Расходный комплекс, тяговый комплекс. Полный импульс тяги. Коэффициент массового совершенства РДТТ.	7	5	5	0	2	10	0
3	6	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ. Скорость горения ТРТ как основной расчетный параметр. Основные сведения о физикохимических законах горения баллистических и смесевых ТРТ. Зависимости скорости ТРТ от давления и начальной температуры. Понятие о стационарной и нестационарной скоростях горения ТРТ. Горение твердых ракетных топлив в условиях обдува горячей поверхности газовым потоком. Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ. Методика расчета ЗТТ.	20	16	10	6	4	20	20
3	6	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ. Общие сведения о теплообмене в РДТТ. Конвективный и лучистый теплообмен. Основные способы тепловой защиты элементов конструкции РДТТ. Методика расчета ТЗП.	21	16	10	6	5	20	20
3	6	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги. Способы воспламенения ЗТТ. Конструктивные схемы. Состав. Методы выбора типа и массы заряда воспламенительного устройства. Методика расчета воспламеняющего устройства. Способы прекращения работы двигателя. Физические процессы в КС РДТТ при спаде давления. Методы расчета параметров при останове ДУ.	23	18	10	8	5	20	20
3	6	Раздел 5. Газодинамика РДТТ. Течение газа в КС. Течение продуктов сгорания в соплах РД. Расчет газодинамических параметров. Энергетические и геометрические характеристики сопла. Общие задачи профилирования сопла. Методика построения оптимального контура сопла.	24	19	10	9	5	20	20
3	6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования. Массовый расход. Давление в камере сгорания. Оценка потерь удельного импульса. Методы определения оптимальных проектных параметров РДТТ. Особенности регулирования рабочих процессов и управление тягой РДТТ.	13	11	6	5	2	10	20
Всего за 6 семестр			108	85	51	34	23	100	100
Всего по дисциплине			108	85	51	34	23	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.	Расчет ЗТТ различной формы.	6
2	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	Расчет ТЗП различных типов	6
3	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.	Методика расчета воспламеняющего устройства.	4
4		Методы расчета параметров при останове ДУ.	4
5	Раздел 5. Газодинамика РДТТ.	Построение оптимального контура сопла.	9
6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.	Метод определения оптимальных проектных параметров РДТТ.	5
Всего за 6 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные характеристики РДТТ.	Изучение литературы по тематике	2
2	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.	Изучение литературы по тематике	4
3	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	Изучение литературы по тематике	5

4	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.	Изучение литературы по тематике	5
5	Раздел 5. Газодинамика РДТТ.	Изучение литературы по тематике	5
6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.	Изучение литературы по тематике	2
Всего за 6 семестр			23

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					Тест	ДР				ДР			Тест			ДР	Тест, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тест – тест;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- тест.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ. М.: Машиностроение, 2007, эл. рес.
2. А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ. Москва: Машиностроение, 2007, эл. рес.
3. Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей. Санкт-Петербург: Лань, 2022, 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/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань";
3. <https://ibooks.ru/> - ЭБС "Айбукс".

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:

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:

1. Проектор.

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 **РАСЧЁТ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-3.4 способность проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов;

ПСК-3.6 способность разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) твердотопливных ракетных двигателей и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- тест.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**23 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 23 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. Основные характеристики РДТТ.		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: М.: Машиностроение, 2007 (2.1,2.5) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (2)	2
Итого по разделу 1		2
Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (5) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (4.9, 8)	4
Итого по разделу 2		4
Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.		
Изучение литературы по тематике	Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (3.3, 10) А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (7)	5
Итого по разделу 3		5
Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.		
Изучение литературы по тематике	Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (15,17) А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: М.: Машиностроение, 2007 (10)	5
Итого по разделу 4		5
Раздел 5. Газодинамика РДТТ.		
Изучение литературы по тематике	А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (12) Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (16)	5
Итого по разделу 5		5
Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.		
Изучение литературы по тематике	Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (16,23) А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев. . Внутренняя баллистика РДТТ: Москва: Машиностроение, 2007 (15)	2
Итого по разделу 6		2

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- тест;
- 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.

Тест

Тестирование включает в себя 20 вопросов и считается успешно пройденным при наличии не менее 60% правильных ответов.

Дифференцированный зачет

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.

Дифференцированный зачет проходит в форме тестирования для получения оценки «хорошо». Оценка «хорошо» выставляется при наличии не менее 80% правильных ответов.

Для получения оценки «отлично» дифференцированный зачет представляет собой ответ на два теоретических вопроса. Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Оценка «отлично» выставляется при наличии ответа по билету не менее 80%, ответы на 1-2 дополнительных вопроса со степенью полноты ответа не менее 30% по каждому.

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-3.4	ПСК-3.6	
3	6	Раздел 1. Основные характеристики РДТТ.	7	5	5	0	2	10	0	Тест
3	6	Раздел 2. Особенности рабочего процесса в РДТТ.	20	16	10	6	4	20	20	Тест
3	6	Раздел 3. Теплообмен в РДТТ.	21	16	10	6	5	20	20	Тест
3	6	Раздел 4. Процесс воспламенения основного РДТТ. Режимы работы и РДТТ при отсечке тяги.	23	18	10	8	5	20	20	Тест
3	6	Раздел 5. Газодинамика РДТТ.	24	19	10	9	5	20	20	Тест
3	6	Раздел 6. Расчет параметров РДТТ, особенности регулирования.	13	11	6	5	2	10	20	Тест
Всего за 6 семестр			108	85	51	34	23	100	100	
Всего по дисциплине			108	85	51	34	23	100	100	