

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

«16» мая 2016 г.

Программа аспирантуры

Направление: 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии

Направленность (специальность): 05.07.10 Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Энергетические установки и системы ракетно-космической техники»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов - контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 879, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.07.10. Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности 05.14.03, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение теоретических основ проектирования, конструкции и характеристик энергетических установок и систем различных видов летательных аппаратов, технологий их изготовления.

Задачами дисциплины являются:

- развитие понятийно-категориального аппарата в области инновационных технологий и его дополнение с учетом новейших достижений данной области научных знаний;
- формирование понимания взаимосвязи физических явлений, физических эффектов, материаловедения и технологий; выявление наиболее перспективных инновационных технологий в наукоемких отраслях;
- развитие знаний о закономерностях инновационной деятельности в сфере аэрокосмической техники;
- выработка умений идентифицировать проблемы в области организации и внедрения инновационных технологий на предприятиях аэрокосмической отрасли, с учетом ее специфики на основе современной методологии и инструментария.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- владение научно-обоснованной методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- способность к разработке и использованию современных методов научного исследования и применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);

- владение современными методами исследований в области аэрокосмической деятельности (ПК-1);

- способность разрабатывать и исследовать процессы, объекты и системы авиационной и ракетно-космической техники нового поколения (ПК-3);

- владеть информацией о новейших достижениях в области аэрокосмической деятельности (ПК-4);

- знать перспективные направления применения наноматериалов при разработке и создании объектов и систем авиационной и ракетно-космической техники (ПК-5);

- знать достижения в области технологий создания энергоэффективных процессов, объектов и систем, применяемых в аэрокосмической деятельности (ПК-6).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- физические и математические модели, позволяющие анализировать совокупность процессов в двигателях и энергоустановках ЛА (ОПК-1, ОПК-2; ОПК-3, ПК-1)

- общие методы конструирования машин и механизмов, основы САПР, виды новых конструкционных материалов для двигателей летательных аппаратов; принципы рационального использования природных ресурсов, защиты окружающей среды от загрязнений (УК-2, ОПК-1, ОПК-3, ПК-4) .

- методики проектирования реактивных и ракетных двигательных установок и энергоустановок ЛА с учетом физико-механических, технологических, экологических и экономических параметров (ПК-3, ПК-4, ПК-6);

- методы оптимизации технических параметров энергоустановок применительно к ЛА (ОПК-3, ПК-3, ПК-4) ;

- инновационные методы получения энергии для космических аппаратов (УК-1, ОПК-3, ПК-6);

- двигатели и энергоустановки на новых видах топлив (ОПК-3ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5)

уметь:

- разрабатывать проекты технических заданий, технических условий и технических описаний (УК-1, УК-2, ПК-3, ПК-4);
- использовать современные информационные технологии, пакеты систем автоматизированного проектирования при разработке новых двигательных, энергоустановок и их интеграции в конструкцию летательного аппарата (УК-1, УК-2, ПК-3, ПК-4);
- применять проблемно-ориентированные методы анализа, синтеза и оптимизации процессов обеспечения качества испытаний и сертификации объектов деятельности (УК-1, УК-2, ПК-3, ПК-4);
- определять и формулировать цели проекта, пути решения задач, критерии и показатели достижения целей, построения структуры их взаимосвязей, выявлять приоритеты решения задач проектирования энергоустановок и систем ЛА (УК-1, УК-2, ПК-3, ПК-4);
- эффективно использовать материалы, оборудование, технологические процессы соответствующие алгоритмы и программы расчетов параметров технологического процесса при изготовлении двигателей и энергоустановок ЛА (ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6);

владеть:

- методиками термогазодинамического и энергетического расчетов рабочего процесса в ракетных двигателях (ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5).
- навыками проведения математического моделирования процессов в отдельных элементах ракетного двигателя (ОПК-1, ПК-3, ПК-4);
- анализом состояния и динамики объектов деятельности (двигатели, источники энергии, преобразователи энергии, специальные материалы, технологические процессы и оборудование для испытания двигателей и энергоустановок ЛА) с использованием необходимых методов и средств анализа (УК-1, УК-2, ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4);
- сопровождением полного жизненного цикла двигателя ЛА от стадии технического предложения до эксплуатации и утилизации двигателя (УК-1, УК-2, ОПК-1, ПК-3, ПК-4);
- разработкой планов, программ и методик проведения испытаний двигателей и энергоустановок ЛА (ОПК-1, ПК-3, ПК-4);
- проведением стандартных и типовых испытаний деталей, их агрегатов и энергоустановок ЛА (ОПК-1, ПК-3, ПК-4);.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение. Сведения об основных тенденциях развития двигателей и энергетических установках летательных аппаратов (ЛА), пути совершенствования.

Понятие о силовых установках летательных аппаратов, их назначении и использовании. Основные требования к силовым установкам ЛА и двигателям. Сведения направления развития и двигателей ЛА.

Классификация ракетных двигателей (РД) и их характеристики.

Тяга ракетного двигателя. Мощностные параметры ракетных двигателей. Удельные параметры ракетных двигателей Классификация и схемы ЖРД. Общие сведения о жидкостных ракетных топливах (ЖРТ). Классификация ЖРТ. Требования, предъявляемые к ЖРТ. Перспективные ЖРТ.

Общие сведения о ЖРД. Основные конструктивные элементы камер ЖРД.

Особенности условий работы и конструкции камеры ЖРД. ЖРД. Требования, предъявляемые к камерам ЖРД. Выбор материала для камер ЖРД. Формы камер ЖРД. Головки камер ЖРД и их конструкция. Конструктивные особенности выполнения систем охлаждения камер сгорания. Типы топливных форсунок. Способы размещения топливных форсунок на плоских головках камеры ЖРД.

Система охлаждения камер ЖРД. Система подачи компонентов топлив. Системы управления ЖРД

Классификация систем охлаждения ЖРД. Внешнее охлаждение. Требования, предъявляемые к внешнему (наружному) охлаждению. Внутреннее охлаждение. Турбонасосная система (ТНС) подачи компонентов топлива. Компоновочные схемы ТНА. Устройство центробежного насоса. Крыльчатки насосов. Турбина ТНА. Классификация турбин. Основные параметры турбины. Система запуска ЖРД. Параметры, влияющие на запуск ЖРД. Способы воспламенения горючих смесей. Остановка двигателя. Система управления направлением вектора тяги. Система регулирования величины вектора тяги ЖРД.

Основные понятия и определения РДТТ. Анализ процессов, происходящих в РДТТ.

Компоновочная схема РДТТ. Достоинства и недостатки РДТТ. Классификация РДТТ Процесс горения ТРТ. Скорость горения твердых топлив. Зависимость от давления в камере. Зависимость от начальной температуры заряда. Зависимость от скорости обдува поверхности горения. Зависимость от других факторов. Закон горения ТРТ. Стабильность горения ТРТ.

Конструктивные элементы РДТТ. Заряды ТРТ и требования, предъявляемые к ним

Корпуса РДТТ. Технология изготовления корпусов РДТТ. Конструктивные особенности сопел РДТТ. Особенности тепловой защиты критического сечения сопла РДТТ. Способы крепления зарядов ТРТ в корпусе. Требования, предъявляемые к ТРТ. Энергетические характеристики Внутрибаллистические характеристики. Физико-механические свойства. Дополнительные требования. Классификация ТРТ. Коллоидные топлива. Смесевые топлива. Модифицированные двухосновные топлива. Формы зарядов ТРТ и особенности их горения. Процесс воспламенения ТРТ. Составы воспламенителей. Системы воспламенения РДТТ.

Системы управления и регулирования параметрами двигательной установки с РДТТ.

Система управления направлением вектора тяги. Конструктивное оформление систем управления вектором тяги. Системы УВТ, основанные на механическом воздействии на истекающий газ. Системы УВТ, основанные на использовании поворотных двигателей и сопел. Системы УВТ, основанные на газодинамическом воздействии. Системы управления модулем вектора тяги и на газовый поток внутри сопла. Системы отсечки тяги. Конструктивные схемы двигателей многократного включения (ДМВ). Основные направления совершенствования РДТТ.

Источники энергии и топлив.

Классификация, принципиальные схемы и основные характеристики источников энергии: солнечных, химических, ядерных и радиоизотопных. Системы преобразования энергии в электрическую: турбомашинные, магнитогазодинамические, термоэмиссионные, термоэлектрические, термоэлектромеханические, электрохимические. Химические источники энергии. Виды и характеристики систем компонентов. Системы хранения и подачи. Баллонные, криогенные, связанные системы и их характеристики. Основные сведения о жидких, твердых и гибридных топливах и их физико-химические характеристики. Воспламенение и горение топлив. Основы расчетов термохимических свойств топлив. Требования к источникам энергии и топливам и области их применения.

Источники энергии и энергосистемы для космических энергосиловых установок.

Источники плазмы и заряженных частиц. Газоразрядные источники плазмы и ионов. Схемы газоразрядных источников ионов и их характеристики. Роль магнитных полей в источниках ионов. Влияние электрических и магнитных полей на движение плазмы и заряженных частиц. Различные механизмы ускорения. Классификация ускорителей и двигателей. Двигатели и движители, их основные характеристики. Лучистые источники энергии. Характеристики солнечного излучения в околоземном и межпланетном пространстве. Солнечные батареи, системы раскрытия, ориентации, резервирования. Характеристики и КПД солнечных батарей. Согласование характеристик с потребителями. Концентраторы солнечной энергии, основные виды и их характеристики. Приемники лучистой энергии. Селективные поверхности и их роль в повышении эффективности использования солнечной энергии. Радиоизотопные источники энергии. Виды радиоактивных топлив. Характеристики радиоизотопных тепловых блоков. Регулирование теплового потока. Особенности эксплуатации радиоизотопных источников.

Двигательные, энергетические и энергосиловые установки космических аппаратов.

Потребности КА в бортовой энергетике и необходимость создания энергосиловых установок (ЭСУ) и электроракетных двигателей (ЭРД), энергетических установок (ЭУ) различных типов. Особенности и области использования фотоэлектрических энергетических установок. Потери энергии и КПД фотоэлектрического преобразователя. Возможности

повышения эффективности. Характеристики преобразователей, влияние на них температуры, радиации. Методы повышения стойкости и надежности.

Методы испытаний энергоустановок и анализа результатов.

Основные этапы и программы испытаний двигательных установок и энергетического оборудования и их систем. Виды и средства испытаний, моделирование, стендовые и натурные испытания, летающие лаборатории, аналоги, летающие модели, сертификационные испытания на соответствие нормам летной годности. Пассивный и активный эксперимент. Методы пересчета результатов испытаний на другие условия. Испытание ракетных двигателей в модельных и натуральных условиях. Испытания двигателей космических аппаратов.

Основы технологии производства двигателей летательных аппаратов.

Основные понятия технологии производства. Производственный процесс и его составляющие. Конструкторские и технологические методы обеспечения качества. Технологические методы создания высоконадежных и долговечных конструкций. Состояние поверхностного слоя детали, остаточные напряжения в нем и их влияние на ресурс детали. Общие принципы обеспечения точности изготовления деталей ракетных двигателей. Понятие о точности и производственных погрешностях. Методы контроля точности и устойчивости технологических процессов. Основные сведения о базах. Правила базирования при изготовлении деталей и сборке летательных двигателей.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:
6 семестр – экзамен.

Вопросы для самоконтроля и проведения экзамена:

1. Типы двигателей летательных аппаратов – их назначение и применение
2. Почему необходимо обеспечивать повышение давления рабочего тела перед подачей в камеру сгорания.
3. Физические основы создания тяги.
4. Что характеризует удельный расход топлива и удельная тяга двигателя.
5. Назначение РДТТ и его рабочий процесс.
6. При каких условиях течения газа в сопле называется расчетным.
7. Что такое течение газа в сопле с недорасширением и как оно влияет на величину тяги.
8. Что называется статической тягой и при каком режиме течения она возникает.
9. Назначение ЖРД и его рабочий процесс.

10. Что называется рабочим процессом в двигателе и назначение этого процесса.
11. Классификация и конструктивное оформление форсунок ЖРД.
12. Конструктивное оформление ТНА.
13. Центробежные насосы. Кавитация
14. Способы управления модулем вектора тяги.
15. Анализ процессов горения происходящих в РДТТ.
16. Конструктивные особенности сопел РДТТ.
17. Проектирование теплозащитных покрытий РДТТ.
18. Система отсечки тяги РДТТ.
19. Основные этапы и программы испытаний двигательных установок и энергетического оборудования и их систем.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Кобранов, Г. П. Ч.1 : Летательные аппараты и их двигательные установки / Г. П. Кобранов, В. С. Вишневецкий, А. В. Чайковский ; Общ. ред. А. А. Лебедев . – 2007 . – 232 с.
2. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов : Учебник для вузов по специальности "Электроракетные двигатели и энергетические установки" направления "Двигатели летательных аппаратов" / Л. А. Квасников, и др., . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : МАИ, 2001 . – 480 с. - ISBN 5-7035-2489-X.
3. Ключкова, Л. Л. Рабочие тела энергосиловых установок летательных аппаратов : учебник для авиационных специальностей втузов / Л. Л. Ключкова . – М. : Машиностроение, 2204 . – 152 с. – (Для вузов).

Дополнительная литература:

4. Воробей, В. В. Проектирование технологических процессов изготовления деталей и узлов двигателей летательных аппаратов из композиционных материалов : Учебное пособие / В. В. Воробей, В. Н.
5. Ботяшин, Моск. авиац. ин-т им. С. Орджоникидзе (МАИ) . – М. : МАИ, 1992 . – 77 с. - ISBN 5-7035-0290-X : 100.00 .
6. Воробей, В. В. Технология производства жидкостных ракетных двигателей : Учебник для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Авиа- и ракетостроение" и направлению подготовки дипломированных специалистов "Двигатели летательных аппаратов" / В. В. Воробей, В. Е. Логинов, Моск. гос. авиацион. ин-т (техн. ун-т) . – М. : МАИ, 2001 . – 496 с. - ISBN 5-7035-2328-1 .

7. Буланов И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учебник для вузов по специальности "Конструирование и производство изделий из композиционных материалов", Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998 г.
8. Коротеев А. А. Капельные холодильники-излучатели космических энергетических установок нового поколения
Машиностроение, 2008 г. ISBN 978-5-217-03425-3

Электронные образовательные ресурсы:

www.technologiya.ru; www.novtex.ru, <http://www.innov-rosatom.ru>,
<http://www.protown.ru>, <http://www.aselibrary.ru>, www.nete.ru,
www.newlt.ru, www.nmtec.ru, www.ntio.net, www.robotforum.ru,
www.strf.ru,