

Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор
академик РАН

Е.А. Микрин

2018 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний по направлению подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника»

направленность подготовки

05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов»

Программа вступительных испытаний сформирована в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 890 и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259).

Составитель:
д.т.н., профессор

Филин В.М.

Согласовано:

Заведующая аспирантурой

Потрываева Е.В.

Рабочая программа рассмотрена на заседании секции НТС «Подготовка научных кадров»

Протокол № 4/2018 от 17.07.2018

Председатель секции НТС
«Подготовка научных кадров»

Лукьяшко А.В.

Таблица переутверждения рабочей программы

Год утверждения (переутверждения)				
Председатель (заместитель председателя секции НТС) ФИО, ученая степень				
Подпись				
Номер и дата протокола заседания секции НТС	Протокол № _____ от _____	Протокол № _____ от _____	Протокол № _____ от _____	Протокол № _____ от _____

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа предназначена для проведения вступительных испытаний по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника» по направленности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» для поступающих в аспирантуру РКК «Энергия» (далее - Корпорация) по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

К вступительным испытаниям допускаются лица, имеющие высшее профессиональное образования, подтвержденное дипломом специалиста или дипломом магистра.

Цель вступительных испытаний заключается в оценке знаний поступающих в области проектирования, конструкции и производства летательных аппаратов и готовности поступающего к освоению основной образовательной программы.

Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента определенного объема научных знаний, научно-исследовательских компетенций. Поступающий должен показать, профессиональное владение теорией и практикой в определенной предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию. Перечень экзаменационных вопросов доводится до сведения поступающих путем публикации на внутрикорпоративном сайте Корпорации. Результаты испытаний оглашаются по завершению испытаний.

Критерии оценки результатов экзамена:

- Оценка «отлично» выставляется при следующих условиях:
даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией;
- Оценка «хорошо» выставляется при следующих условиях:
даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией;
ответы на вопросы даются полно, но логическая последовательность не всегда соблюдается.
- Оценка «удовлетворительно» выставляется при следующих условиях:
даны в основном правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией;
ответы на вопросы даются в основном полно при слабой логической оформленности высказывания.
- Оценка «неудовлетворительно» выставляется в трех случаях, когда не выполнены условия, позволяющие выставить оценку «удовлетворительно». Решения экзаменационной комиссии принимаются простым большинством голосов.

Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему.

Передача вступительных испытаний не допускается.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Экзаменационные вопросы

1. Общие вопросы теории ракетных двигателей

1. Краткая история развития ракетных двигателей. Основные тенденции и перспективы развития ЖРД.

2. Выбор оптимальных параметров ракетных двигателей для ступеней ракеты носителя и для разгонного блока.

3. Особенности устройства и расчета ЖРД замкнутой схемы (схемы с дожиганием).

4. Основные ракетные топлива (жидкие, твердые) и их физико-химические

характеристики. Экологические вопросы применения.

5. ЖРД малой тяги: одно- и двухкомпонентные, конструктивные особенности и характеристики.

6. Типы систем подачи в ЖРД и области их применения. Основы выбора и расчета оптимальной системы подачи в зависимости от назначения двигателя и энергоустановки

7. Способы совершенствования энергетических характеристик ракетных двигателей.

8. Повышение надежности ресурса. Вопросы многократности применения ЖРД,

9. Основы экспериментальной отработки ЖРД. Определение энергетических параметров по результатам огневых испытаний.

10. Типы РД. Классификация РД.

2. Жидкостные ракетные двигатели

1. Уравнения тяги реактивного двигателя, изменение уравнения для различных условий работы.

Энергетические параметры ЖРД: удельный импульс тяги, расходный комплекс, характеристическая скорость, коэффициент камеры, коэффициент тяги сопла, удельная масса. Потери энергии в камере ЖРД.

2. Основные топливные пары для ЖРД, их преимущества и недостатки.

3. Тепловой расчёт камеры ЖРД. Расчет состава и параметров продуктов сгорания в камере сгорания, в различных сечениях камеры и на срезе сопла. Термодинамические основы расчетов. Программы расчётов на ЭВМ.

4. Устройство камеры ЖРД, Смесительная головка, камера сгорания, тракт внешнего охлаждения, сопло Лавалля, насадок радиационного охлаждения. Выбор и определение основных параметров камеры сгорания.

5. Устройство смесительных головок камер. Виды смесительных элементов и форсунок. Особенности их применения. Методы расчетов. Неустойчивость процесса горения в камере ЖРД.

6. Организация охлаждения камеры ЖРД. Параметры теплообмена в камере сгорания и сопле. Основы методов расчета конвективных тепловых потоков на основе решения уравнений пограничного слоя и на основе теории подобия. Способы интенсификации теплообмена. Теплозащитные покрытия и механизмы их разрушения. Лучистый теплообмен в условиях камеры сгорания и сопла РД. Расчет лучистого теплового потока.

7. Газогенераторы ЖРД (окислительные и восстановительные). Их устройства и применение для различных видов ЖРД. Основы расчётов их энергетических параметров.

8. Принципиальные схемы ТНА. Расчет основных параметров турбин и насосов ТНА. Совместная работа насосов с турбиной. Факторы, определяющие экономичность системы ТНА. Потери в насосах, турбинах и магистралях.

9. Динамика и регулирование ЖРД. Регулирование тяги ЖРД с дожиганием. Разработка двигателей с глубоким регулированием тяги. Системы зажигания ЖРД.

3. Электроракетные двигатели и энергетические установки космических аппаратов (КА)

3.1. Двигательные, энергетические и энергосиловые установки.

1. Классификация, принципиальные схемы и основные характеристики источников энергии: солнечных, химических, ядерных и радиоизотопных.

2. Теплообменные аппараты и холодильники-излучатели.

3. Представление о механизмах ускорения рабочего тела в ЭРД.

4. Классификация ЭРД. Рабочие процессы в двигателях.

3.2. Источники плазмы и заряженных частиц.

1. Электронная баллистика. Основные формулы

2. Катодная электроника. Термоэлектронная и автоэлектронная эмиссия.

Физические процессы и основные зависимости. Влияние электрических полей и плазмы на эмиссионные характеристики. Вторичная электронная и ионная эмиссия, адсорбация и десорбация, испарение и катодное распыление.

3. Физика плазмы. Основные формулы. Ионизация.
4. Ускорение плазмы и заряженных частиц. Различные механизмы ускорения. Классификация ускорителей и двигателей.

3.3. Двигатели с тепловым ускорением потока (термические двигатели).

1. Электронагревные двигатели (ЭНД). Схемы и особенности рабочих процессов.
2. Электродуговые двигатели — ЭДД. Схемы и принципы действия. Особенности рабочих процессов.
3. Импульсные плазменные двигатели с тепловым ускорением. Принципы работы движителей с газообразным рабочим телом, с жидкими и твердыми диэлектриками.

3.4. Двигатели с электромагнитным ускорением плазмы.

1. Особенности течения плазмы в двигателях. Одномерные и двумерные МГД-течения плазмы. Характерные области течения и процессы в них.
2. Схемы и принципы действия плазменных двигателей с электромагнитным ускорением плазмы. Особенности рабочего процесса магнитоплазодинамических двигателей с собственным магнитным полем. Предельные режимы. Характеристики.
3. Торцевые холловские двигатели. Схемы и принципы действия.. Роль отдельных механизмов ускорения и создания тяги. Влияние внешнего магнитного поля на характеристики.
4. Импульсные плазменные двигатели с электромагнитным ускорением. Схемы и принципы действия. Модели ускорения рабочего тела. Расчет параметров и характеристик двигателей.
5. Двигатели с замкнутым дрейфом электронов. (Стационарные плазменные двигатели и двигатели с анодным слоем). Особенности рабочего процесса. Характеристики. Основные формулы. Ресурс работы. Рабочие процессы катодов-компенсаторов.

3.5. Двигатели с электростатическим ускорением.

1. Процессы ускорения ионов и плазмы электрическим полем. Ионно-оптические системы. Влияние различных факторов на фокусировку ионов и плазмы.
2. Нейтрализация ионного потока. Рабочие процессы катодов-компенсаторов.
3. Ионные двигатели. Схемы и принципы действия поверхностных и объемных источников ионов. Основные процессы в источниках ионов. Взаимосвязь процессов в источнике ионов и ионно-оптической системе.
4. Расчет параметров и характеристик ионных движителей. Основные потери массы, импульса и энергии. Особенности рабочих процессов в движителях на переменном токе.

3.6. Выбор рабочих тел для ЭРДУ. Зависимость выбора рабочего тела от типа ЭРД.

1. Основные системы, обеспечивающие работу электроракетной двигательной установки (ЭРДУ) как сложного комплекса элементов различного назначения. Структурная схема ЭРДУ.
2. Системы хранения и питания рабочим телом (СХПРТ). Зависимость схемы СХПРТ от выбора рабочего тела.
3. Системы питания электроэнергией.
4. Взаимосвязь параметров и характеристик систем питания с параметрами и характеристиками движителей, их системами и другими элементами ЭРДУ и ЭСУ.

4. Проектирование конструкций тепловых, электроракетных двигателей и энергетических установок летательных аппаратов

4.1. Процесс проектирования и его особенности.

1. Формализация процесса проектирования по стадиям и задачам.
2. Стадии процесса проектирования, цели и возможности применения для них САПР. Классификация, особенности и разновидности САПР.

3. Принципы интерактивного проектирования.
4. Особенности системного подхода к проектированию. Иерархия процесса проектирования. Уровень концепции.
5. Методы решения задач параметрического анализа. Однокритериальная и многокритериальная оптимизация. Выбор критериев оптимальности.
6. Методы принятия решений проектировщиком. Критерии выбора.

4.2. Автоматизация проектирования и конструирования.

1. Понятие системного подхода к построению САПР.
2. Двигатель как сложная система и принципы ее декомпозиции. Понятие информационной модели САПР.
3. Математическое моделирование процесса проектирования.
4. Интуитивная концептуальная модель и ее усложнение по мере учета различных факторов.
5. Понятие верификации действий.
6. Типовые структуры подсистем САПР – проектирования, выпуска конструкторской документации, технологической подготовки производства.
7. Интегрированные системы конструирования и технологии.

4.3. Моделирование в САПР.

1. Математическое моделирование как средство исследования сложных технических подсистем двигателя.
2. Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям.
3. Основные задачи, возникающие при математическом моделировании с использованием САПР. Задачи гидрогазо-динамики. Задачи теплопередачи. Задачи прочности. Задачи динамики и регулирования.
4. Методы решения возникающих задач. Метод конечных элементов.
5. Компьютерная графика и геометрическое моделирование. Плоское и объемное моделирование.
6. Проектирование оптимальных систем и конструкций тепловых двигателей и энергетических установок.

Рекомендуемая основная литература

1. Машиностроение: Энциклопедия: Разд. IV. Расчет и конструирование машин / ред., ред. К.В. Фролов. - М. : Машиностроение, 2014 - Т.IV-22 : Ракетно-космическая техника : в 2-х кн., Кн.2, Ч.1 / ред. В.П. Легостаев. - 2014. - 563 с.
2. Теория и проектирование ракетных двигателей / Б. Т. Ерохин. - СПб. : Лань, 2015. - 608 с. : ил. - Библиогр.: с.581-583 . - Предм. указ.: с. 584-590
3. Беляев Е.Н., Чванов В.К., Черваков В.В. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей: Учебник. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МАИ, 2008
4. Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установок : учебное пособие / [Ю. И. Васютин [и др.]] ; под ред. Д. А. Ягодникова. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. - 223 с.