

Государственный научный центр Российской Федерации –  
федеральное государственное унитарное предприятие  
"Исследовательский центр имени М.В.Келдыша"  
(ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша")

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО генерального директора



В.В. Кошляков

« 03 » 2017 г.

## ПРОГРАММА

вступительных испытаний поступающих на обучение по программам  
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: 24.06.01 АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

НАПРАВЛЕННОСТЬ: 05.07.05 ТЕПЛОВЫЕ, ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ  
И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Форма проведения вступительных испытаний:

Вступительные испытания проводятся в устной форме. Для подготовки ответов поступающий использует экзаменационные листы.

Руководитель направления подготовки  
доктор технических наук, профессор

А.М. Губертов

« 27 » 03 2017 г.

## 1. Общие вопросы теории ракетных двигателей и энергоустановок

Типы ракетных двигателей (РД). Классификация РД. Ракетные двигатели на химических топливах: ЖРД, РДТТ, ГРД. Ядерные ракетные двигатели. Электроракетные двигатели. Лазерные, солнечные тепловые двигатели. Комбинированные двигатели на базе ЖРД. Особенности и области применения различных типов РД.

Уравнения тяги РД. Коэффициенты полезного действия РД (термический, тяговый, общий). Параметры и характеристики РД: удельный импульс тяги, коэффициент тяги сопла, удельная масса. Оценка потерь в камере РД. Расчет тяги и удельного импульса камеры РД с использованием газодинамических функций.

Устройство и оценка совершенства сопел. Режимы недорасширения и перерасширения. Тяга камеры при отрыве потока от стенок сопла. Анализ и оценка потерь в соплах.

Основные сведения о жидких, твердых и гибридных ракетных топливах и их физико-химические характеристики. Воспламенение топлив.

Основы расчетов термодинамических свойств продуктов сгорания.

Особенности конвективного теплообмена в камере сгорания и сопле. Методы расчета конвективного теплообмена в камере сгорания и сопле. Методы расчета конвективных тепловых потоков на основе решения уравнений пограничного слоя. Методы расчеты конвективного теплообмена на основе теории подобия, расчет лучистых тепловых потоков

Лучистый теплообмен в условиях камеры сгорания и сопла РД.

Теплозащитные покрытия и механизмы их разрушения.

Двигательные, энергетические и энергосиловые установки.

Классификация, принципиальные схемы и основные характеристики источников энергии: солнечных, химических, ядерных и радиоизотопных. Системы преобразования энергии в электрическую: турбомашинные, магнитогазодинамические, термоэмиссионные, термоэлектрические, электрохимические.

## 2. Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД)

Процессы в камере сгорания и их расчет. Выбор и определение основных параметров камеры сгорания.

Особенности и схемы теплозащиты стенок камеры ЖРД.

Неустойчивость рабочего процесса в ЖРД.

Типы систем подачи в ЖРД и области их применения.

Принципиальные схемы ТНА. Совместная работа насосов с турбиной. Потери в насосах, турбинах и магистралях.

Расчет и выбор оптимальных параметров ЖРД. Динамика и регулирование ЖРД. Типы ЖРД малой тяги: химические и электрохимические с каталитическим разложением.

Надежность, ресурс, многократность включения и применения ЖРД.

## 3. Ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ)

Основные сведения о физико-химических законах горения баллистических и смесевых ТРТ. Зависимости скорости горения ТРТ от давления и начальной температуры. Эрозионное горение.

Общие законы изменения формы элемента заряда в процессе горения. Типы зарядов ТРТ.

Сведения о газодинамических функциях. Расчет течения газов при различных формах зарядов ТРТ. Особенности двухфазных течений в камерах сгорания и соплах.

Способы регулирования тяги РДТТ по величине. Способы регулирования вектором тяги. Способы отсечки тяги. Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ.

Принципиальные схемы гибридных ракетных двигателей, модели горения в них. Расчет основных параметров рабочего процесса ГРД.

#### 4. Ядерные ракетные двигатели (ЯРД)

Основные схемы и параметры ЯРД. Основные показатели ЯРД с твердофазным реактором. Основные элементы и схемы, требования к ним. Основные характеристики рабочих тел.

Понятие о характеристиках рабочего процесса и основные показатели ЯРД с газофазным реактором.

#### 5. Комбинированные и другие типы ракетных двигателей

Использование рабочего тела из внешней среды. Эжекторные насадки. Жидкостные воздушные ракетные двигатели и их схемы. Лазерные РД.

#### 6. Электроракетные двигатели (ЭРД)

Ионизация атомов рабочего вещества, физические механизмы ионизации и основные зависимости. Физические механизмы ускорения плазмы и заряженных частиц, взаимодействие плазмы и заряженных частиц с электрическим и магнитным полем.

Классификация ЭРД, их основные характеристики принципы работы, области применения, направления развития.

Двигатели с замкнутым дрейфом электронов. Типы двигателей, особенности рабочих процессов и принципы расчета.

Ионные двигатели. Типы двигателей, особенности рабочих процессов, характеристики двигателей.

Источники электронов в электрических ракетных двигателях. Назначение, принципы работы и конструктивные схемы. Примеры технических характеристик.

Физические процессы, определяющие ресурс электрических ракетных двигателей различных типов.

#### 7. Энергоустановки

Энергоустановки и системы электроснабжения космических аппаратов, основные типы, состав, принципы действия, технические характеристики, области применения различных типов энергоустановок. Состав системы электроснабжения КА на основе солнечных батарей, примеры используемых солнечных энергоустановок космических аппаратов, направления совершенствования. Энергетический баланс на космическом аппарате, системы терморегулирования: основные типы, принцип действия, основные закономерности работы и расчетные зависимости.

Солнечные энергоустановки с фотоэлектрическим, машинным, термоэлектрическим преобразованием энергии, физические основы. Характеристики солнечного излучения в околоземном и межпланетном пространстве.

Фотоэлектрические преобразователи, физические основы работы и основные характеристики. Солнечные батареи, системы раскрытия, ориентации, резервирования. Характеристики и КПД солнечных батарей, направления повышения характеристик солнечных батарей – многокаскадные фотопреобразователи, системы с концентраторами солнечной энергии.

Энергетические установки космических аппаратов на основе ядерных реакторов. Основные типы систем преобразования тепловой энергии в электрическую, физические основы и основные закономерности рабочих процессов в термоэлектрических, термоэмиссионных и машинных системах преобразования, примеры реализации.

Особенности применения, характеристик и конструкции ядерных реакторов космических аппаратов. Энергетические установки на основе реактора, примеры реализации.

Круговая и теневая защиты от излучения, основные понятия. Способы управления нейтронным потоком и регулирования мощности реакторной установки.

Принципы обеспечения ядерной и радиационной безопасности применения ядерных источников энергии на космических аппаратах.

Системы отвода тепла, типы, принципы действия и основные расчетные зависимости, основные характеристики и примеры технической реализации.

Радиоизотопные источники энергии, назначение и основные параметры. Виды радиоактивных топлив. Особенности эксплуатации и примеры использования радиоизотопных источников.

Химические источники энергии. Основные типы и характеристики, области применения, примеры использования. Базовые процессы в химических аккумуляторах и батареях, направления

совершенствования. Состав и особенности конструкции аккумуляторной батареи. Основные процессы, определяющие ресурс аккумуляторов.

Энергетические установки с электрохимическими генераторами (ЭХГ). Виды электрохимических генераторов и топливных элементов принцип действия, основные закономерности и расчетные зависимости, примеры использования.

### Основная литература

Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1980.

Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. Кн.1,2/ Под ред. В.М. Кудрявцева. М.: Высшая школа, 1993.

Абутов Д.И., Бобылев В.М. Теория и расчет ракетных двигателей на твердом топливе. М.: Машиностроение, 1987.

Басард Р., Делауэр Р. Ядерные двигатели для самолетов и ракет. М.: Воениздат, 1967.

Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов. Квасников Л.А., Латышев Л.А., Пономарев-Степной Н.Н. и др. М.: Машиностроение, 2001.

Демянко Ю.Г., Конохов Г.В., Коротеев А.С. и др. Ядерные ракетные двигатели. М.: Норма-Информ, 2001.

Доктор технических наук  
профессор

В.В.Миронов

Доктор технических наук

А.В.Семенкин

Доктор технических наук

Д.А.Сидлеров