


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА»**

**УТВЕРЖДАЮ:**



Первый проректор – проректор  
по научно-исследовательской работе  
 Прокофьев А.Б.

**Программа вступительного испытания в аспирантуру  
по специальной дисциплине**

Научная специальность 2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и  
энергоустановки летательных аппаратов

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней специалист, магистр.

Разработчик программы:

Фалалеев С.В., заведующий кафедрой конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов, доктор технических наук, профессор.

Директор института двигателей  
и энергетических установок  
д.т.н., профессор



В.Г. Смелов



**Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине  
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»**

**1. ТЕОРИЯ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И  
ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ**

**1.1 Общие вопросы теории ВРД и ГТУ**

1.1.1 Принципы действия ВРД и ГТУ. Двигатели прямой и непрямой реакции. Основные параметры, характеризующие ВРД и ГТУ.

1.1.2 ВРД и ГТУ – как тепловые машины. Термодинамические циклы ВРД и ГТУ. Критерии эффективности двигателя как тепловой машины и их зависимость от основных параметров цикла. Оптимальные параметры цикла. Основные тенденции термодинамического развития ВРД и ГТУ. Пути совершенствования двигателей как тепловой машины.

1.1.3 ВРД – как движитель. Двигатели прямой и непрямой реакции. Эффективная и внутренняя тяга. Критерии эффективности двигателя как движителя и их зависимость от параметров движителя. Пути совершенствования ВРД как движителя.

**1.2 Основные элементы ВРД и ГТУ. Их характеристики**

1.2.1 Входные устройства. Назначение входных устройств и принципиальные схемы. Основные параметры, характеризующие их работу.

1.2.2 Сверхзвуковые входные устройства. Возможные типы входных устройств для сверхзвуковых скоростей полета. Физическая картина течения на различных режимах работы. Характеристики входных устройств. Показатели совершенства рабочего процесса во входных устройствах.

1.2.3 Выходные устройства. Принципиальные схемы дозвуковых и сверхзвуковых выходных устройств. Основные параметры, характеризующие их работу.

1.2.4 Сверхзвуковые выходные устройства. Сопло Лаваля и выходные устройства других схем. Сопло с центральным телом. Физическая картина течения на различных режимах работы. Принципы расчета и профилирования. Показатели совершенства рабочего процесса в выходных устройствах. Реверсивные устройства. Типы реверсов и их применение.

1.2.5 Камеры сгорания и топлива. Требования к камерам сгорания. Основные параметры, характеризующие их эффективность.

1.2.6 Схемы основных камер сгорания. Принципы организации рабочего процесса, выбора параметров и расчета. Характеристики камер сгорания.

1.2.7 Типы форсажных камер сгорания. Принципы организации рабочего процесса и расчета форсажных камер сгорания.

1.2.8 Показатели совершенства рабочего процесса в камерах сгорания.

1.2.9 Топлива ВРД и ГТУ. Основные требования к топливам. Принципиальные схемы подачи топлива в камеры сгорания. Углеводородные топлива: авиационные керосины и метан.

1.2.10 Жидкий водород – перспективное топливо. Основные преимущества и недостатки водорода по сравнению с другими топливами. Оценка эффективности применения топлив на летательных аппаратах.

1.2.11 Основные схемы и параметры авиационных компрессоров и турбин. Требования к компрессорам и турбинам.

1.2.12 Область и линия рабочих режимов на характеристиках компрессоров при их работе в системе ВРД. Границы устойчивой работы компрессора. Двух- и трехкаскадные компрессоры. Способы обеспечения устойчивости работы компрессоров.

1.2.13 Основные типы и параметры турбинных ступеней ВРД. Одноступенчатые и многоступенчатые турбины. Газодинамические, конструктивные особенности и КПД охлаждаемых турбин. Характеристики турбин. Основы расчета турбин и компрессоров, включая профилирование проточной части.

### **1.3 Газотурбинные двигатели (ГТД)**

1.3.1 Теоретические основы рабочего процесса ГТД. Критерии эффективности ГТД. Общий кпд и удельный расход топлива. Зависимость удельных параметров и общего кпд от параметров рабочего процесса и внешних условий. Оптимальные параметры двигателей и их зависимости от условий полета. Преимущества и недостатки различных типов ГТД, диапазон возможного применения по скорости и высоте полета.

1.3.2 Понятие расчетного режима работы двигателя. Цель и порядок проектного термогазодинамического расчета.

1.3.3 Высотно-скоростные и дроссельные характеристики. Методы расчета характеристик двигателя.

1.3.4 Совместная работа узлов и характеристики ГТД. Совместная работа узлов и характеристики газотурбинных двигателей с одним и несколькими управляющими факторами. Термогазодинамические основы управления двигателем. Управление и характеристики ТРД(Д), ТВД, ТваД и ТРД(Д)Ф.

1.3.5 Динамика ГТД. Виды переходных режимов. Требования к динамике современных авиационных двигателей. Особенности процессов приемистости и сброса газа у многовальных ГТД. Пути улучшения приемистости. Общая характеристика процесса запуска ГТД.

1.3.6 Воздействие двигателей на окружающую среду. Шум авиационных двигателей. Основные физические понятия и нормы на допустимый уровень шума. Внешние и внутренние источники шума в двигателях. Способы снижения шума двигателей. Вредные выбросы авиационных двигателей.

1.3.7 Согласование силовой установки и самолета. Силовая установка самолета. Требования, предъявляемые к силовой установке летательного аппарата различного назначения. Эффективные характеристики и масса силовой установки. Влияние параметров и типа двигателя на удельную массу. Критерии оценки эффективности самолетов. Проблемы комплексного выбора параметров силовой установки по самолетным критериям эффективности.

### **1.4 Прямоточные, комбинированные и ядерные ВРД**

1.4.1 Принципиальные схемы прямоточных и основных типов комбинированных двигателей. Возможные области применения. Виды топлив, используемых этими двигателями.

1.4.2 Прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД). Удельные параметры ПВРД и их зависимость от параметров рабочего процесса и условий полета. Особенности рабочего процесса гиперзвукового прямоточного двигателя.

1.4.3 Комбинированные ВРД. Турбопрямоточные двигатели. Ракетно-турбинные двигатели. Схемы, рабочий процесс. Области применения этих двигателей. Комбинированные двигатели для воздушно-космических самолетов.

### **1.5 Вопросы надежности и испытаний ВРД**

1.5.1 Надежность авиадвигателей. Основные понятия и методы оценки надежности. Контроль состояния двигателей. Основные методы и средства контроля состояния. Ресурс. Виды ресурсов и методы их назначения. Модульный принцип конструирования двигателей. Система эксплуатации двигателей по техническому состоянию и принципы ее построения.

1.5.2 Испытания ВРД. Виды и назначение испытаний. Устройство и основные элементы стендов для испытания двигателей, компрессоров, турбин. Способы создания высотно-скоростных условий.

## **2. ТЕОРИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

### **2.1 Общие вопросы теории ракетных двигателей**

2.1.1 Ракетные двигатели, их отличительные особенности и функции. Реактивные и ракетные двигатели. Источники энергии и массы для ракетных двигателей (РД). Принципиальная схема РД. Классификация РД. Ракетные двигатели на химическом топливе: жидкостные ракетные

двигатели (ЖРД), ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ), гибридные ракетные двигатели, ракетные двигатели малой тяги (РДМТ). Электроракетные двигатели (ЭРД) и ядерные ракетные двигатели (ЯРД). Принцип работы, отличительные особенности и области применения различных типов РД.

2.1.2 Основные параметры камеры и двигателя. Тяга камеры, вывод и анализ уравнения тяги. Основные составляющие тяги камеры сгорания и место их приложения. Удельные параметры камеры: удельный импульс тяги, расходный комплекс и характеристическая скорость, тяговый комплекс и коэффициент тяги. Основные параметры РД: тяга, суммарный импульс, мощность, удельный импульс тяги, удельная масса. Расчет тяги и удельного импульса тяги при наличии скачка уплотнения в сопле.

2.1.3 Термодинамический расчет РД. Задачи термогазодинамического расчета. Модели рабочего тела и процессов. Исходные данные для термогазодинамического расчета. Представление данных об элементарном составе компонентов и топлива. Параметры двухкомпонентного и многокомпонентного топлива. Соотношение компонентов в двухкомпонентном топливе. Энтальпия и энтропия компонентов топлива и топлива. Справочные данные о компонентах топлива и продуктов их сгорания. Основы расчета равновесных состояний и процессов в камере. Расчет равновесного состояния гомогенной смеси продуктов сгорания при постоянных давлении и температуре. Термодинамический расчет процессов горения и течения по соплу на основе равновесных состояний при  $p, T = \text{const}$ . Особенности расчета замороженного течения. Расчеты гетерогенных продуктов сгорания. Определение термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания. Анализ зависимостей термодинамических и теплофизических свойств продуктов сгорания от основных факторов. Влияние соотношения компонентов топлива, давления в камере сгорания, степени расширения рабочего тела в сопле.

2.1.4 Течение рабочего тела в соплах РД. Сопла ракетных двигателей. Теоретические основы построения профиля сопла Лавалья. Режимы работы с недорасширением и перерасширением рабочего тела. Оценка совершенства процессов в сопле. Определение потерь удельного импульса из-за рассеяния, геометрических отклонений контура сопла, трения, химической и энергетической неравновесности, многофазности. Коэффициент расхода сопла. Методы профилирования сопел РД. Построение коротких профилированных сопел. Кольцевые сопла и сопла с центральным телом. Двухфазное неравновесное течение в соплах РД. Методы оптимизации контура сопла при течении двухфазных потоков. Отрывные течения в соплах. Тяга на режиме перерасширения с отрывом потока.

2.1.5 Теплообмен в РД. Вязкое течение рабочего тела. Конвективный теплообмен и трение. Уравнения пограничного слоя. Особенности конвективного теплообмена в камере сгорания и сопле РД. Методы расчета конвективных тепловых потоков на основе решения уравнений пограничного слоя. Метод В.М. Иевлева. Расчет конвективного теплообмена на основе теории подобия. Отрывные течения за торцевыми поверхностями в соплах с резким изломом контура. Особенности расчета при наличии скачка уплотнения в закритической части сопла. Лучистый теплообмен в камере сгорания и сопле РД. Радиационные параметры объема и поверхности. Расчет лучистых тепловых потоков.

2.1.6 Характеристики РД. Статические характеристики РД. Высотная характеристика. Характеристика двигателя с идеально регулируемым по высоте соплом. Применение двухпозиционных сопел и высотная характеристика камеры с таким соплом. Дроссельная или расходная характеристика РД. Дроссельные характеристики ЖРД с дожиганием и без дожигания генераторного газа. Особенности глубокого дросселирования. Принципы построения модели для расчета влияния отклонений параметров на основные параметры двигателя.

## 2.2 *Жидкостные ракетные двигатели*

2.2.1 Основы выбора схемы и параметров ЖРД. Состав и классификация ЖРД. ЖРД с вытеснительными системами подачи топлива. Оптимизация параметров ЖРД с вытеснительной системой подачи топлива. Определение запаса газа вытеснения. Схемы ЖРД с насосной системой подачи топлива без дожигания и с дожиганием генераторного газа, их особенности и области применения. Расчеты оптимального давления в камере при насосной системе подачи топлива. Выбор типа системы подачи топлива. Определение запаса топлива для турбонасосной подачи в двигатель без дожигания генераторного газа. Определение параметров системы подачи в ЖРД с дожиганием

генераторного газа. Многокамерные ЖРД. Системы управляющих моментов и сил.

2.2.2 Жидкие ракетные топлива. Классификация жидких ракетных топлив (ЖРТ) и требования к ним. Физико-химические свойства окислителей и горючих. Основные применяемые топлива и их характеристики. Оценка экологичности ЖРТ и продуктов их сгорания. Осваиваемые и перспективные топливные композиции. Металлосодержащие, гелеобразные и псевдожидкие топлива. Оценка эффективности и экологичности ЖРТ.

2.2.3 Рабочий процесс в камере сгорания. Общая физическая картина рабочего процесса в камере ЖРД и ее структурная схема. Требования к организации смесеобразования в ЖРД, работающих по схеме "жидкость-жидкость", "газ-жидкость", "газ-газ". Теория и расчет структурных и центробежных форсунок жидких компонентов топлива. Особенности расчета двухкомпонентных жидкостных центробежных форсунок с внешним и внутренним смешением. Расчет форсунок с учетом вязкости компонентов. Спектр распыла и распределение расходонапряженности форсунок.

2.2.4 Распыливание и смешение компонентов топлива смесительными головками камеры сгорания. Движение, вторичное дробление, прогрев и испарение капель в среде продуктов сгорания. Особенности массообмена между фазами. Турбулентное перемешивание газов в камере сгорания. Воспламенение и горение. Диффузионное гомогенное, гетерогенное и квазигетерогенное горение. Механизм горения в камере сгорания ЖРД и построение математической модели горения. Оценка совершенства процессов в камере сгорания. Обобщенные характеристики процессов. Выбор и расчет объема и относительной площади камеры сгорания.

2.2.5 Тепловое состояние и защита стенок камеры ЖРД. Основные способы защиты стенок камеры ЖРД. Особенности теплоотдачи от продуктов сгорания к стенкам камеры сгорания и сопла. Наружное проточное регенеративное охлаждение. Охлаждающие свойства различных компонентов топлива. Наружное радиационное охлаждение и его расчет. Внутреннее охлаждение. теплоизоляционная защита и комбинированные способы защиты стенок. Физические основы и методы расчета наружного и внутреннего охлаждений. Особенности расчета тепловых потоков в стенку при завесном и транспирационном охлаждении. Оценка потерь удельного импульса тяги в связи с организацией защиты стенок камеры.

2.2.6 Неустойчивость рабочего процесса в ЖРД. Неустойчивый режим работы ЖРД и классификация типов неустойчивости. Физические основы возникновения низкочастотных, среднечастотных и высокочастотных колебаний параметров рабочего тела в объеме камеры сгорания или газогенератора. Теория низкочастотной неустойчивости и методы ее подавления. Среднечастотная неустойчивость. Высокочастотная неустойчивость и ее подавление изменением характеристик смесеобразования, изменением акустических свойств камеры сгорания и акустическими демпферами. Методы оценки устойчивости рабочего процесса при испытании ЖРД.

2.2.7 Теория турбонасосной системы подачи топлива и ее элементов. Турбонасосная система подачи компонентов, Классификация схем и типов ее агрегатов. Принципиальные схемы турбонасосного агрегата (ТНА). Общая теория лопаточных машин. Теория центробежного и шнекового насосов. Кавитация и борьба с ней в насосах. Теория ступени турбины. Многоступенчатые турбины. Расчет основных параметров турбин и насосов ТНА. Совместная работа насосов с турбиной. Факторы, определяющие экономичность ТНА. Оценка потерь в насосах, турбинах и магистралях. Пути повышения экономичности ТНА. Оптимизация параметров ТНА.

2.2.8 Динамические процессы и регулирование ЖРД. ЖРД как объект регулирования и его особенности. Основные требования к системе регулирования ЖРД. Устойчивость и точность системы регулирования. Взаимосвязь процессов в двигателе и динамические характеристики двигателя. Принципы расчета динамических характеристик двигателя. Запуск двигателя. Особенности процессов в элементах двигателя при запуске. Останов ЖРД И переходные процессы при этом. Импульс последствия и пути его уменьшения.

2.2.9 Жидкостные ракетные двигатели малой тяги. Назначение, особенности и классификация ЖРДМТ. Режимы работы ЖРДМТ. Диаграмма работы и основные динамические параметры. Расходный комплекс и удельный импульс на импульсном режиме работы. Двухкомпонентные ЖРДМТ. Особенности рабочих процессов и тепловой защиты. Характеристики ЖРДМТ. Однокомпонентные ЖРДМТ. Особенности проектирования ЖРДМТ.

2.2.10 Основные тенденции и перспективы развития ЖРД. Разработка, освоение и внедрение новых, более энергетически эффективных и экологически чистых топлив. Металлосодержащие топлива. Перспективы применения легких металлов в качестве горючих. Оптимизация основных режимных и конструктивных параметров двигателя, его схемы. Совершенствование параметрической оптимизации. Повышение конструктивного совершенства двигателя, надежности, ресурса. Разработка ЖРД многоразового применения и многократного включения. Совершенствование методов теории и моделирования. Разработка, внедрение и совершенствование САПР ЖРД.

### 2.3 *Теория ракетных двигателей на твердом топливе*

2.3.1 Общие сведения и твердые ракетные топлива. Состав, схемы, устройство и отличительные особенности РДТТ. Классификация РДТТ. Заряды в РДТТ, их типы и формы. Система управления вектором тяги, Основные принципы создания управляющих моментов и сил.

2.3.2 Требования к твердым ракетным топливам. Двухосновные ТРТ, их состав и характеристики. Смесевые ТРТ. Состав и характеристики смесевых топлив. Влияние плотности топлива и плотности заряжения камеры сгорания на идеальную скорость ракеты.

2.3.3 Теория стационарного горения твердых ракетных топлив. Механизмы горения двухосновного и смесевого топлив. Шлакообразование и агломерация при горении металлосодержащих смесевых топлив. Скорость горения ТРТ как основной проектный параметр. Зависимость скорости горения топлива от давления и начальной температуры. Горение ТРТ в условиях обдува горячей поверхности продуктами сгорания. Эрозионное горение, скорость эрозионного горения. Влияние на скорость горения напряженного состояния заряда, размера частиц окислителя, технологии изготовления заряда. Горение заряда в условиях полетных перегрузок. Методы регулирования скорости горения.

2.3.4 Газотермодинамика процессов в камере сгорания РДТТ. Математическая модель пространственного движения продуктов сгорания в камере двигателя в общем случае. Модель квазиодномерного движения продуктов сгорания для нестационарного и квазистационарного режимов. Использование газодинамических функций. Расчет движения продуктов сгорания при различных формах заряда и в предсопловом объеме камеры. Геометрия выгорания заряда.

2.3.5 Нестационарные режимы работы РДТТ. Предельные явления при горении ТРТ. Процесс воспламенения основного заряда ТРТ. Выбор типа и массы заряда воспламенительного устройства. Методы определения массы воспламенения. Расчет изменения давления в камере при запуске двигателя. Нульмерная и одномерная математические модели для определения изменения давления и температуры рабочего тела в камере РДТТ. Горение твердых ракетных топлив в нестационарных условиях. Изменение давления в камере после полного выгорания заряда в ТРТ. Влияние уноса массы в районе критического сечения сопла на рабочий процесс РДТТ. Программированное регулирование внутрибаллистических параметров.

2.3.6 Разброс параметров и регулирование РДТТ. Статические характеристики РДТТ. Разброс баллистических параметров РДТТ. Причины отклонения параметров от номинального значения и их анализ. Способы уменьшения разброса баллистических параметров, использование методов математического моделирования. Способы регулирования величины тяги двигателя в предстартовых и полетных условиях. Устройства для изменения направления вектора тяги РДТТ и их анализ. Отсечка тяги. Пути создания РДТТ с многократным включением.

2.3.7 Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ. Виды неустойчивости. Механизмы возникновения неустойчивого горения. Низкочастотная неустойчивость. Влияние на низкочастотные колебания давления и приведенной длины камеры. Особенности высокочастотной неустойчивости в РДТТ. Акустическая проводимость поверхности горения заряда ТРТ. Способы подавления неустойчивости в РДТТ.

2.3.8 Тепловое состояние элементов РДТТ и их защита. Сопряженный тепло-массообмен в РДТТ. Теплоотдача к элементам конструкции РДТТ. Особенности теплообмена при двухфазном течении продуктов сгорания ТРТ. Характерные области расчета. Основные способы тепловой защиты элементов конструкции: радиационное, внутреннее, емкостное, абляционное охлаждения и теплоизоляционные покрытия. Комбинированные системы защиты. Оценка последствий уноса массы. Защита элементов двигателя от химического и механического воздействия потоков продуктов

сгорания.

2.3.9 Перспективы развития РДТТ. Разработка и освоение новых высокоэффективных и экологически чистых твердых ракетных топлив. Применение новых конструкционных материалов, освоение композиционных материалов. Совершенствование конструкции двигателей. Разработка двигателей с отдельным зарядом, регулированием тяги, многократного запуска и многоразового использования. Совершенствование методов теории и математического моделирования. Разработка и использование гибридных экспертных САПР РДТТ.

#### **2.4 Электрические ракетные двигатели**

Электроракетные двигательные установки и электрические ракетные двигатели космических аппаратов. Способы ускорения рабочего тела в ЭРД. Классификация ЭРД. Схемы, принцип действия и устройство теплообменных и электродуговых ЭРД. Электростатические ракетные двигатели, их классификация.

Ионный ракетный двигатель, его схема и принцип действия. Электромагнитные ракетные двигатели, их классификация и особенности. Электромагнитный ракетный двигатель с линейным  $E \times H$  ускорителем. Торцовый электромагнитный двигатель с собственным магнитным полем и принцип его работы. Импульсные электромагнитные двигатели. Рельсотрон эрозионного типа. Рабочие тела ЭРД и их параметры. Виды дуговых разрядов и их особенности. Плазма и ее взаимодействие с твердым телом.

#### **2.5 Ядерные ракетные двигатели**

Ядерные источники энергии. Общие сведения об ЯРД и ядерные топлива. Тепловыделяющие элементы. Теплофизический расчет и распределение тепла в ядерном реакторе. Охлаждение ТВЭЛов и особенности теплообмена в каналах. Диффузия и замедление нейтронов. Схема, принцип действия и устройство ЯРД деления с твердой активной зоной. Ядерный ракетный двигатель с газовой активной зоной. Гипотетический термоядерный ракетный двигатель и проблемы его создания. Системы управления и защиты в ЯРД. Испытания ЯРД и обеспечение радиационной безопасности.

#### **2.6 Теория и расчет энергетических установок космических аппаратов**

2.6.1 Общие сведения об энергетических системах КА. Источник массы и энергии на борту КА. Энергетическая система космического аппарата. Назначение, состав, иерархическая структура и принципиальная схема энергетических систем КА. Классификация и условия эксплуатации энергетических систем КА. Первичные внешние и бортовые источники массы и энергии для КА и их характеристика. Направления трансформации используемых и перспективных первичных видов энергии и требуемые на борту виды энергии. Энергетические установки КА. Назначение, состав, общая принципиальная схема ЭУ КА. Двигательные установки КА и их классификация.

2.6.2 Основные закономерности преобразования энергии в энергетических установках КА. Методы непосредственного преобразования энергии. Характерный вид электрических цепей непосредственного преобразования энергии. Потенциальные барьеры на границе контакта проводников с различным типом проводимости. Динамическое равновесие токов разнородных носителей у потенциальных барьеров для разомкнутой и замкнутой электрических цепей. Идеальный и реальный циклы непосредственного преобразования энергии в  $T-S$  координатах и их анализ. Методы прямого преобразования энергии. Машинные методы преобразования энергии. Характерные схемы и термодинамические циклы машинных методов и их анализ.

2.6.3 Энергетические установки с фотоэлектрическими преобразователями. Фотоэлектрическое преобразование энергии. Явления внутреннего фотоэффекта и фотопроводимости. Схема возникновения фотоэлектродвижущей силы. Устройство и принцип работы фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Работа ФЭП под нагрузкой. Вольтамперные характеристики, мощность и КПД ФЭП. Энергетические установки с солнечными батареями. Панели солнечных батарей. Механизмы их развертывания, фиксации и ориентации на Солнце. Факторы, снижающие КПД ФЭП и их анализ. Пути совершенствования ЭУ с ФЭП. Деградация ФЭП от космической радиации и пути ее снижения.

2.6.4 Энергетические установки с термоэлектрическим преобразованием.



Термоэлектрическое преобразование энергии. Устройство термоэлектрических преобразователей (ТЭЛП). Принцип работы и характеристики ТЭЛП. Возможные схемы расположения ТЭЛП в модуле термоэлектрического генератора. Радиоизотопная энергетическая установка с ТЭЛП. Энергетическая установка с ядерным реактором деления. Радиационная защита членов экипажа и элементов КА.

2.6.5 Энергетические установки с электрохимическими преобразователями. Сущность электрохимического преобразования энергии. Схема и принцип действия электрохимического преобразователя (ЭХП) на примере водородно-кислородного топливного элемента. Классификация ЭХП. Гальванические элементы и аккумуляторы. Устройство и основные характеристики топливных элементов. Энергетические установки с ЭХП.

2.6.6 Энергетические установки с термоэмиссионными преобразователями. Принцип термоэмиссионного преобразования энергии. Схема простейшего термоэмиссионного преобразователя (ТЭП) и его принцип действия. Классификация ТЭП. Режимы работы реальных ТЭП. Энергетическая установка на ядерном реакторе деления с твердой активной зоной. Устройство и принцип работы электрогенерирующего канала. Энергетическая установка с ТЭП на радиоизотопном источнике тепла или от Солнца.

### *3. ТЕОРИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ*

3.1 Идеальные циклы тепловых машин (Карно, Отто, Дизель, Тринклер). Отличия свойств реального и идеального рабочих тел поршневых двигателей. Термический КПД цикла с подводом тепла при постоянном объеме. Влияние степени сжатия на термический КПД и максимальное давление в цикле. Отличия рабочего цикла поршневого двигателя от идеального термодинамического цикла. Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя с наполнением из атмосферы и с искровым зажиганием. Индикаторная диаграмма четырехтактного поршневого двигателя с наддувом и с искровым зажиганием. Индикаторная диаграмма двухтактного поршневого двигателя.

3.2 Периоды газообмена и показатели качества этого процесса в четырехтактном поршневом двигателе. Процесс наполнения цилиндра рабочим телом. Коэффициент наполнения (понятие и вывод расчетной формулы). Его предельное значение. Влияние на процесс наполнения цилиндра рабочим телом гидравлического сопротивления впускной системы двигателя и наличия в цилиндре остаточных газов. Влияние на коэффициент наполнения рода применяемого топлива и наддува двигателя. Влияние на коэффициент наполнения степени сжатия, температуры воздуха на входе в двигатель и частоты вращения коленчатого вала.

3.3 Процесс сжатия в реальном поршневом двигателе. Особенности его расчета.

3.4 Горючее и окислитель, применяемые в поршневых двигателях. Расчет их соотношения в топливо-воздушной смеси. Принципы классификации распыливающих устройств. Смесеобразование в двигателях с искровым зажиганием. Смесеобразование в дизельных двигателях.

3.5 Требования к организации процесса горения в поршневых двигателях. Механизм окисления углеводородов и образование токсичных компонентов в продуктах сгорания. Теория поверхностного горения. Теория объемного горения. Влияние различных факторов на турбулентное горение однородной смеси. Нормальное горение. Влияние режимных и конструктивных факторов на процесс горения топливо-воздушной смеси в поршневых двигателях. Порядок расчета процесса горения при тепловом расчете поршневого двигателя. Детонационное горение. Факторы, способствующие возникновению детонации.

3.6 Процесс расширения рабочего тела в реальном поршневом двигателе. Особенности его расчета.

Процесс выпуска отработавших газов из цилиндра двигателя.

3.7 Индикаторные параметры поршневого двигателя. Влияние на индикаторные параметры рода применяемого топлива и конструктивных параметров двигателя. Влияние на индикаторные параметры факторов, определяющих режим работы двигателя.

3.8 Общие сведения о расчете рабочего процесса поршневого двигателя. Структура и особенности теплового расчета четырехтактного поршневого двигателя. Структура и особенности теплового расчета двухтактного поршневого двигателя. Задачи и структура термохимического

расчета. Основные определяемые величины.

3.9 Механические потери в поршневых двигателях. Способ их оценки и методы экспериментального определения. Зависимость механических потерь от конструктивных и режимных факторов.

3.10 Преимущества и недостатки двухтактных поршневых двигателей в сравнении с четырехтактными. Петлевая система газообмена в двухтактных двигателях. Прямоточная система газообмена в двухтактных двигателях. Время-сечение органов газообмена, его изменение по углу поворота коленчатого вала, особенности процесса газообмена в двухтактных поршневых двигателях.

3.11 Общие понятия о характеристиках поршневых двигателей. Методы их получения. Характеристика поршневого двигателя по углу опережения зажигания. Характеристика по составу топливо-воздушной смеси. Внешняя и частичные скоростные характеристики поршневого двигателя. Винтовая (дроссельная) характеристика. Высотная характеристика авиационного поршневого двигателя без наддува.

3.12 Экологические характеристики ДВС. Пути уменьшения влияния вредных веществ (СН, СО, NOx, бензоперена) в выхлопе ДВС на окружающую среду.

3.13 Измерение крутящего момента двигателя. Механические и гидравлические тормоза. Электрические и индукторные тормоза. Условия устойчивой совместной работы двигателя и тормоза.

3.14 Перспективы улучшения энергетической эффективности ДВС. Применение в ДВС наддува, регенерации тепла, перспективных способов подготовки топливо-воздушной смеси. Использование энергии выхлопных газов в ДВС. Новые кинематические схемы построения ДВС.

3.15 Энергоресурсосберегающие технологии в энергоустановках.

## **4 КОНСТРУИРОВАНИЕ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК**

### **4.1 Общие вопросы проектирования ВРД**

Разновидности типов и конструкций современных ВРД, области их применения, важнейшие технические требования, предъявляемые к авиационным двигателям. Понятие об общей методике проектирования ВРД.

### **4.2 Конструкция и проектирование ВРД**

4.2.1 Классификация ВРД по их составным частям и назначению. Конструктивные и силовые схемы ВРД. Основные компрессоры, разновидности их конструкций. Газодинамические и инерционные усилия, действующие на основные части компрессоров. Выбор конструкции роторов и корпусов компрессоров, их проектирование, применяемые материалы. Радиальные зазоры. Центробежные компрессоры, их конструкция и проектирование. Конструкция элементов систем управления компрессором. Конструктивные меры борьбы с вибрацией лопаток. Проблемы, связанные с созданием конструкции вентилятора.

4.2.2 Газовые турбины. Выбор конструктивных схем. Условия работы деталей газовых турбин, действующие на них нагрузки. Конструкция и проектирование роторов и корпусов газовых турбин. Системы охлаждения турбин. Управление радиальными зазорами. Применяемые материалы.

4.2.3 Расположение и конструкция опор роторов ВРД. Требования к конструкции опор. Методы расчета опор на прочность. Выбор смазки опор. Формирование масляной полости. Проектирование проточной части опор.

4.2.4 Основные камеры сгорания. Назначение и требования к конструкции камер сгорания. Выбор типа камеры сгорания и конструкции жаровой трубы. Розжиг камеры сгорания. Конструктивные пути снижения эмиссии. Расчет на прочность элементов камер сгорания. Применяемые материалы.

4.2.5 Форсажные камеры сгорания. Назначение и требования к конструкции. Выбор конструкции форсажной камеры. Статическая и динамическая прочность форсажной камеры. Применяемые материалы.

4.2.6 Реактивные сопла. Назначение и требования к конструкции. Выбор конструктивной схемы. Конструкция и разновидности механизмов управления реактивными соплами. Реверсы тяги.

Назначение и функции реверсивных устройств, их классификация. Выбор конструктивной схемы и элементов конструкции реверсивного устройства. Расчеты на прочность элементов конструкций сопел. Применяемые материалы. Снижение шума реактивной струи.

4.2.7 Редукторы, их кинематические схемы, разновидности конструкций. Расчет деталей редукторов на прочность. Применяемые материалы.

4.2.8 Основные вопросы проектирования общей конструкции двигателя. Модульность конструкций двигателей, система главных разъемов корпусов. Системы охлаждения двигателя, перепуска и отбора воздуха, дренажирования полостей, конструкция систем уплотнений. Системы смазки подшипников роторов, обеспечение надежности работы системы смазки. Проектирование трубопроводов.

4.2.9 Конструкция прямооточных ВРД. Дозвуковые и сверхзвуковые входные устройства прямооточных ВРД. Системы их регулирования. Реактивные сопла. Особенности конструкций камер сгорания. Системы и агрегаты подачи топлива в камеры сгорания. Конструкция корпусов и устройств подвески прямооточных ВРД.

### **4.3 Динамика и прочность конструкций**

4.3.1 Современные методы расчета напряженно-деформированного состояния и колебаний элементов конструкции ВРД. Основные соотношения теории упругости. Основы метода конечных элементов.

4.3.2 Методы оценки статической прочности рабочих лопаток компрессоров и турбин различных конструкций. Действующие усилия, возникающие напряжения, запасы прочности. Особенности расчета турбинных лопаток. Температурные напряжения, ползучесть материала, малоцикловая прочность.

4.3.3 Методы оценки статической прочности дисков турбин и компрессоров. Запасы прочности. Расчет дисков, находящихся в упруго-пластическом состоянии. Деформация и напряжения изгиба дисков.

4.3.4 Методы оценки прочности и ползучести высокотемпературных элементов конструкций камер сгорания. Методы повышения прочностной надежности двигателей.

4.3.5 Динамические системы газотурбинных двигателей и их моделирование. Собственные частоты и формы колебаний роторно-корпусных систем двигателя. Причины возникновения вибраций и резонансные явления в динамических системах двигателя. Моделирование амплитудно-частотных характеристик двигателя.

4.3.6 Колебания рабочих лопаток турбин и компрессоров, методы их расчета. Причины, вызывающие колебания лопаток, резонансные частоты вращения роторов. Пути устранения опасных вибраций лопаток.

4.3.7 Совместные колебания лопаток и дисков на рабочих режимах двигателей. Критические частоты вращения дисков турбин и компрессоров. Методы расчета собственных и резонансных колебаний систем диск-лопатки.

4.3.8 Колебания роторов в форме регулярных и нерегулярных прецессий. Методы расчета собственных форм и частот прецессирования роторов. Критические частоты вращения роторов. Другие причины возникновения резонансных колебаний роторов. Способы борьбы с опасными вибрациями роторов. Упруго-демпферные опоры роторов, их расчет и проектирование.

4.3.9 Автоколебательные и нестационарные процессы в конструкциях двигателей. Методы оценки усталостной прочности и вибрационной надежности двигателей.

## **5 КОНСТРУИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **5.1 Общие вопросы проектирования**

5.1.1 Области применения ЖРД, сравнение с другими типами двигателей летательных аппаратов. Классификация ЖРД. Требования, предъявляемые к ЖРД в зависимости от сфер применения.

5.1.2 Пневмогидросхемы (ПГС) ЖРД, общие требования к ПГС, специфические требования к ПГС. Примеры ПГС различных типов ЖРД.

5.1.3 Понятие о запуске и выключении ЖРД. Требования к запуску и выключению. Типы запуска и их влияние на схему и конструкцию двигателя и его элементов. Способы зажигания компонентов топлива. Схемные и конструктивные способы обеспечения надежного запуска и выключения двигателя.

## **5.2 Конструкция и расчет камеры и газогенераторов ЖРД**

5.2.1 Определение основных размеров камеры и способы профилирования сопла. Силовые схемы камер и газогенераторов.

5.2.2 Конструктивные особенности узла оболочек. Силовые и температурные нагрузки. Схемы связывания оболочек. Конструктивные и технологические особенности различных схем связывания. Конструкция поясов завесы. Применяемые материалы.

5.2.3 Конструкция головки: силовые схемы, особенности проектирования. Применяемые материалы.

5.2.4 Расчет на прочность элементов камеры и газогенератора. Анализ нагрузок.

5.2.5 Методы расчета на прочность оболочек камер, находящихся за пределом упругости. Расчет на прочность связей. Определение устойчивости сопла. Расчет и прочность головки камер.

5.2.6 Системы теплозащиты элементов камеры ЖРД. Характеристика систем теплозащиты. Проточное охлаждение. Радиационное, емкостное, абляционное, завесное и транспирационное охлаждения. Теплоизоляционные покрытия.

## **5.3 Система подачи компонентов**

5.3.1 Вытеснительные системы подачи топлива (ВСПТ). Конструктивные узлы, входящие в ВСПТ. Расчет на прочность элементов ВСПТ. Способы компоновки элементов ВСПТ. Материалы, применяемые в материалах ВСПТ.

5.3.2 Насосные системы подачи топлива (НСПТ). Элементы, входящие в НСПТ. Классификация и основные элементы ТНА. Способы запуска ТНА. Узлы ТНА. Газовые турбины, их типы, составные элементы турбин и насосов. Применяемые материалы для деталей турбин. Центробежные насосы, их классификация. Элементы насосов, их конструкция. Влияние физико-химических свойств компонентов на конструкцию насоса. Применяемые материалы. Осевые насосы. Конструкция осевых насосов. Способы разгрузки осевых насосов от осевых сил.

5.3.3 Уплотнения в ТНА, их классификация и конструкция. Расчет усилий в элементах уплотнений. Области применения тех или иных уплотнений. Материалы контактных пар уплотнений.

5.3.4 Редукторы ТНА, их кинематические схемы и элементы. Способы охлаждения деталей редукторов.

5.3.5 Подшипники роторов ТНА. Влияние свойств компонентов на конструкцию подшипников. Способы разгрузки опор от осевых сил. Способы отвода тепла от подшипников.

5.3.6 Расчет на прочность элементов ТНА. Расчет на прочность валов, корпусов, диффузоров, дисков, лопаток. Расчет дисков на разрушающие частоты вращения. Силы и моменты, возникающие в лопатках турбин и насосов при работе. Особенности расчета на прочность колес центробежных насосов. Нормы прочности на основные детали ТНА.

5.3.7 Критические частоты вращения роторов. Критическая частота вращения вала с диском. Понятие о "жестком" и "гибком" вале. Связь между критической частотой вращения и частотой собственных изгибных колебаний. Критическая частота вращения вала без дисков. Определение критической частоты вращения и резонансных режимов в однодисковых и многодисковых роторах без учета и с учетом гироскопического момента. Прецессионное движение валов. Критические угловые скорости с учетом трения. Средства борьбы с критическими частотами вращения.

## **5.4 Конструкция и расчет агрегатов автоматики и регулирования ЖРД**

5.4.1 Классификация агрегатов: требования, предъявляемые к агрегатам.

5.4.2 Топливные клапаны: конструктивные схемы, конструкция, особенности проектирования и доводки. Особенности расчета, применяемые материалы.

5.4.3 Регуляторы: требования, предъявляемые к ним. Конструктивные схемы. Конструкция

основных элементов. Выбор типа и расчет характеристики чувствительных элементов. Расчет расходных элементов. Применяемые материалы.

5.4.4 Пневмоклапаны и вентили. Редукторы и регуляторы постоянства давления, классификация и основные требования. Конструктивные схемы, особенности элементов конструкции. Применяемые материалы.

### **5.5 Ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ)**

5.5.1 Классификация и области применения РДТТ. Компоновочные схемы ракет с РДТТ и двигателей. Основные оценочные параметры двигателей и требования, предъявляемые к ним.

5.5.2 Конструкция двигателей с вкладным и скрепленным зарядом.

5.5.3 Выбор рабочего давления в камере сгорания. Конструкция зарядов твердого топлива и определение основных параметров. Способы изготовления заряда. Определение напряжений в заряде при опирании на выступ или решетку; в скрепленном заряде под действием внутреннего давления; учет местных напряжений в заряде со сложной формой канала.

5.5.4 Конструкция корпуса двигателя и его элементов. Обечайка двигателя. Возможные конструктивные варианты и способы ее изготовления. Конструкция днищ. Определение напряжений и выбор оптимальной толщины. Способы соединения обечайки с днищем. нахождение оптимального соединения минимальной массы, удовлетворяющего требованиям технического задания по массе. Особенности конструкции корпусов РДТТ из стеклопластика и способы нахождения оптимальной толщины стенки, методы расчета корпуса двигателя на прочность и несущую способность.

5.5.5 Конструкция сопловых облаков. Определение размеров конического и профилированного сопла. Конструкция многосопловых блоков для управляемых и неуправляемых ракет.

5.5.6 Термоизоляция камеры сгорания. Расчет толщины изоляции. Система воспламенения заряда двигателя. Расчет навески воспламенителя.

5.5.7 Конструкция устройств наиболее распространенных способов управления вектором тяги двигателя: поворотные и качающиеся сопла, дефлекторы, насадки, выдвижные щитки, вдув газа, впрыск жидкости. Узлы отсечки, обнуления и реверса тяги.

5.5.8

## **6 КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

6.1 Задача и общая схема проектирования двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Организация процесса проектирования. Классификация. Элементы попредметной и функциональной декомпозиции.

6.2 Корпусные детали: фундаментные рамы, станины, стойки, картеры. 6.3 Цилиндры. Детали и функциональные элементы поршневой группы.

6.4 Механизм газораспределения. Расчет и конструкция элементов: клапанов, седел и направляющий втулок, пружин и механизма привода клапанов. Щелевое и золотниковое газораспределение.

6.5 Впускная и выпускная системы. Фильтры. Впускные и выпускные трубопроводы. Агрегаты наддува: схемы, основные элементы турбокомпрессора и системы регулирования.

6.6 Система топливопитания. Конструкция элементов системы. Конструкция и расчет карбюраторов. Системы питания с непосредственным впрыском топлива. Система питания дизелей: конструкция, расчет форсунок и насосов.

6.7 Система смазки ДВС. Схема, конструкция, расчет и проектирование элементов системы. Обзор и анализ конструкций уплотнений.

6.8 Система охлаждения: схемы, элементы, конструкция и проектирование.

6.9 Особенности конструкции ДВС различного назначения и перспективы развития конструкции ДВС.

## **7 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ АГРЕГАТОВ**



## **7.1 Современное состояние технологии производства двигателей летательных аппаратов (ЛА) и их агрегатов**

Работы отечественных ученых в области технологии двигателей и агрегатов: освоение производства деталей из новых материалов; разработка прогрессивных методов получения заготовок, обработки деталей и сборки; исследования в области создания новых технологических процессов и изучения их влияния на эксплуатационные свойства изделий; разработка высокопроизводительного оборудования, инструмента; автоматизация технологических процессов, их проектирования и управления.

### **7.2 Технологичность конструкций двигателей и агрегатов летательных аппаратов**

7.2.1 Понятие технологичности конструкции двигателя, агрегата, их узлов и деталей, технологичность материалов. Основные и вспомогательные показатели технологичности.

7.2.2 Технологичность металлических и неметаллических деталей, подвергаемых механической, электрофизической и электрохимической обработке. Обрабатываемость материалов высоконагруженных деталей, работающих при высоких температурах, циклических нагрузениях, и методы улучшения их обрабатываемости без снижения эксплуатационных качеств деталей. Технологичность деталей, полученных объемным деформированием и литьем, сварных и паяных конструкций. Технологичность и принципы конструирования деталей из композиционных материалов, включая покрытия.

7.2.3 Технологическое обеспечение создания новых конструкций деталей и узлов двигателей: моноколеса компрессора и турбины; широкохордной пустотелой лопатки вентилятора с сотовым наполнителем; высокотемпературной лопатки с ориентированной монокристаллической структурой составной и оболочковой конструкции; сварного ротора компрессора.

7.2.4 Теоретические основы технологичности сборки двигателей и агрегатов. Обеспечение удобств сборки. Одноразовая сборка. Модульная конструкция современных двигателей.

### **7.3 Технологическая подготовка производства двигателей и агрегатов летательных аппаратов**

7.3.1 Структура технологической подготовки производства новых изделий. Единая система технологической подготовки производства. Совершенствование методов и средств технологической подготовки. Принципы построения систем автоматизированного проектирования технологической подготовки производства. Технологическая классификация деталей и узлов двигателей и агрегатов, типизация процессов их изготовления.

7.3.2 Современные методы технологического оснащения производства. Рациональные методики расчета приспособлений на точность. Классификация и методы унификации деталей и сборочных единиц специальной технологической оснастки и инструмента. Переналаживаемые, универсально-сборные приспособления.

7.3.3 Создание специального и специализированного оборудования обратимой конструкции. Классификация обрабатываемых поверхностей деталей и типовые схемы рабочих движений оборудования. Агрегирование и унификация автоматизированного оборудования в двигателе- и агрегатостроении.

7.3.4 Теоретические основы создания и применения гибких автоматизированных систем. Выбор рациональной степени автоматизации и уровня гибкости в зависимости от серийности производства двигателей и агрегатов.

### **7.4 Технологические методы обеспечения качества двигателей и агрегатов летательных аппаратов**

7.4.1 Современные технологические методы повышения эксплуатационных характеристик двигателей и агрегатов с учетом специфических условий работы их деталей, испытывающих воздействие высоких температур, большие статические и переменные напряжения, и особенности конструкции: сложная форма деталей, малая жесткость, широкое применение труднообрабатываемых материалов (тугоплавких, жаропрочных и титановых сплавов, высоколегированных сталей, композиционных материалов).

7.4.2 Особенности применения стандартной схемы показателей качества продукции в технологии двигателей и агрегатов ЛА. Формирование выходных параметров качества изделий в процессах получения заготовок, обработки деталей и сборки. Роль физико-механического состояния поверхностного слоя и микрогеометрии поверхностей деталей в обеспечении прочности, коррозионной стойкости, теплоотдачи и коэффициентов полезного действия. Физические методы исследования и контроля структуры материала деталей и остаточного напряженного состояния, а также структуры поверхностного слоя деталей сложной формы после изготовления, в процессе воздействия высоких температур и напряжений. Особенности и области применения деформационного упрочнения поверхностного слоя в опасных зонах деталей двигателя. Технологическая наследственность при регламентации качества поверхностного слоя.

7.4.3 Обобщенное понятие о точности изготовления изделий с заданными параметрами (геометрическими, физическими и химическими). Современные методы анализа и прогнозирования точности обработки и сборки двигателей и агрегатов. Стабильность технологических процессов и пути ее повышения. Контроль и регламентация технологических остаточных напряжений для сохранения заданной точности в процессе эксплуатации в условиях высоких температур и виброперегрузок.

7.4.4 Технологические способы обоснования прочности и надежности охлаждения высокотемпературных элементов двигателя, изготавливаемых из литых, штампованных, свариваемых, паяных заготовок и заготовок, полученных методами порошковой металлургии, использование защитных покрытий.

7.4.5 Контроль и регламентация пористости двигателей с охлаждением продувкой пор или выпотеванием. Тепловые методы контроля высокотемпературных деталей. Технологические испытания прочности и надежности деталей и сборных единиц двигателя и агрегатов. Методы контроля и обеспечение надежности тепловых систем двигателя после изготовления.

## ***7.5 Прогрессивные методы изготовления деталей двигателей и агрегатов летательных аппаратов***

7.5.1 Научные основы малоотходной и безотходной технологии изготовления рациональных заготовок деталей двигателей и агрегатов с применением новых способов формообразования, обеспечивающих повышение КИМ, улучшение механических свойств изделий и повышение уровня механизации производства.

7.5.2 Особенности литья точных заготовок деталей двигателей и агрегатов из специальных сталей, жаропрочных, титановых, алюминиевых, магниевых, медных и других сплавов. Прогрессивные технологические процессы литья и используемое оборудование: методы направленной кристаллизации, применение вакуумного высасывания и другие.

7.5.3 Процессы объемно-пластического деформирования в производстве заготовок деталей и характеристика их технологических возможностей. Последовательное формообразование деталей двигателей и перспективы их применения при обработке высокопрочных сплавов. Анализ процессов обработки металлов давлением в режиме сверхпластичности, в изотермических условиях, высокоскоростная штамповка, горячее и холодное вальцевание, периодическая прокатка и другие. Особенности формообразования тонкостенных оболочек двигателей. Изготовление тонкостенных деталей импульсными методами формообразования и ротационным выдавливанием. Раскрой листовых материалов с помощью ЭВМ.

7.5.4 Значение сварки и пайки в производстве двигателей ЛА. Виды сварных и паяных соединений. Классификация методов сварки и пайки. Металлургические процессы при термических методах сварки. Основы теории тепловых процессов при сварке. Влияние сварочного процесса на свойства материалов.

7.5.5 Технологические процессы термической, химико-термической, термомеханической обработки деталей и их характеристика. Технологическое оборудование и средства контроля.

7.5.6 Основные проблемы повышения эффективности обработки резанием. Современные методы теоретического расчета и экспериментальной оценки полей деформации, напряжений и температур в зоне резания, влияние на них условий обработки и свойств материалов. Механизм образования остаточных напряжений и наклепа при резании. Обрабатываемость резанием

высокопрочных и тугоплавких материалов. Точение, сверление, фрезирование, нарезание резьбы, протягивание и шлифовка жаропрочных и титановых сплавов. Современные инструментальные материалы.

7.5.7 Научные основы технологических процессов поверхностного упрочнения деталей. Характеристика процессов. Технологическое оборудование и средства контроля.

7.5.8 Классификация защитных покрытий по их назначению. Виды технологических процессов нанесения покрытий их характеристика. Технологическое оборудование, контроль качества покрытий.

7.5.9 Основные закономерности электроэрозионной обработки (ЭЭО). Область применения ЭЭО деталей двигателей. Анализ методов и кинематических схем ЭЭО. Электрохимическая и химическая обработка деталей сложной формы из труднообрабатываемых материалов. Системы автоматического регулирования ЭХО в проточном электролите. Пути повышения точности и снижения энергоемкости ЭХО.

7.5.10 Размерная ультразвуковая обработка деталей двигателей из хрупких материалов. Механизм процессов. Методы повышения производительности и точности обработки. Ультразвуковая интенсификация процессов резания труднообрабатываемых материалов.

7.5.11 Технологическое применение светолучевых и электроннолучевых методов обработки деталей. Технологическое оборудование и средство контроля.

7.5.12 Методы изготовления деталей из интерметаллидов, керамики, композиционных материалов с металлической и неметаллической матрицей, армированных волокнами, лентами и т.д.

## **7.6 *Технология сборки двигателей и агрегатов летательных аппаратов и их узлов***

7.6.1 Принципы разработки технологических процессов сборки изделий с учетом обеспечения их надежности. Особенности сборки изделий модульной конструкции. Применение средств технологической кибернетики к проектированию операций сборки.

7.6.2 Прогрессивные методы сборки. Поточная сборка двигателей. Одноразовая сборка, принципы и особенности.

7.6.3 Методы расчета сборочных плоских и векторных цепей, а также взаимосвязанных неоднородных сборочных погрешностей. Методы достижения заданной точности и контроль качества сборочных параметров.

7.6.4 Теоретические основы балансировки: критические и резонансные частоты вращения роторов: виброперегрузки, влияние динамических свойств системы ротор-опоры на резонансные режимы и балансировку. Экспериментально-расчетные методы определения эксцентриситетов межопорных, консольных и двухконсольных роторов. Применение ЭВМ для выбора метода и проектирования технологического процесса балансировки.

7.6.5 Современные типы сборочных соединений и методы их осуществления. Особенности сборки составных частей в общей сборки двигателей ЛА, в том числе модульной конструкции. Характерные особенности процессов переработки и дефектации изделий в результате их испытаний.

## **7.7 *Технологический контроль и испытания двигателей и агрегатов летательных аппаратов***

7.7.1 Автоматизация технологических процессов контроля и испытаний двигателей и агрегатов (ГАПС) на испытательных станциях. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), испытаниями двигателей и агрегатов. Система автоматизации научного эксперимента (САНЭ) испытаний двигателей и агрегатов. Технические и программные средства для построения ГАПС, АСУ ТП, САНЭ. Системы автоматического регулирования технологических параметров процессов испытаний двигателей и агрегатов. Автоматизация программирования задач АСУ ТП испытаний. Автоматизация проектирования технических средств АСУ ТП. Автоматические регуляторы, измерительные подсистемы и устройства контроля. Цифровые системы регулирования параметров испытаний.

7.7.2 Испытательные станции и стенды для испытания полноразмерных двигателей. Стенды для испытания систем, агрегатов и узлов деталей. Стенды для контроля гидравлических сопротивлений узлов и деталей и агрегатов. Испытания агрегатов и систем управления ЛА и

двигателей. Совмещенные испытания двигателей.

7.7.3 Механизация испытаний. Монтажные переходные рамы. Комплексная автоматизация испытаний. Оптимальная отладка двигателей.

7.7.4 Диагностика состояния двигателей по газодинамическим параметрам. Применение математических моделей двигателей.

7.7.5 Метрологическое обеспечение контроля и испытаний двигателей, их узлов и агрегатов. Методы и средства технологического контроля и метрологического обеспечения при производстве двигателей и агрегатов ЛА. Обработка результатов испытаний. Контроль геометрических параметров, качества поверхностей. Неразрушающий контроль деталей, узлов и соединений. Контроль функциональных характеристик (расход, обороты, вибрация, температура, вес, усилие, давление, момент, перемещение). Испытания агрегатов и узлов при моделировании условий их эксплуатации.

7.7.6 Динамические моделирующие стенды для испытаний агрегатов систем автоматического регулирования двигателей. Цифровые, цифро-аналоговые и аналоговые модели двигателей агрегатов. Моделирование условий полета и динамических характеристик систем управления двигателями.

7.7.7 Теоретические основы, технологические методы и оборудование для проведения эквивалентных, ускоренных и форсированных испытаний двигателей и агрегатов. Критерии эквивалентности режимов и процессов. Влияние погрешностей регулирования технологических параметров на достоверность оценки ресурса двигателей и агрегатов. Автоматизация ускоренных испытаний. Применение ЭВМ для повышения точности ускоренных испытаний. Диагностика технического состояния двигателей, систем, узлов двигателей и агрегатов при проведении ускоренных эквивалентных испытаний. Эффективность автоматизированных испытаний.

## ***7.8 Перспективные методы проектирования технологических процессов изготовления двигателей и агрегатов летательных аппаратов***

7.8.1 Классификация и техническая характеристика систем автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления двигателей и агрегатов.

7.8.2 Формализованное описание геометрической и технологической информации. Информационные языки. Машинное проектирование индивидуальных заготовок для группы деталей. Автоматизация формирования технологического маршрута на основе методов типизации многошагового синтеза. Основы формирования технологических процессов изготовления и –сборки изделий при использовании непосредственного управления от ЭВМ.

7.8.3 Гибкие автоматизированные производственные системы. Принципы управления ГАПС. Промышленные работы в заготовительном, обрабатывающем и сборочном производствах.

## ***7.9 Проблемы механизации и автоматизации технологических процессов производства двигателей и агрегатов летательных аппаратов***

7.9.1 Технологический процесс производства двигателей и агрегатов как объект автоматизации. Основные этапы автоматизации производственных процессов. Роль автоматизации в решении задач повышения качества производства двигателей и агрегатов ЛА и эффективности их производства.

7.9.2 Построение и классификация систем управления технологическими процессами изготовления дисков, лопаток, валов, корпусов, шестерен, кольцевых и мелких деталей. Системы программного управления. Методы ручного и автоматизированного программирования в двигателе- и агрегатостроении. Индивидуальное и групповое управление технологическими процессами от ЭВМ. Системы с самонастройкой.

7.9.3 Виды агрегирования и унификации элементов автоматизированного оборудования, приспособленного к условиям серийного и опытного производства двигателей и агрегатов. Критерии выбора методов и режимов обработки деталей на автоматах.

7.9.4 Механизация транспортировки и позиционирования деталей, приспособлений, обрабатывающего и измерительного инструмента на автоматизированном оборудовании. Классификация деталей с точки зрения выбора способов автоматической фиксации в пространстве.

Расчет и проектирование загрузочных устройств, манипуляторов и роботов, а также систем их управления.

7.9.5 Принципы выбора видов обрабатывающего оборудования с ЧПУ: обрабатывающие центры, гибкие производственные модули, гибкие производственные комплексы.

7.9.6 Автоматизация изготовления деталей из композиционных материалов различных типов.

### **7.10 Экономическая эффективность технологических процессов производства двигателей и агрегатов двигателей летательных аппаратов**

7.10.1 Основные направления технологического прогресса технологии производства двигателей и агрегатов. Повышение уровня механизации и автоматизации. Интенсификация действующих технологических процессов.

7.10.2 Определение экономической эффективности вариантов изготовления основных деталей двигателей и агрегатов. Необходимость и содержание комплексного анализа сопоставляемых способов и средств производства (ССП). Возможности выбора СП на основании анализа технической и организационной целесообразности. Качественный и количественный анализ экономической эффективности способов и средств изготовления деталей. Показатели экономической эффективности вариантов и их определение. Снижение трудоемкости продукции и рост производительности труда как показатели экономической эффективности. Другие показатели экономической эффективности технологии изготовления деталей. Технологическая себестоимость изготовления и экономический анализ вариантов технологических процессов изготовления деталей.

## **Основная литература**

1. Основы теории, расчета и проектирования воздушно-реактивных двигателей [Электронный ресурс] : [учеб. для вузов по специальностям 160301 "Авиац. двигатели и энергет. установки", 160302 "Ракет. двигатели" и 160304 "Авиац. и ракет.-косм. теплотехника" направления подгот. дипломиров. специалистов 160300 "Двигатели летат. аппаратов" ] / А. Н. Белоусов, С. К. Бочкарев, В. А. Григорьев, В. С. Кузьмичев, В. М. Радько ; [Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т)]. - Электрон. текстовые дан. - М. : Машиностроение, 2011. - 1 эл. опт.диск (CD-RW). - (Для вузов)

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1.

2. Радько, В. М. Теория и расчет авиационных лопаточных машин [Электронный ресурс] : разработ. электрон.рук. к дистанц. курсу / В. М. Радько, С. К. Бочкарев ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, Нац. исслед. ун-т. - Электрон.текстовые дан. - Самара, 2009. - 1 эл. опт.диск (CD-RW).

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1.

3. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей / [В. П. Данильченко [и др.] ; Самар. науч. центр РАН. - Самара : Изд-во СНЦ РАН, 2008. - 619 с

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 21.

4. Егорычев, В. С. Расчет и проектирование смесеобразования в жидкостном ракетном двигателе [Электронный ресурс] : [учеб.пособие] / В. С. Егорычев ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон.текстовые дан. - Самара : Изд-во СГАУ, 2011. - 1 эл. опт.диск (CD-ROM)

Экземпляров в НТБ СГАУ всего:5.

5. Егорычев, В. С. Расчет и проектирование смесеобразования в жидкостном ракетном двигателе : [учеб. пособие] / В. С. Егорычев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Самара : Изд-во СГАУ, 2011. - 99 с  
Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 40.

6. Белоусов, А.Н. Сборник задач, упражнений и вопросов по курсу "Теория и расчет лопаточных машин": учеб.пособие / А.Н. Белоусов, Н.Ф. Мусаткин, В.М. Радько, В.Н. Матвеев – М.: Машиностроение, 2009. – 238 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 81.



7. Егорычев, В. С. Термодинамический расчет и проектирование камер ЖРД : [учеб.пособие] / В. С. Егорычев, В. С. Кондрусев ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2009. - 107 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10.

8. Проектирование средств выведения космических аппаратов : [учеб.пособие для вузов РФ по специальностям 160801 "Ракетостроение" и 160802 "Косм. летат. аппараты и разгон. блоки"] / В. К. Сердюк ; под ред. А. А. Медведева. - М. : Машиностроение : Машиностроение - Полет, 2009. - 503 с

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 5.

9. Испытания авиационных двигателей : [учеб.для вузов по специальности "Авиац. двигатели и энергет. установки" направления подгот. дипломир. специалистов "Двигатели летат. аппаратов"] / В. А. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. В. А. Григорьева, А. С. Гишварова. - М. : Машиностроение, 2009. - 502 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 101.

10. Технология машиностроения [Текст] : [учеб.для сред. проф. образования по группе специальностей "Машиностроение" / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ФОРУМ, 2008. - 859 с

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 2.

11. Технология производства авиационных двигателей [Текст] : монография / Богуслаев В. А., Качан А. Я., Мозговой В. Ф., Корневский Е. Я. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Запорожье : Мотор Сич, 2010 - Ч. 1 : Основы технологии авиадвигателестроения. - 2010. - 416 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1.

12. Технология производства авиационных двигателей [Текст] : монография / Богуслаев В. А., Качан А. Я., Мозговой В. Ф., Корневский Е. Я. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Запорожье : Мотор Сич, 2010 - Ч. 2 : Основы проектирования технологических процессов обработки деталей и методы исследования в технологии авиадвигателестроения. - 2010. - 429 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1.

13. Технология производства авиационных двигателей [Текст] : учеб.для вузов / Богуслаев В. А., Качан А. Я., Долматов А. И., Корневский Е. Я., Мозговой В. Ф. ; под общ. ред. В. А. Богуслаева. - Запорожье : Мотор Сич, 2009 - Ч. 4 : Сборка авиационных двигателей. - 2009. - 340 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1.

14. Технология производства жидкостных ракетных двигателей [Текст] : [учеб.для вузов по направлению "Двигатели летат. аппаратов", специальности "Ракет. двигатели"] / В. А. Моисеев, В. А. Тарасов, В. А. Колмыков, А. С. Филимонов ; под ред. В. А. Моисеева, В. А. Тарасова. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 379 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1.

15. Российская энциклопедия СALS. Авиационно-космическое машиностроение [Текст] / [гл. ред. А. Г. Братухин]. - М. : НИЦ АСК, 2008. - 607 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 5.

16. Толстоногов, Арлен Петрович. Системы охлаждения поршневых двигателей внутреннего сгорания [Текст] : [учеб.пособие] / А. П. Толстоногов, И. В. Коломин ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Самара : Изд-во СГАУ, 2009. - 167 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10.

17. Конструирование основных узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / С. В. Фалалеев, Н. И. Старцев, Д. К. Новиков ; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 11,4 Мбайт). - Самара : [б. и.], 2011. - on-line. - Загл. с титул. экрана. - 0.00

Экземпляров НТБ СГАУ НТБ СГАУ всего: 1.

18. Формирование параметрических 3D-моделей (геометрических моделей) деталей аэрокосмической техники в среде программы ADEM [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т) ; сост. В. Н. Гаврилов, В. И. Иващенко, С. С. Комаровская [и др.]. - Электрон. дан. (1 файл : 1,86 Мбайт). -

Самара : Изд-во СГАУ, 2010. - on-line.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

19. Формирование параметрических 3D-моделей (геометрических моделей) деталей аэрокосмической техники в среде программы ADEM : учеб. пособие / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Самара : Изд-во СГАУ, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

20. Еленев, Дмитрий Валерьевич. Компьютерные сети [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / Д. В. Еленев ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Электрон. дан. - Самара : Изд-во СГАУ, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - 0.00

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 5

21. Изучение конструкций двигателей с использованием 3D-моделей их элементов: Метод. указания/ Сост. В.С.Мелентьев, А.С.Гвоздев, .С.Лежин. – Самара: Изд.-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006.

– 25 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10.

22. Изучение конструкции ДВС с совместным использованием пакетов ANSYS, ADAMS, SolidEdge: Метод. указания/ Сост. В.С.Мелентьев, А.С.Гвоздев, Д.С.Лежин. – Самара: Изд.-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 53 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10

23. Фалалеев С.В., Бондарчук П.В. Лабораторный практикум по проектированию элементов двигателей с использованием параметрического моделирования и CAD/CAE. Самара, 2007. – 80 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

24. Фалалеев, Сергей Викторович. Проектирование ступени центробежного компрессора с использованием параметрического моделирования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. В. Фалалеев, М. Клусачек ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СГАУ, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Экземпляры в НТБ СГАУ всего: 1

25. Старцев Н.И. ПТеооретический курс дисциплины "Конструирование основных узлов и систем авиационных двигателей" [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. И. Старцев, Д. К. Новиков, С. В. Фалалеев, А. М. Уланов ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые дан. - Самара : [б. и.], 2010. - 1 эл. опт. Диск (CD-ROM).

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

26. Ланский, Анатолий Михайлович. Рабочий процесс камер сгорания малоразмерных ГТД [Текст] / А. М. Ланский, С. В. Лукачев, С. Г. Матвеев ; Самар. науч. центр РАН. - Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2009. - 334 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 30

27. Создание трехмерных геометрических виртуальных моделей камер сгорания [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Г. Матвеев, С. В. Лукачев, М. Ю. Орлов [и др.] ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СГАУ, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с контейнера. - 0.00 Параллельные издания: электронный аналог : Создание трехмерных геометрических виртуальных моделей камер сгорания : учеб. пособие / С. Г. Матвеев, С. В. Лукачев, М. Ю. Орлов [и др.]. - Самара : Изд-во СГАУ, 2010 on-line

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

28. Реан, А. А. Психология и педагогика [Текст]: [учеб. пособие для вузов]/А. А. Реан, Н. В. Бордовская, С. И. Розум. - СПб. [и др.]: Питер, 2009. - 432 с. - (Учебное пособие).

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

29. Деловое общение [Текст] : учеб. пособие / авт.-сост. И. Н. Кузнецов. - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2008. - 528 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10

### Дополнительная литература

1. Белоусов, А.Н. Теория и расчет авиационных лопаточных машин [текст]/ А.Н. Белоусов, Н.Ф. Мусаткин Н.Ф., В.М. Радько - Самара: ФГУП "Издательство Самарский дом печати", 2003. – 334 с.

Экземпляров НТБ СГАУ НТБ СГАУ всего: 172.

2. Григорьев, В.А. Выбор параметров и термогазодинамические расчеты авиационных газотурбинных двигателей [текст]: Учебное пособие / В.А. Григорьев, А.В. Ждановский, В.С. Кузьмичев, И.В. Осипов, Б.А. Пономарев. – 2-е изд. – Самара: СГАУ, 2009. – 201 с.

Экземпляров НТБ СГАУ НТБ СГАУ всего: 31

3. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник. Кн. 3. Основные проблемы: Начальный уровень проектирования, газодинамическая доводка, специальные характеристики и конверсия авиационных ГТД/Под общ. ред. В.В. Кулагина — М.: Машиностроение, 2005. – 464 с.

Экземпляров НТБ СГАУ НТБ СГАУ всего: 106

4. Вертолетные газотурбинные двигатели [Текст] : [монография / В. А. Григорьев, В. А. Зрелов, Ю. М. Игнаткин и др.] ; под общ. ред. В. А. Григорьева, Б. А. Пономарева. - М. : Машиностроение, 2007. - 490 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 134

5. Фалалеев, Сергей Викторинович. Проектирование систем авиационных двигателей с использованием САД/САЕ-пакетов : [учеб. пособие] / С. В. Фалалеев, А. С. Виноградов ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2007. - 55 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 40

6. Фалалеев, Сергей Викторинович. Проектирование систем авиационных двигателей с использованием САД/САЕ-пакетов [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / С. В. Фалалеев, А. С. Виноградов ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Электрон. дан. (1 файл : 3,26 Мбайт). - Самара: Изд-во СГАУ, 2007 on-line.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

7. Теоретические основы проектирования технологических процессов ракетных двигателей [Текст] : технология пр-ва жидкост. ракет. двигателей : [учеб. для вузов по специальности "Ракет. двигатели" направления подгот. "Двигатели летат. аппаратов"] / В. В. Воробей, В. Е. Логинов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Дрофа, 2007. - 462 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 31

8. Старцев, Николай Иванович. Конструкция узлов авиационных двигателей: компрессор [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. И. Старцев, С. В. Фалалеев ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Электрон. Текстовые дан. - Самара : СГАУ, 2006. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

9. Петровичев, Михаил Александрович. Система энергоснабжения бортового комплекса космических аппаратов : [учеб. пособие] / М. А. Петровичев, А. С. Гуртов ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2007. - 87 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 40

10. Егорычев, Виталий Сергеевич. Топлива химических ракетных двигателей: [учеб. пособие]/В. С. Егорычев, В. С. Кондрусев; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара: Изд-во СГАУ, 2007. - 71 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 40

11. Варнатц, Ю. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ/ Ю. Варнатц, У. Маас, Р. Диббл// Пер. с англ. Г.Л. Агафонова. Под ред. П.А. Власова. -М.: Физматлит, 2003. -351с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

12. Диденко, А.А. Лазерно-оптические методы диагностики процессов горения: учеб. пособие / А.А. Диденко, В.В. Бирюк, С.В. Лукачев, С.Г. Матвеев - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. - 187с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10

13. Кроль, Владимир Михайлович. Психология и педагогика [Текст] : для студентов техн. вузов / В. М. Кроль. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2004. - 325 с. - (Учебник для вузов).  
Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 3

14. Немов, Роберт Семенович. Психология [Текст] : учебник : [для высш. пед. учеб. заведений] / Р. С. Немов. - М.: Высш. образование, 2005. - 639 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1

15. Батурин, О.В. Экспериментальное определение характеристик малоразмерных лопаточных машин: учеб. пособие / О.В. Батурин, И.Б. Дмитриева, А.В. Лапшин, В.Н. Матвеев-Самара: изд-во СГАУ, 2006. – 64 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10

16. Расчетное определение характеристик элементарных лопаточных венцов турбины [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / О. В. Батурин, В. Н. Матвеев ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Электрон. текстовые и граф. дан. (376 Мбайт)

## Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру

Вступительные испытания по специальной дисциплине проходит по билетам с вопросами. Каждый билет содержит по два вопроса. Испытание проводится в сочетании письменной и устной формы, при которой подготовка к ответу осуществляется в письменной форме на экзаменационных листах, а сам ответ на вопросы, поставленные в билете, и дополнительные вопросы комиссии осуществляется в устной форме.

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру проводится по 10-ти балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка, баллы	Критерии
1	Нет ответа
2	Нет понимания предмета
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя
4	Ответ с тремя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос, даже с помощью преподавателя
5	Ответ с двумя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
6	В целом положительный ответ с несколькими незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с одной - двумя незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.
10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.