

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УиНР

А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Ракетные двигатели

Направление подготовки: 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»
Направленность (профиль) образовательной программы: Ракетно-космическая техника
Квалификация выпускника: бакалавр
Год набора: 2021
Форма обучения: очная

Курс 3 Семестр 6
Зачет 6 семестр
Общая трудоемкость дисциплины 72 (акад. час.), 23.е.

Составитель: К.А. Насуленко, доцент

Факультет Инженерно-физический

Кафедра Стартовые и технические ракетные комплексы

2021 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования для направления подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 февраля 2018 года №71

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Стартовые и технические ракетные комплексы

« 01 » сентября 2021 г., протокол № 1

Зам. заведующего кафедрой _____ В.В. Соловьев

СОГЛАСОВАНО
Учебно-методическое управление

_____ Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Выпускающая кафедра

_____ В.В. Соловьев

« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Директор научной библиотеки

_____ О.В. Петрович

« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Центр информационных и образовательных технологий

_____ А.А. Тодосейсук

« 1 » сентября 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины – формирование знаний в области двигателей и энергосистем ракет в соответствии с современными требованиями проектирования летательных аппаратов и анализа их динамических характеристик.

Задачи дисциплины – изучение физической сущности явлений, происходящих в материалах при воздействии на них различных факторов в условиях производства и эксплуатации и их влияния на структуру и свойства материалов; изучение зависимостей между составом, строением и свойствами материалов, теории и практики различных способов упрочнения материалов, обеспечивающих высокую надежность и долговечность деталей машин, инструментов и других изделий; изучение основных групп современных металлических и неметаллических конструкционных материалов, их свойств и области применения, определение основных характеристик материалов и их соответствия требованиям ГОСТов и ТУ; приобретение навыков расчета потребностей в материалах; анализ перспективного развития рынка новых конструкционных материалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина входит в вариативную часть профессионального цикла. Знания, получаемые в ходе изучения данной дисциплины, могут быть использованы при выполнении расчетов по дисциплинам «Детали машин», «Прикладная механика», «Технология конструкционных материалов», а также могут быть полезны при выполнении научно-исследовательских работ студентов.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) Физику
- 2) Химию
- 3) Материаловедение;
- 4) Технологию конструкционных материалов.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен осуществлять проектирования, конструирования и сопровождения на всех этапах жизненного цикла КА, КС и составных частей	ИД – 1 ПК-1 Знать: - последовательность и содержание основных этапов проектирования КА и КС, ключевые требования массо-габаритного совершенства конструкции и надёжности. ИД – 2 ПК-1 Уметь: - разрабатывать проекты КА, КС и их составных частей, оформлять проектно-конструкторскую и рабоче-конструкторскую документацию ИД – 3 ПК-1. Владеть: - практическим опытом сопровождения процесса и испытания КА, КС и их составных частей, анализа и оценки их работы в процессе эксплуатации

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)			Самостоятельная работа (академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	КТО		
1	Двигательные установки и энергосистемы. Виды энергии, используемые в двигательной установке. Структурная схема и классификация двигательных установок.	6	1	1		4	Контроль за посещением. Контролирующий тест по теме. Самостоятельное изучение некоторых разделов
2	Атмосферные двигатели, их особенности и области применения. Устройство ВРД.	6	2	2		4	Контроль за посещением. Защита практических работ.
3	Ракетные двигательные установки. Виды жидких и твердых ракетных топлив, основные характеристики камеры сгорания и двигателя.	6	2	2		4	Контроль за посещением. Защита практических работ. Самостоятельное изучение некоторых разделов
4	Газотермодинамические процессы в камере сгорания и сопле ЖРД. Распыление, смешение и горение компонентов в камере.	6	2	2		4	Контроль за посещением. Защита практических работ.
5	Элементы теории форсунок. Термодинамические характеристики продуктов сгорания. Потери в камере сгорания и сопле. Понятие о неустойчивости рабочего процесса в камере.	6	2	2		4	Контроль за посещением. Защита практических работ. Самостоятельное изучение некоторых разделов
6	Конструкция камеры сгорания. Назначение и принцип работы ее элементов. Процессы теплообмена в камере, проточное охлаждение и	6	2	2		4	Контроль за посещением. Контролирующий тест по модулю.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)			Самостоятельная работа (академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	КТО		
	другие методы защиты стенок. Особенности конструкции газогенераторов.						
7	Системы подачи топлива. Вытеснительная подача топлива, насосная подача с дожиганием и без дожигания генераторного газа. Выбор системы подачи топлива. Системы управления и регулирования, характеристики ЖРД.	6	2	2		4	Контроль за посещением. Контролирующий тест по модулю. Самостоятельное изучение некоторых разделов
8	Конструкция турбонасосного агрегата. Назначение, принцип работы, элементы конструкции. Кавитация в насосах, влияние характеристик ТНА на величину давления наддува баков. Конструкция других агрегатов системы подачи топлива. Компоновка ЖРД.	6	2	1		4	Контроль за посещением. Контролирующий тест по модулю.
9	Ракетные двигатели твердого топлива. Механизм горения твердых топлив, особенности рабочего процесса, особенности конструкции РДТТ.	6	2	1		2	Контроль за посещением. Контролирующий тест по модулю.
10	Нехимические и перспективные ракетные двигатели.	6	1	1		3,8	Контроль за посещением. Контролирующий тест по модулю
11	Зачет	6			0,2		
	Итого		18	16	0,2	37,8	

Л-лекции, ПЗ- практические занятия, КТО – контроль теоретического обучения

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Двигательные установки и энергосистемы. Виды энергии, используемые в двигательной установке. Структурная схема и классификация двигательных установок.	Классификация реактивных двигателей Источники энергии для ракетных двигателей Химические ракетные топлива Термодинамические циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей Основные характеристики РДТТ. Тяга двигателя Режимы работы сопла Удельный импульс тяги Расходный комплекс и характеристическая скорость Тяговый комплекс и коэффициент тяги Использование газодинамических функций для определения тяги, удельного импульса тяги и тягового комплекса.
2	Атмосферные двигатели, их особенности и области применения. Устройство ВРД.	Принципы действия и схемно-конструктивные модификации ПВРД Тягово-энергетические параметры ракетно-прямоточного двигателя и их связь с динамикой полета летательного аппарата Физико-математическое описание рабочего процесса ракетно-прямоточного двигателя на гибридном топливе. Схемно-конструктивные решения и методы расчета параметров рабочего процесса ГРД (газогенератора). Выбор стартовой ступени летательного аппарата с РПВРД
3	Ракетные двигательные установки. Виды жидких и твердых ракетных топлив, основные характеристики двигателя.	Внутренняя энергия, энтальпия и теплота Теплота сгорания и теплота образования. Термодинамические функции Основные исходные данные и допущения для термодинамического расчета Термодинамический расчет состава продуктов сгорания и температуры при постоянном давлении. Термодинамическая диссоциация Термодинамический расчет продуктов горения при истечении из соплового аппарата Термодинамический и теплофизический методы определения состава и свойств гетерогенных систем
4	Газотермодинамические процессы в камере сгорания и сопле ЖРД. Распыление, смешение и горение компонентов в камере.	Тепломассообмен в камере сгорания и сопловом аппарате Общие положения Конвективный теплообмен. Характер течения и теплообмена пограничном слое Радиационный теплообмен Тепловое состояние элементов конструкции энергетической системы Взаимодействие продуктов горения ТТ с поверхностью стенки энергетической системы

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
5	Элементы теории форсунок. Термодинамические характеристики продуктов сгорания. Потери в камере сгорания и сопле. Понятие о неустойчивости рабочего процесса в камере.	Скорость газообразования воспламенительного состава Принципы построения математических моделей процесса воспламенения Уравнения, описывающие нестационарный процесс для воспламенительного периода Одномерная нестационарная модель выхода двигателя на стационарный режим работы Методы расчета параметров рабочего процесса для воспламенительного периода в нульмерной постановке Нульмерная нестационарная модель выхода двигателя на стационарный режим с дожиганием продуктов горения Приближенный метод определения временных характеристик двигателя
6	Конструкция камеры сгорания. Назначение и принцип работы ее элементов. Процессы теплообмена в камере, проточное охлаждение и другие методы защиты стенок. Особенности конструкции газогенераторов.	Потребные управляющие силы Типы систем управления вектором тяги и основные требования к ним Шарнирный момент Качающееся управляющее сопло (КУС) Разрезное управляющее сопло (РУС) Газовые рули Сопло со сферическим дефлектором Сопло с управляющими щитками (триммерами) Вдвух рабочее вещество в расширяющуюся часть сопла Впрыск управляющей жидкости в расширяющуюся часть сопла.
7	Системы подачи топлива.	Системы подачи топлива. Вытеснительная подача топлива, насосная подача с дожиганием и без дожигания генераторного газа. Выбор системы подачи топлива. Системы управления и регулирования, характеристики ЖРД
8	Конструкция турбонасосного агрегата.	Конструкция турбонасосного агрегата. Назначение, принцип работы, элементы конструкции. Кавитация в насосах, влияние характеристик ТНА на величину давления наддува баков. Конструкция других агрегатов системы подачи топлива. Компонировка ЖРД
9	Ракетные двигатели твердого топлива.	Механизм горения твердых топлив, особенности рабочего процесса, особенности конструкции РДТТ.
10	Нехимические и перспективные ракетные двигатели.	Коэффициенты полезного действия двигателя. Полный импульс тяги и его связь с удельным импульсом и расходом топлива Мощность Удельная масса. Коэффициент массового совершенства РДТТ

5.2 Практические занятия

№	Наименование темы	Содержание темы
1	Ракетные двигательные установки	Конструкция ЖРД РД 107
2	Ракетные двигательные установки	Конструкция ЖРД РД 180
3	Конструкция камеры сгорания.	Конструкция камеры сгорания ЖРД (РД 107)
4	Конструкция турбонасосного агрегата.	Конструкция турбонасосного агрегата
5	Ракетные двигатели твердого топлива.	Конструкция РДТТ

6 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в академ. часах
1	Двигательные установки и энергосистемы. Виды энергии, используемые в двигательной установке. Структурная схема и классификация двигательных установок.	Конспект некоторых разделов по теме. Подготовка к практической работе №2.	4
2	Атмосферные двигатели, их особенности и области применения. Устройство ВРД.	Конспект некоторых разделов по теме. Подготовка к практической работе №3.	4
3	Ракетные двигательные установки. Виды жидких и твердых ракетных топлив, основные характеристики камеры сгорания и двигателя.	Конспект некоторых разделов по теме	4
4	Газотермодинамические процессы в камере сгорания и сопле ЖРД. Распыление, смешение и горение компонентов в камере.	Конспект некоторых разделов по теме. Подготовка к практической работе №3	4
5	Элементы теории форсунок. Термодинамические характеристики продуктов сгорания. Потери в камере сгорания и сопле. Понятие о неустойчивости рабочего процесса в камере.	Конспект некоторых разделов по теме	4
6	Конструкция камеры сгорания. Назначение и принцип работы ее элементов. Процессы теплообмена в камере, проточное охлаждение и другие методы защиты стенок. Особенности конструкции газогенераторов.	Конспект некоторых разделов по теме. Подготовка к практической работе №4.	4
7	Системы подачи топлива. Вытеснительная подача топлива, насосная подача с дожиганием и без дожигания генераторного газа. Выбор системы подачи топлива.	Конспект некоторых разделов по теме	4

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в академ. часах
	Системы управления и регулирования, характеристики ЖРД.		
8	Конструкция турбонасосного агрегата. Назначение, принцип работы, элементы конструкции. Кавитация в насосах, влияние характеристик ТНА на величину давления наддува баков. Конструкция других агрегатов системы подачи топлива. Компоновка ЖРД.	Конспект некоторых разделов по теме	4
9	Ракетные двигатели твердого топлива. Механизм горения твердых топлив, особенности рабочего процесса, особенности конструкции РДТТ.	Конспект некоторых разделов по теме	2
10	Нехимические и перспективные ракетные двигатели.	Конспект некоторых разделов по теме	3,8

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интегральная модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления, самоуправление. На занятиях используются методы активного обучения, как «Проблемная лекция». Перед изучением модуля обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля. При чтении лекции используются мультимедийные презентации. При выполнении практических работ используется прием интерактивного обучения «Кейс-метод»: студентам выдается задание для подготовки к выполнению работы; с преподавателем обсуждается цель работы и ход её выполнения; цель анализируется с разных точек зрения, выдвигаются гипотезы, делаются выводы, анализируются полученные результаты.

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникаций со студентами для предоставления информации, выдача рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта).

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Вопросы к зачету:

1. Классификация реактивных двигателей.
2. Двигательные установки и энергосистемы.
3. Виды энергии, используемые в двигательной установке.
4. Структурная схема и классификация двигательных установок.

5. Атмосферные двигатели, их особенности и области применения.
6. Устройство ВРД.
7. Ракетные двигательные установки.
8. Виды жидких и твердых ракетных топлив, основные характеристики камеры сгорания и двигателя.
9. Газотермодинамические процессы в камере сгорания и сопле ЖРД.
10. Распыление, смешение и горение компонентов в камере.
11. Элементы теории форсунок.
12. Термодинамические характеристики продуктов сгорания. Потери в камере сгорания и сопле.
13. Понятие о неустойчивости рабочего процесса в камере.
14. Элементы теории форсунок.
15. Термодинамические характеристики продуктов сгорания.
16. Потери в камере сгорания и сопле.
17. Понятие о неустойчивости рабочего процесса в камере.
18. Конструкция камеры сгорания. Назначение и принцип работы ее элементов.
19. Процессы теплообмена в камере, проточное охлаждение и другие методы защиты стенок.
20. Особенности конструкции газогенераторов.

9.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей : учебник / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168767> (дата обращения: 02.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Минашин, А.Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги: учебное пособие: в 2-х частях. Часть 2 [Электронный ресурс] : учеб.пособие / А.Г. Минашин, Б.Б. Петрикевич. — Электрон.дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 45 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/62055>
3. Сухов, А.В. Твердые ракетные топлива: Учеб.пособие по курсу «Топлива и рабочие процессы ракетных двигателей на твердом топливе» [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Сухов, М.В. Тюгаев, М.М. Фещенок. — Электрон.дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 28 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58420>
4. Гаврюшин, С.С. Твёрдотельное моделирование камеры ракетного двигателя с применением системы САПР: метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Автоматизация проектирования ракетных двигателей» [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / С.С. Гаврюшин, А.Р. Полянский, Д.А. Ягодников. — Электрон.дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 44 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58414>
5. Топлива жидкостных ракетных двигателей [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 37 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52307>

6. Вашурин, В.О. Энергетические характеристики твердых и гибридных топлив и определение основных параметров ракетных двигателей [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В.О. Вашурин, Б.Б. Петрикевич, Д.А. Чумаев. — Электрон.дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 36 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52299>

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://informatka.ru/	Содержит справочный материал по различным разделам информатики.
2	http://www.iprbookshop.ru/	Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
3	http://www.e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия
4	http://repo.ssau.ru	Репозиторий (электронный научный архив) создан для длительного хранения, накопления и обеспечения долговременного и надежного открытого доступа к результатам научных исследований университета. Используя репозиторий Самарского университета (до 2016 года – Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ) и Самарский государственный университет (СамГУ)), можно получить доступ к монографиям, авторефератам, диссертациям, выпускным квалификационным работам, научным статьям, нормативным документам, справочным, учебным и методическим пособиям, аудио и видеоконтенту. В электронном каталоге репозитория размещены работы по техническим научным направлениям, связанным с аэрокосмической техникой, материалами и технологиями; двигателестроением, динамикой и виброакустикой машин; информатикой и фотоникой; фундаментальными исследованиями для перспективных технологий. Гуманитарные исследования представлены работами в области лингвистики, литературоведения, истории, охраны окружающей среды, математики, химии, физики и других науках. Возможен полнотекстовый поиск по автору, заглавию, дате

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
		публикации, предмету, типу документа, а также просмотр публикаций по структурным подразделениям университета.
5	MS Windows 10Education	Операционная система MS Windows 10 Education - DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal договору - Сублицензионный договор. № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
6	LibreOffice	Пакет прикладных программ, бесплатное распространение по лицензии MozillaPublicLicenseVersion 2.0 http://www.libreoffice.org/download/license/
7	7-Zip	Программа-архиватор, бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL http://www.7-zip.org/license.txt

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://www.wiki-prom.ru/	Современная энциклопедия промышленности России.
2	http://gostexpert.ru	Единая база ГОСТов РФ по категориям Общероссийского Классификатора Стандартов.
3	http://www.ict.edu.ru/about	Информационно-коммуникационные технологии в образовании - федеральный образовательный портал.
4	http://www.multitran.ru/	Мультитран. Информационная справочная система «Электронные словари»
5	https://scholar.google.ru/	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
6	https://www.consultant.ru/	База данных законодательства РФ «Консультант Плюс»: кодексы, законы, указы, постановления Правительства РФ

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Ракетные двигатели» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора IntelPentium, проектор.