

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета
института машиностроения и
аэрокосмической техники

проф. Дроздов И.Г. _____
(подпись)
" ____ " _____ 2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: ракетных двигателей

Направление подготовки (специальности):

24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника»

(код, наименование)

Профиль: "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов"

(название профиля по УП)

Часов по УП: 144; **Часов по РПД:** 144;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 144; **Часов по РПД:** 144;

Часов на самостоятельную работу по УП: 84 (58 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 84 (58 %);

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 4;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты - 2; Курсовые проекты - 0;
Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный;

Ориентация программы: программа подготовки аспирантов;

Вид профессиональной деятельности: экспериментально-исследовательская

Распределение часов дисциплины по курсам

Вид занятий	№ семестров / число учебных недель в семестрах									
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции			30	30					30	30
Лабораторные			-	-					-	-
Практические			30	30					30	30
Ауд. занятия			60	60					60	60
Сам. работа			84	84					84	84
Итого			144	144					144	144

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 890.

Программу составил: _____ д.т.н. Ефимочкин А.Ф.
(подпись, _____) (ученая степень, ФИО)

Рецензент: _____

Зам. генерального конструктора ОАО КБХА, д.т.н., профессор, В.Д. Горохов

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки аспирантов по направлению 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника», профиль Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ракетных двигателей
протокол № _____ от "___" _____ 2014 г.

Зав. кафедрой РД, д.т.н., профессор _____ В.С. Рачук

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – подготовка к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой аспиранта по направлению; изучение принципов работы, структурных схем, рабочих процессов и эксплуатационных характеристик тепловых, электроракетных двигателей, составляющих силовые установки летательных аппаратов; направления их оптимизации и совершенствования
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	- принципа работы тепловых, электроракетных двигателей и их агрегатов;
1.2.2	- особенности принципиальных схем тепловых, электроракетных двигателей;
1.2.3	- этапы проектирования двигателей;
1.2.4	- критерии оптимизации тепловых, электроракетных двигателей;
1.2.5	- методы расчета параметров тепловых, электроракетных двигателей;
1.2.6	- особенности применения тепловых, электроракетных двигателей на летательных аппаратах;
1.2.7	- мировые тенденции развития тепловых, электроракетных двигателей

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл Б1.В.ОД	Код дисциплины Б1.В.ОД.1
2.1.	<p>Требования к предварительной подготовке обучающегося</p> <p>Дисциплина «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» представляет собой специальную дисциплину отрасли науки и научной специальности и относится к направлению «Авиационная и ракетно-космическая техника».</p> <p>Дисциплина базируется на курсах цикла естественнонаучных дисциплин:</p> <p>Физика Математика Химия</p>
2.2.	<p>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</p> <p>Б1.В.ОД.2 - Гидрогазодинамика энергетических установок Б1.В.ОД.3 - Теплообмен в энергетических установках</p>

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими компетенциями:

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК	ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ
ОПК-1	владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники
ОПК-2	владение культурой научного исследования в области авиационной и ракетно-космической техники, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК-3	способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав
ПК	ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ
ПК-1	способность выполнять расчеты (моделирование) параметров рабочего процесса, нагруженности, теплового состояния и характеристик тепловых и электроракетных двигателей летательных аппаратов, а также энергетических установок, их узлов и элементов
ПК-2	способность разрабатывать физические и математические модели процессов и явлений в тепловых, электроракетных двигателях летательных аппаратов и энергетических установок

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	знать:
3.1.1	- основные требования, предъявляемые к тепловым, электроракетным двигателям, их параметрам, системам и основным узлам (ОПК-2);
3.1.2	- типовые схемные решения с учетом условий эксплуатации двигателей на летательных аппаратах (ОПК-1);
3.1.3	- принципы функционирования основных элементов и систем тепловых, электроракетных двигателей (ОПК-1, ОПК-3);
3.1.4	- способы повышения параметров двигателей, определяющих их технический уровень (ПК-1)
3.2	уметь:
3.2.1	- разрабатывать принципиальные схемы тепловых, электроракетных двигателей (ПК-1);
3.2.2	- выполнять расчеты основных параметров тепловых, электроракетных двигателей (ПК-1, ПК-2);
3.2.3	- выявлять ключевые технические направления, способствующие совершенствованию двигателей и повышению их технического уровня (ОПК-3)
3.3	владеть:
3.3.1	- методами оптимизации основных параметров тепловых, электроракетных двигателей (ПК-1);
3.3.2	- методами разработки конкретных схем двигателей (ОПК-1, ПК-2);
3.3.3	- методами разработки технических заданий на создание агрегатов, комплектующих двигатели (ПК-2);
3.3.4	- методами выполнения расчетов потребных напоров компрессоров, насосов, мощностей турбин и насосов, гидравлических сопротивлений в трубах и агрегатах двигателей (ПК-1);
3.3.5	- методами анализа влияния различных эксплуатационных факторов на технический облик двигателей (ПК-2)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Функции двигателей в составе летательных аппаратов	4	1-2	6	6	-	4	16
2	Типовые схемы тепловых двигателей	4	3-6	6	6	-	20	32
3	Статические характеристики	4	7-10	6	6	-	20	32
4	Переходные процессы	4	11-14	6	6	-	20	32
5	Методы расчета параметров	4	15-18	6	6	-	20	32
Итого:				30	30	-	84	144

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1-2	Функции двигателей в составе летательных аппаратов. Основные понятия и принципы создания реактивной тяги. Жидкостно-реактивные двигатели. Ракетные двигатели твердого топлива. Гибридные ракетные двигатели. Комбинированные воздушно-ракетные двигатели. Электроракетные и ядерные двигатели	6
3-6	Типовые схемы тепловых двигателей. Структура двигателей. Типовые функции основных агрегатов	6
7-10	Статические характеристики. Тяга. Удельный импульс тяги. Соотношение расходов компонентов топлива. Внутренние параметры двигателя	6
11-14	Переходные процессы. Оценка качества переходных процессов. Запуск. Выключение. Режимы форсирования и дросселирования. Подсистемы двигателя, обеспечивающие его работу на переходных режимах. Устойчивость рабочих процессов. Внешние факторы, влияющие на работу двигателей. Ресурс двигателя. Безотказность двигателя	6
15-18	Методы расчета параметров. Расчет ПГС. Методы расчета переходных процессов	6
Итого часов:		30

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	Виды контроля
1-2	Функции двигателей в составе летательных аппаратов. Классификация реактивных двигателей летательных аппаратов	6	тестовый опрос
3-6	Типовые схемы тепловых двигателей. Схемное исполнение	6	тестовый опрос
7-10	Статические характеристики. Дроссельные характеристики	6	тестовый опрос
11-14	Переходные процессы. Контролепригодность и ремонтпригодность двигателя	6	тестовый опрос
15-18	Методы расчета параметров. Расчет параметров камеры сгорания	6	тестовый опрос
	Контрольная работа		
Итого часов:		30	

4.3 Лабораторные работы

Не предусмотрены.

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1-2	Функции двигателей в составе летательных аппаратов. Воздушно-реактивные двигатели	тестовый опрос	4
3-6	Типовые схемы тепловых двигателей. Подсистемы	тестовый опрос	20
7-10	Статические характеристики. Высотная характеристика	тестовый опрос	20
11-14	Переходные процессы. Эксплуатационные показатели жидкостных ракетных двигателей	тестовый опрос	20
15-18	Методы расчета параметров. Расчет параметров турбонасосного агрегата	тестовый опрос	20
	Подготовка к тестированию	Допуск к зачету	
	Подготовка к зачету	Зачет	
Итого часов:			84

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Информационные лекции; а) дискуссия, б) ИТ-методы
5.2	Практические занятия: а) работа в команде (ИФ) - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий, решение творческих задач (метод Делфи); б) выступления по темам рефератов, в) проведение контрольных работ, г) тестовый опрос
5.3	лабораторные работы не предусмотрены
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка реферата, отчетов, – выполнение индивидуальных научных расчетов
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: - тестовый опрос; - контрольные работы при выполнении практических занятий; - реферат-презентация
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Контрольная работа № 1 по теме: «Дроссельная и высотная характеристики»
6.2.2	Контрольная работа № 2 по теме: «Численные методы, используемые в основных проектных расчетах»
6.2.3	Контрольная работа № 3 по теме: «Особенности проектирования многоразовых двигателей»
6.2.4	Контрольная работа № 4 по теме: «Основные параметры системы подачи топлива»
6.2.5	Контрольная работа № 5 по теме: «Перспективные топлива»
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Реферат-презентация по тематике, касающейся перспективных двигателей в ракетно-космической отрасли

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год и вид издания	Обеспеченность
Основная литература				
1	Б.Т. Ерохин	Теория и проектирование ракетных двигателей. Лань, 2015.	2015 печат.	1
Дополнительная литература				
2	А. Ф. Ефимочкин	Проектирование принципиальных пневмогидравлических схем жидкостных ракетных двигателей. Учебное пособие. ГОУВПО «Воронежский гос. технический ун-т». 2010	2010 печат.	1
3	Н. А. Махутов, В. С. Рачук, М. М. Гаденин и др.	Прочность и ресурс ЖРД / Под ред. Н. А. Махутова, В. С. Рачука, М.: Наука, 2011	2011 печат.	0,25
Методические разработки				
4	Е. В. Лебединский и др.	Рабочие процессы в жидкостном ракетном двигателе и их моделирование. Монография. 2008	2008 печат.	1
Программно-алгоритмическое обеспечение и интернет-ресурсы				
5	ANSYS Student (бесплатная версия) www.ansys.com/Industries/Academic/Student+Product			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения практических работ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ

Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год и вид издания	Обеспеченность
Основная литература				
1	Б.Т. Ерохин	Теория и проектирование ракетных двигателей. Лань, 2015.	2015 печат.	1
Дополнительная литература				
2	А. Ф. Ефимочкин	Проектирование принципиальных пневмогидравлических схем жидкостных ракетных двигателей. Учебное пособие. ГОУВПО «Воронежский гос. технический ун-т». 2010	2010 печат.	1
3	Н. А. Махутов, В. С. Рачук, М. М. Гаденин и др.	Прочность и ресурс ЖРД / Под ред. Н. А. Махутова, В. С. Рачука, М.: Наука, 2011	2011 печат.	0,25
Методические разработки				
4	Е. В. Лебединский и др.	Рабочие процессы в жидкостном ракетном двигателе и их моделирование. Монография. 2008	2008 печат.	1
Программно-алгоритмическое обеспечение и интернет-ресурсы				
5	ANSYS Student (бесплатная версия) www.ansys.com/Industries/Academic/Student+Product			

Зав. кафедрой РД

В.С. Рачук

Директор библиотеки

Т.И. Буковшина

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу по дисциплине «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» для направления подготовки 24.06.01 «Авиационные и ракетно-космическая техника» по профилю подготовки 05.07.05 «Тепловые и электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Рабочая программа разработана Ефимочкин А.Ф., профессором кафедры ракетные двигатели института машиностроения и аэрокосмической техники Воронежского государственного технического университета в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом направления подготовки 24.06.01 «Авиационные и ракетно-космическая техника» по профилю подготовки 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Преподавание дисциплины в соответствии с предлагаемой программой позволит решить следующие задачи курса – изучение принципов работы тепловых, электроракетных двигателей и их агрегатов, особенностей принципиальных схем тепловых, электроракетных двигателей, критериев оптимизации тепловых, электроракетных двигателей, методов расчетов параметров тепловых, электроракетных двигателей, особенностей применения тепловых, электроракетных двигателей на летательных аппаратах и мировых тенденций развития тепловых, электроракетных двигателей.

Комплекс содержит рабочую программу для очной формы обучения и перечень разделов курса с развёрнутым содержанием. В программе представлены перечень основной и дополнительной литературы, перечень тем практических занятий, представлен календарный план чтения лекций, план-график самостоятельной работы студентов.

В связи с вышеизложенным, считаю целесообразным использовать рабочую программу в учебном процессе аспирантов ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет».

Зам. генерального конструктора
ОАО КБХА,
д.т.н., профессор,
профессор каф. РД ВГТУ

В.Д. Горохов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства текущего контроля

Устный опрос

1. Принципиальная структурная схема двигателя.
2. Основные агрегаты и их назначение.
3. Классификация двигателей: по виду компонентов топлива, по способу подачи, по способу использования энергии газов после турбины, по виду охлаждения и пр.
4. Уравнения реактивного движения (И.В.Мещерского, К.Э.Циолковского) и основные параметры, характеризующие работу и конструкцию двигателя (тяги, удельный импульс тяги, удельная масса и пр.).
5. Значение конструкции в обеспечении экономичности и работоспособности агрегата.
6. Камера – основной агрегат: конструкция, рабочие процессы и параметры.
7. Смесительные головки и форсунки
8. Конструкция и проектирование системы охлаждения
9. Наружное охлаждение, параметры и схемы.
10. Конструктивные формы охлаждающих каналов, их преимущества и недостатки.
11. Охлаждающий тракт с оребрением, эффективность оребрения.
12. Потери давления на прокачку охладителя через систему охлаждения, гидравлический расчет. Оптимизация системы наружного охлаждения по минимуму гидравлического сопротивления.
13. Узлы подвода охладителя (коллектора).
14. Требования к их конструкции.
15. Расходная неравномерность и методы ее расчета.
16. Внутреннее охлаждение пленочными завесами, его физическая сущность и параметры.
17. Конструктивное оформление поясов завесы.
18. Камерное соотношение компонентов и потери экономичности, обусловленные пленочными завесами.
19. Методы расчета параметров пристеночного слоя при использовании пленочного охлаждения.
20. Неохлаждаемые сопловые насадки, конструкция и материалы.

Критерии оценки ответов:

- 1 – ответ верный, в полном объеме;
 0,5 – ответ верный, но не полный;
 0 – ответ неверный.

Шкала оценивания:

Итоговый балл	0÷0,5	1	1,5÷2	2,5÷3
Оценка	2	3	4	5

Методика проведения: проводится в аудитории для практических занятий в начале занятия, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, задается по 3 вопроса, время проведения опроса до 10 минут, ответы даются без использования справочной литературы (конспектов) и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Вопросы к зачету

1. ТНА и другие агрегаты системы подачи: конструкция, процессы, параметры.
2. Типы насосов, используемых в ЖРД.
3. Конструктивная схема центробежного насоса, основные параметры, характеризующие его работу.
4. Основные узлы и группы деталей насоса (рабочее колесо, валы, корпусные детали), их конструкция и материалы, уплотнения рабочего колеса.
5. Явление кавитации и конструкция преднасосов.
6. Способы повышения антикавитационных свойств центробежных насосов.
7. Типы турбин, используемых в ЖРД, их классификация и основные параметры. Основные узлы и группы деталей газовых турбин (рабочее колесо, валы, корпусные детали), их конструкция и материалы. Опоры валов ТНА. Типы и конструкция уплотнений валов.
8. Компоновка ТНА в единый агрегат (одновальные и редукторные, компенсация осевых усилий) и размещение его на двигателе.
9. Назначение, классификация и основные параметры газогенераторов.
10. Жидкостные газогенераторы, окислительные и восстановительные.
11. Основные узлы и детали газогенераторов.
12. Особенности процессов в газогенераторе и их расчет.
13. Способы повышения работоспособности генераторного газа и увеличение мощности турбины.
14. Регуляторы тяги, реле давления, дроссели систем РКС, СОБ и др., стабилизаторы соотношения компонентов, их назначение и устройство.
15. Пусковые и запорные клапаны и устройство (пневмоклапаны, пироклапаны, электромагнитные, обратные, мембраны) их назначение и устройство.
16. Виды трубопроводов и их соединений. Определение потерь давления в трубопроводах и давления подачи (без дожигания).
17. Гидравлическая характеристика системы.
18. Расчет на прочность фланцевых и резьбовых соединений.
19. ПГС двигателей, двигательные системы.

Критерии оценки ответов:

- 1 – ответ верный, в полном объеме;
- 0,5 – ответ верный, но не полный;
- 0 – ответ неверный.

Шкала оценивания:

Итоговый балл	0÷0,5	1	1,5÷2	2,5÷3
Оценка	2	3	4	5

Методика проведения: зачет проводится в аудитории для лекционных или практических занятий, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, задается по 3 вопроса, время проведения зачета – до 1 часа (для лиц с ограниченными возможностями – 2 академических часа), ответы даются без использования справочной литературы (конспектов) и средств коммуникации, результат представляются в течении 3-х часов после окончания аттестации.