

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра летательных аппаратов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б.1.В.ОД.14 Проектирование двигателей летательных аппаратов»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

(код и наименование направления подготовки)

Ракетостроение

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2016

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра летательных аппаратов

наименование кафедры

протокол № 6 от "12" 02 2016г.

Заведующий кафедрой

Кафедра летательных аппаратов

наименование кафедры

подпись

А.Д. Припадчев

расшифровка подписи

Исполнители:

доцент каф. ЛА

должность

подпись

Е.В. Осипов

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

код наименование

личная подпись

А.Д. Припадчев

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

Н.Н. Грицай

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от АКИ

личная подпись

А.М. Черноусова

расшифровка подписи

№ регистрации 39037

© Осипов Е.В., 2016

© ОГУ, 2016

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

- дать знания основ проектирования и современных методов расчетов жидкостных, твердотопливных, ядерных и электрических ракетных двигателей и элементов их конструкций, сформировать теоретические и практические знания, необходимые для проектирования двигателей летательных аппаратов (ракетных двигателей).

Задачи:

- изучение проектирования сопла, смесительной головки камеры, охлаждения, камеры сгорания, турбонасосного агрегата ЖРД.
- изучение проектирования двигательных установок ЖРД без и с дожиганием, двигательных установок с вытеснительной подачей.
- изучение общих вопросов проектирования современных РДТТ.
- изучение проектирования топливных зарядов, корпуса, сопловых блоков, теплозащитных покрытий, системы воспламенения топливного заряда и органов регулирования РДТТ.
- изучение проектирования ядерных и электрических ракетных двигателей.
- получение навыков проектирования двигателей, обеспечивающих заданные тактико-технические характеристики летательных аппаратов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.10.1 Линейная алгебра, Б.1.Б.12 Химия, Б.1.Б.13 Информатика*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.4 Электрооборудование летательных аппаратов*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<u>Знать:</u> Иметь знания для принятия участия в научно-исследовательских работах в качестве исполнителя. <u>Уметь:</u> Выполнять техническую работу с применением компьютерных технологий в части проектирования агрегатов ЖРД. <u>Владеть:</u> Способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях.	ПК-4 способностью и готовностью принимать участие в научно-исследовательских работах в качестве исполнителя, выполнять техническую работу с применением компьютерных технологий, работать с информацией в глобальных компьютерных сетях

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<u>Знать:</u> - основы систем автоматизированного проектирования. Нормативно-техническую документацию; - проектирование и создание летательных аппаратов; - ожидаемые условия эксплуатации летательных аппаратов. <u>Уметь:</u> - читать и понимать техническую документацию на английском языке; - применять инструментарий; - пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации; - пользоваться стандартными пакетами прикладных программ при проведении расчетных, конструкторских и проектировочных работ, графического оформления проекта. <u>Владеть:</u> - методами разработки текстовой и графической документации в соответствии с требованиями нормативной документации для технических предложений и эскизных проектов на агрегаты, узлы, системы и комплексы; - методами защиты технических предложений, эскизных проектов на агрегаты, узлы, системы и комплексы.	ПК-8 способностью и готовностью участвовать в работе подразделения по разработке и выпуску технологической документации на изделие, обеспечение технического контроля качества, выпускаемой продукции и снижение ее стоимости

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108
Контактная работа:	50,25	50,25
Лекции (Л)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - <i>самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;</i> - <i>подготовка к лабораторным занятиям;</i> - <i>подготовка к рубежному контролю.</i>	57,75	57,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	диф. зач.	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Проектирование сопла ЖРД. Проектирование форсунок и смесительной головки камеры ЖРД	12	4	-	2	6
2	Проектирование охлаждения ЖРД. Проектирование камеры сгорания ЖРД	12	4	-	2	6
3	Проектирование турбонасосных агрегатов. Проектирование двигательных установок	12	4	-	2	6
4	Проектирование двигательных установок с дожиганием. Проектирование двигательных установок с вытеснительной системой подачи	12	4	-	2	6
5	Общие вопросы проектирования современных ракетных двигателей твердого топлива. Проектирование топливных зарядов	14	4	-	2	8
6	Проектирование корпуса ракетных двигателей твердого топлива. Проектирование сопловых блоков	14	4	-	2	8
7	Проектирование теплозащитных покрытий. Проектирование системы воспламенения топливного заряда	14	4	-	2	8
8	Проектирование органов регулирования. Проектирование ядерных ракетных двигателей. Проектирование электрических ракетных двигателей	18	6	-	2	10
	Итого:	108	34	-	16	58
	Всего:	108	34	-	16	58

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Проектирование сопла ЖРД. Проектирование форсунок и смесительной головки камеры ЖРД

- 1.1 Типы сопел и основные требования к ним.
- 1.2 Проектирование конических сопел.
- 1.3 Основные исходные положения при построении профилированного сопла.
- 1.4 Укороченные и оптимальные сопла.
- 1.5 Приближенный метод построения контура оптимального сопла.
- 1.6 Расчет сопел с центральным телом.
- 1.7 Струйные форсунки.
- 1.8 Расчет струйных форсунок.
- 1.9 Струйные форсунки для генераторного газа.
- 1.10 Форсунки с пересекающимися струями.
- 1.11 Центробежные форсунки.
- 1.12 Геометрические характеристики форсунки.
- 1.13 Коэффициент расхода форсунки.

- 1.14 Влияние вязкости на работу форсунки.
- 1.15 Влияние конструктивных параметров форсунки.
- 1.16 Влияние подогрева компонента.
- 1.17 Расчет центробежной форсунки.

- 1.18 Двухкомпонентные форсунки.
- 1.19 Расчет эмульсионных форсунок.
- 1.20 Расчет двухкомпонентных форсунок с внешним смешением.
- 1.21 Влияние конструкции головки на смесеобразование и удельный импульс.
- 1.22 Качественная картина процесса смесеобразования в камере ЖРД.
- 1.23 Распределение компонентов вокруг оси форсунки.
- 1.24 Количество компонента, попадающего на площадку сечения от отдельной форсунки.
- 1.25 Соотношение компонентов в ядре потока.
- 1.26 Соотношение компонентов в пристеночном слое.
- 1.27 Геометрический метод расчета соотношения компонентов по сечению камеры.
- 1.28 Влияние неравномерности по сечению камеры на удельный импульс и расходный

комплекс.

2. Проектирование охлаждения ЖРД. Проектирование камеры сгорания ЖРД

- 2.1 Формы охлаждающих трактов камер ЖРД.
- 2.2 Щелевой канал.
- 2.3 Охлаждающие тракты с оребрением.
- 2.4 Трубчатые камеры.
- 2.5 Подвод охладителя к охлаждающему тракту.
- 2.6 Расчет теплоотдачи в оребренном охлаждающем тракте.
- 2.7 Коэффициент оребрения.
- 2.8 Эффективность и оптимальная геометрия оребрения.
- 2.9 Теплоотдача в трубчатых камерах.

- 2.10 Расчет охлаждения ЖРД.
- 2.11 Порядок расчета охлаждения.
- 2.12 Некоторые специальные случаи охлаждения ЖРД.
- 2.13 Определение температуры стенки при радиационном охлаждении.
- 2.14 Порядок расчета охлаждения низкокипящим компонентом.
- 2.15 Формы и примеры выполнения камер сгорания ЖРД.
- 2.16 Цилиндрическая камера сгорания.
- 2.17 Трубчатая камера двигателя.
- 2.18 Шарообразные камеры сгорания.
- 2.19 Конические камеры сгорания.
- 2.20 Кольцевые камеры сгорания.
- 2.21 Определение объема камеры сгорания.
- 2.22 Определение объема камеры сгорания по условному времени пребывания.
- 2.23 Определение объема камеры сгорания по приведенной длине.
- 2.24 Определение объема камеры сгорания по литровой тяге.
- 2.25 Расчет камеры двигателя на прочность.
- 2.26 Особенности условий работы и расчета камер ЖРД на прочность.
- 2.27 Порядок прочностного расчета камеры ЖРД.
- 2.28 Оценка параметров спроектированной камеры и рекомендации.
- 3. Проектирование турбонасосных агрегатов. Проектирование двигательных установок**
- 3.1 Расчет и характеристики насосов ЖРД.

- 3.2 Порядок расчета
- 3.3 Характеристики насосов.
- 3.4 Совместная работа насоса и системы подачи ЖРД.
- 3.5 Турбины турбонасосных агрегатов.
- 3.6 Основные параметры турбин ТНА.
- 3.7 КПД и выбор U/Сад в турбинах ТНА.
- 3.8 Совместная работа турбины и насосов.
- 3.9 Газогенераторы.
- 3.10 Двигательные установки с турбонасосной системой подачи.
- 3.11 Тяга и удельный импульс двигательной установки.
- 3.12 Топливные баки.
- 3.13 Арматура систем подачи.
- 3.14 Определение давления подачи и гидравлических характеристик системы подачи.
- 3.15 Системы управления и регулирования ЖРД.
- 3.16 Примеры выполнения двигателей с турбонасосной системой подачи.

4. Проектирование двигательных установок с дожиганием. Проектирование двигательных установок с вытеснительной системой подачи

- 4.1 Замкнутая система «газ + жидкость».
- 4.2 Двигатель с дожиганием без ЖГГ.
- 4.3 Схема «газ + газ».
- 4.4 Основные параметры ЖРД с дожиганием.
- 4.5 Газобаллонная система подачи.

- 4.6 Редукторы давления газа.
- 4.7 Характеристики редукторов.
- 4.8 Расчет редукторов.
- 4.9 Вытеснительные системы подачи пороховым и жидкостным аккумуляторами давления.
- 4.10 Двигательные установки с предварительной заправкой.

5. Общие вопросы проектирования современных ракетных двигателей твердого топлива. Проектирование топливных зарядов.

- 5.1 Связь параметров РДТТ с тактико-техническими характеристиками ракеты.
- 5.2 Анализ процесса проектирования.
- 5.3 Критерии сравнительного анализа, используемые в процессе создания новых изделий.
- 5.4 Логическая схема проектирования РДТТ.
- 5.5 Выбор конструктивной схемы РДТТ.
- 5.6 Выбор рабочего давления в камере РДТТ.
- 5.7 Выбор топлива.
- 5.8 Проектирование зарядов.
- 5.9 Требования, предъявляемые к топливным зарядам.
- 5.10 Основные закономерности выгорания топлива.
- 5.11 Выбор формы заряда.
- 5.12 Определение геометрических размеров заряда.
- 5.13 Оценка прочности топливных зарядов.

6. Проектирование корпуса ракетных двигателей твердого топлива. Проектирование сопловых блоков

- 6.1 Основные требования.

- 6.2 Выбор материалов корпусных узлов и деталей РДТТ.
- 6.3 Выбор формы и расчет корпусных деталей и узлов.
- 6.4 Выбор соединений корпусных деталей.
- 6.5 Выбор типа сопла.
- 6.6 Построение геометрического контура сопла.
- 6.7 Профилирование дозвуковой части сопла.
- 6.8 Профилирование околокритического сечения сопла.
- 6.9 Профилирование сверхзвуковой части сопла.
- 6.12 Определение газодинамических и тепловых параметров по контуру сопла.
- 6.11 Оценка потерь удельного импульса тяги.
- 6.12 Некоторые способы оптимизации контуров сопловых блоков.

7 Проектирование теплозащитных покрытий. Проектирование системы воспламенения топливного заряда

- 7.1 Общие сведения.
- 7.2 Определение тепловых нагрузок на элементы конструкции РДТТ.
- 7.3 Определение температурного состояния материалов без теплозащитных покрытий.
- 7.4 Выбор теплозащитных материалов.
- 7.5 Определение толщины покрытий и теплозащитных материалов.
- 7.6 Определение толщины покрытия пассивного типа.
- 7.7 Определение толщины покрытия активного типа.
- 7.8 Постановка задачи об определении толщины уноса теплозащитного покрытия с внутренним уносом массы.
- 7.9 Особенности постановки задачи об определении толщины теплозащитного материала с комбинированным механизмом уноса.
- 7.10 Общие сведения.
- 7.11 Выбор способа воспламенения.
- 7.12 Выбор конструктивной схемы системы воспламенения и ее пространственного размещения в камере РДТТ.
- 7.13 Выбор марки воспламенительного состава и материалов корпусных деталей.
- 7.14 Определение массы навески воспламенительного состава.
- 7.15 Определение отдельных конструктивных параметров системы воспламенения.

8. Проектирование органов регулирования. Проектирование ядерных ракетных двигателей. Проектирование электрических ракетных двигателей

- 8.1 Схемы регулируемых РДТТ.
- 8.2 Уменьшение разбросов основных характеристик РДТТ.
- 8.3 Предстартовое регулирование уровня рабочих параметров РДТТ.
- 8.4 Программированное регулирование параметров РДТТ.
- 8.5 Регулирование вектора тяги РДТТ в полете.
- 8.6 Особенности требований к рабочему телу ЯРД.
- 8.7 Радиоизотопные двигатели.
- 8.8 Процессы в ядерном реакторе деления.
- 8.9 Устройство и удельные параметры твердофазных реакторов.
- 8.10 Особенности ЯРД с жидкофазным и газофазным реактором.
- 8.11 Трудности создания ЯРД.
- 8.12 ЭРД термического типа.
- 8.13 Электростатические двигатели.
- 8.14 Электромагнитные двигатели.
- 8.15 Источники электрической энергии (энергоустановки).

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Построение профиля сопла	2
2	2	Оrientировочный расчет смесительной головки канала	2

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
3	3	Расчет межтрубачного зазора камеры сгорания ЖРД	2
4	4	Приближенное проектирование ЖРД	2
5	5	Определение основных параметров и габаритов насосов. Определение габаритов топливных баков	2
6	6	Расчет основных параметров РДТТ: выбор ТРТ и его характеристик; расчет параметров ТРТ. Выбор формы заряда РДТТ и его основных характеристик	2
7	7	Конструкторская проработка РДТТ: расчет элементов конструкции РДТТ; теплозащитное покрытие корпуса и днища; оценка толщины бронирующего покрытия; система управления вектором тяги; система отсечки тяги; оценочный расчёт массы корпуса	2
8	8	Расчет основных характеристик соплового блока. Расчет характеристик воспламенителя	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Липанов А.М. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива [Текст] : учеб. для вузов / А.М. Липанов, А.В. Алиев . - М. : Машиностроение, 1995. - 400 с.

2. Припадчев А.Д. Расчет массы и размеров летательных аппаратов [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 160400.62 Ракетные комплексы и космонавтика / А.Д. Припадчев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург: Университет, 2013. - 166 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении [Текст] : учебное пособие / В.И. Круглов [и др.]. - Москва: Логос, 2011. - 432 с.

2. Савельев С.К. Экспериментальные методы исследования газодинамики РДТТ [Текст] : монография / С. К. Савельев, В. Н. Емельянов, Б. Я. Бендерский . - СПб. : Недра, 2007. - 268 с.

3. Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов [Текст] : [монография] / под ред. Г. А. Тирского. - М. : Физматлит, 2011. - 546 с.

4. Расчет и проектирование систем разделения ступеней ракет [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Ракетостроение и космонавтика» / К.С. Колесников [и др.]. - Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 374 с.

5.3 Периодические издания

1. Аэрокосмическое обозрение : журнал. – М. : Агентство «Роспечать», 2007. – № 1 – 6 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2009. – № 1 – 6 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2010. – № 1, 2, 4 – 6 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2012. – № 4 – 5 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2013. – № 1 – 6 [1 *чз ни*]
2. Полет: журнал. – М. : Агентство «Роспечать», 2009. – № 1 – 12 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2010. – № 1-4 – 11 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2012. – № 7 – 11 [1 *Каф. ЛА АКИ*], 2014. – № 1 – 11 [1 *чз ни*], 2015. – № 1 – 6 [1 *чз ни*].

5.4 Интернет-ресурсы

1. <https://www.roscosmos.ru> - Космическое агентство России.
2. <http://engine.space> - НПО «Энергомаш» им. акад. Глушко.
3. <http://www.khrunichev.ru> - ГКНЦ им. М.В. Хруничева.
4. <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, MOOK: «Системы авто-матизированного проектирования аддитивных технологий».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система Microsoft Windows.
2. Open Office/Libre Office - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Учебные аудитории:

- компьютерный класс;
- лекционная аудитория;
- лаборатория систем двигателей;
- лаборатория силовых установок.