

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра летательных аппаратов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.6 Двигательные установки и энергосистемы»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
(код и наименование направления подготовки)

Ракетостроение

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2023

2032851

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.6 Двигательные установки и энергосистемы» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра летательных аппаратов

наименование кафедры

протокол № 7 от "02" февраля 2023 г.

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

расшифровка подписи

А.Д. Припадчев

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

личная подпись

Н.Н. Бигалиева

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству АКИ

личная подпись

А.М. Черноусова

расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Осипов Е.В., 2023

© ОГУ, 2023

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

- формирование теоретических и практических знаний, физических законов, лежащих в основе создания двигательных установок и энергосистем (ракетных двигателей).

Задачи:

- изучение различных типов двигательных установок, применяемых на ЛА.
- изучение устройства и принципа действия двигательных установок и энергосистем ЛА.
- изучение рабочих процессов и основ расчёта двигательных установок и энергосистем ЛА.
- получение знаний об устройстве и принципе действия агрегатов и систем двигательных установок.
- получение навыков выбора и применения двигательных установок и энергосистем, обеспечивающих заданные тактико-технические характеристики ЛА.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.3 Основы устройства летательных аппаратов*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.Э.1.1 Физическое моделирование*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен осуществлять техническую поддержку отработки динамики и прочности конструкций ракетно-космической техники	ПК*-1-В-1 Знать: - устройство ракет и космических аппаратов, взаимосвязь характеристик прочности и устойчивости с объектами РКТ с эксплуатационными нагрузками ПК*-1-В-2 Уметь: - разрабатывать расчётные схемы для определения рациональных конструктивно-компоновочных схем с заданным уровнем прочности и устойчивости ПК*-1-В-3 Владеть: - практическим опытом проведения расчётов на прочность, статическую и динамическую устойчивость	<u>Знать:</u> - технический регламент, межгосударственные, национальные, отраслевые стандарты и стандарты организации в части вопросов проектирования двигательных установок <u>Уметь:</u> - готовить к публикации научные статьи и оформлять технические отчеты. <u>Владеть:</u> - оформлением документов.
ПК*-2 Способен осуществлять техническое сопровождение разработки проектной и рабочей документации на ракетно-космическую технику	ПК*-2-В-1 Знать: - требования ГОСТ и отраслевые нормативные документы, относящиеся к разработке проектной и рабочей документации ПК*-2-В-2 Уметь: - правильно оформлять проектную рабочую	<u>Знать:</u> - основы систем автоматизированного проектирования. <u>Уметь:</u> - читать и понимать техническую документацию на английском

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	документацию ПК*-2-В-3 Владеть: - практическим опытом технического сопровождения, разработки проектной рабочей документации	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 двигательных установок; - методами защиты технических предложений, эскизных проектов на агрегаты, узлы, системы и комплексы.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	7 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	51,25	51,25
Лекции (Л)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к лабораторным занятиям; - выполнение комплексного задания; - подготовка к рубежному контролю.	92,75	92,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	экзамен	

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие сведения о двигательных установках и энергосистемах летательных аппаратов. Основные показатели камеры и двигателя	14	4		2	8
2	Термодинамический расчёт процессов в камере	14	4		2	8
3	Газодинамические процессы в камере ракетного двигателя	14	4		2	8
4	Общие сведения о ЖРД. Процессы в камере сгорания и реактивном сопле ЖРД. Характеристики ЖРД	20	4		2	14
5	Регулирование ЖРД. Процессы теплообмена и защита стенок камеры ЖРД.	22	4		2	16
6	Общие сведения о РДТТ. Твёрдые ракетные топлива. Внутренняя баллистика РДТТ. Теплозащита РДТТ	26	4		2	20
7	Комбинированные и гибридные двигатели	16	4		2	10
8	Гидроракетные двигатели. Основные направления развития ракетных двигателей	18	6		2	10
	Итого:	144	34		16	94
	Всего:	144	34		16	94

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Общие сведения о двигательных установках и энергосистемах летательных аппаратов. Основные показатели камеры и двигателя

1.1 Общие сведения о двигательных установках и энергосистемах летательных аппаратов, основные понятия и термины.

1.2 Принципиальная схема реактивного двигателя. Классификация реактивных двигателей. Область применения ракетных двигателей.

1.3 Тяга камеры. Удельные параметры камеры – удельный импульс и удельная тяга.

1.4 Основные параметры двигателя: тяга, удельный импульс тяги, тяговая мощность, удельная масса. Скорость ракеты. Идеальная скорость одноступенчатой ракеты. Идеальная скорость многоступенчатой ракеты.

1.5 Влияние различных факторов на скорость полёта ракеты.

2. Термодинамический расчёт процессов в камере

2.1 Основные допущения. Модель рабочего тела.

2.2 Модели рабочего процесса, равновесное течение, химически замороженное течение и др.

3. Газодинамические процессы в камере ракетного двигателя

3.1 Основные уравнения газодинамических процессов в камере ракетного двигателя. Скорость истечения газа из реактивного сопла.

3.2 Связь между профилем канала сопла и скоростью потока газа. Геометрические характеристики реактивного сопла.

4. Общие сведения о ЖРД. Процессы в камере сгорания и реактивном сопле ЖРД. Характеристики ЖРД

4.1 Принципиальная схема ЖРД. Основные системы ЖРД и их назначение.

4.2 Классификация ЖРД. Схемы ЖРД с вытеснительной и насосной системами подачи топлива.

4.3 Рабочий процесс в камере сгорания ЖРД.

4.4 Общая характеристика процесса. Распыление компонентов. Смешение компонентов. Горение. Математическая модель процесса горения.

4.5 Обобщенные характеристики процессов в камере сгорания. Элементы теории форсунок. Распыление компонентов топлива. Характеристики распыления.

4.6 Конструктивное исполнение форсунок, применяемых в ЖРД. Особенности процессов в реактивном сопле.

4.7 Коэффициенты, характеризующие процессы в реактивном сопле.

4.8 Понятие о статических характеристиках ЖРД. Внешние и внутренние факторы, влияющие на параметры ЖРД.

4.9 Эксплуатационные характеристики ЖРД: высотная и расходная характеристики.

5. Регулирование ЖРД. Процессы теплообмена и защита стенок камеры ЖРД

5.1 Понятие о динамических процессах в ЖРД. Некоторые принципы расчёта динамических процессов двигателя.

5.2 Основные задачи регулирования ЖРД. Запуск и останов ЖРД.

5.3 Характеристика условий работы камеры ЖРД. Основные способы защиты стенок камеры сгорания ЖРД.

5.4 Теплоотдача от продуктов сгорания к стенкам камеры и трение.

5.5 Распределение плотности теплового потока по тракту камеры.

6. Общие сведения о РДТТ. Твёрдые ракетные топлива. Внутренняя баллистика РДТТ.

Теплозащита РДТТ

6.1 Краткие сведения из истории развития РДТТ. Состав РДТТ.

6.2 Достоинства и недостатки РДТТ.

6.3 Заряды РДТТ.

6.4 Принципы создания управляющих моментов и сил.

6.5 Основные требования к твёрдым ракетным топливам. Их характеристики.

6.6 Двухосновные (баллистические) топлива: состав и свойства, смесевые топлива: состав и свойства. Горение твёрдых ракетных топлив.

6.7 Механизм горения. Горение двухосновных и смесевых топлив. Схемы горения. Зависимость скорости горения от основных факторов: давления в камере сгорания, начальной температуры заряда и др. Основные уравнения внутренней баллистики РДТТ.

6.8 Методы регулирования скорости горения.

6.9 Камера и заряд РДТТ. Исходные данные.

6.10 Основы расчёта заряда двигателя. Особенности расчёта газогенератора. Подбор воспламенителя.

6.11 Особенности теплоотдачи к элементам конструкции РДТТ. Характерные области расчёта.

6.12 Основные способы тепловой защиты элементов конструкции: радиационное охлаждение, внутреннее охлаждение, емкостное охлаждение, теплоизоляционные покрытия, комбинированные системы тепловой защиты.

6.13 Защита от химического и теплового воздействия потока.

7. Комбинированные и гибридные двигатели

7.1 Общие сведения о комбинированных и гибридных двигателях.

7.2 Ракетно-прямоточные двигатели.

7.3 Ракетно-турбинные двигатели.

7.4 Гибридные двигатели. Принципиальные схемы.

7.5 Характеристика топлива.

8. Гидроракетные двигатели. Основные направления развития ракетных двигателей

8.1 Схема и принцип действия гидроракетных двигателей. Гидрореагирующие топлива.

8.2 Состав и горение гидрореагирующих топлив.

8.3 Энергетические характеристики гидрореагирующих топлив.

8.4 Организация рабочего процесса в гидроракетных двигателях.

8.5 Основные направления развития ЖРД: топлива, основные параметры и конструктивное совершенство ЖРД. Совершенствование методов теории и моделирования.

8.6 Основные направления развития РДТТ: топлива, материалы и конструктивное совершенство. Совершенствование методов теории и моделирования.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Изучение конструкции ЖРД.	2
2	2	Изучение систем подачи топлива.	2
3	3	Изучение смесеобразования в камере сгорания ЖРД. Изучение конструкций смесительных головок	2

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
4	4	Изучение элементов арматуры.	2
5	5	Изучение работы газогенераторов.	2
6	6	Изучение конструкции РДТТ	2
7	7	Изучение способов теплозащиты элементов ракетных двигателей	2
8	8	Теплозащита РДТТ	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Осипов Е.В. Экспериментальные исследования межтурбинных переходных каналов авиационных двигателей и газотурбинных установок [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 160100.62 Авиационное строительство / Е.В. Осипов, А.Д. Припадчев, И.А. Кривошеев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: Университет, 2014. - 137 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Сипатов А.М. Решение междисциплинарных задач газовой динамики при проектировании авиационных двигателей [Текст] / А.М. Сипатов; Рос. акад. наук, Урал. отд-ние. - Екатеринбург: УрО РАН, 2010. - 317 с.

2. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок [Текст] : учебник / В.В. Кулагин. - М.: Машиностроение, 2002. - 616 с.

3. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении [Текст] : учебное пособие / В.И. Круглов [и др.]. - Москва : Логос, 2011. - 432 с. : ил. - (Новая университетская библиотека). - Библиогр.: с. 430-431.

4. Онищенко Н.А. Я - профессионал. Вып. 6: Двигатели самолетов и вертолетов.: учеб.- метод. пособие к курсовому проектированию / Н.А. Онищенко, И.Д. Белоновская, М.Д. Биденко. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. - 113 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 пи].

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 пи], 2015. – № 1 – 6 [1 чз пи].

5.4 Интернет-ресурсы

1. www.rekord-eng.com – сайт ООО «Рекорд-инжиниринг». Разработка систем автоматизации технологических процессов производства.

2. www.sapr.ru – Web – сервер журнала САПР и графика

3. www.книат.рф/ - сайт Открытого Акционерного Общества «Технопарк промышленных технологий «Инновационно-технологический центр «КНИАТ» (ОАО «КНИАТ») (ранее Казанский НИИ авиационной технологии)

4. www.niat.ru/ сайт ОАО «НИАТ» (Национальный институт авиационных технологий).

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru
4. Программное средство для выполнения математических и технических расчетов MathCAD 14.0.
5. Система автоматизированного проектирования КОМПАС-3D V14 (Проектирование и конструирование в машиностроении).
6. Средства для защиты от вредоносных программ и применения политик IT-безопасности Kaspersky Endpoint Security.
7. <http://edu.garant.ru/garant/study/> - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей
8. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2023]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: <\\fileserver1\\CONSULT\\cons.exe>

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

Для проведения лабораторных занятий используются лаборатории кафедры ЛА - компьютерный класс.

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