

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**профессионального образования**  
**«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. Королева (национальный**  
**исследовательский университет) »(СГАУ)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

А.Б. Прокофьев



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**  
**по научной специальности «050705 – Тепловые, электроракетные двигатели и**  
**энергоустановки летательных аппаратов»**

Самара 2012 г.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности «050705 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» составлена на основе программ учебных дисциплин по основным образовательным программам высшего профессионального образования 652200 "Двигатели летательных аппаратов" и паспорта специальности научных работников специальности «050705 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Составитель программы: заведующий кафедрой теории двигателей летательных аппаратов, доктор технических наук, профессор Матвеев Валерий Николаевич

Программа вступительного экзамена утверждена на заседании кафедры Теории двигателей летательных аппаратов, протокол №7 от 25 апреля 2012г.

Заведующий кафедрой

 Матвеев В.Н.

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Настоящая программа разработана в соответствии с паспортом специальности 05.07.05 "Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов".

В программу вошли разделы:

- 1 Теория воздушно-реактивных двигателей (ВРД) и газотурбинных энергетических установок (ГТУ) летательных аппаратов.
- 2 Теория ракетных двигателей и энергетических установок космических аппаратов (КА).
- 3 Теория рабочего процесса и расчет двигателей внутреннего сгорания.
- 4 Конструирование тепловых двигателей и энергетических установок
- 5 Технология производства двигателей летательных аппаратов и их агрегатов.

Соискатель сдает кандидатский экзамен по одному из разделов программы в соответствии с темой диссертации.

## **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 смесового топлив. Шлакообразование и агломерация при горении металлосодержащих смесовых 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. Статистические 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 раздельным зарядом, регулированием тяги, многократного запуска и многоразового использования. Совершенствование методов теории и математического моделирования. Разработка и использование гибридных экспертных САПР РДТТ.

## **2.5        *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.

## **2.6        *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.

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

2.7.1        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.

2.7.2        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.

2.7.3        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. Дegradaция ФЭП от космической радиации и пути ее снижения.

2.7.4 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.

2.7.5 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.

2.7.6 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 (дрессельная) характеристика. Высотная характеристика авиационного поршневого двигателя без наддува.
- 3.12 Экологические характеристики ДВС. Пути уменьшения влияния вредных веществ ( $\text{CH}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , 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 прямоточных ВРД. Дозвуковые и сверхзвуковые входные устройства прямоточных ВРД. Системы их регулирования. Реактивные сопла. Особенности конструкций камер сгорания. Системы и агрегаты подачи топлива в камеры сгорания. Конструкция корпусов и устройств подвески прямоточных 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.

## **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 лопасти вентилятора с сотовым наполнителем; высокотемпературной лопасти 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 обратной конструкции. Классификация обрабатываемых поверхностей деталей и типовые схемы рабочих движений оборудования. Агрегирование и унификация автоматизированного оборудования в двигателе- и агрегаторостроении.

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, композитных 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 сборке 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 иногшагового 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 СПП 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.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

### 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. дипломир. 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., Кореневский 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. Ивашенко, 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. ПТеоретический 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

### **ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ 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 CAD/CAE-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 CAD/CAE-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. Старцев, Николай Иванович. Конструкция и проектирование камеры сгорания ГТД [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 130200 "Двигатели летат. аппаратов", по специальности 130201 "Авиац. двигатели и энергет. установки"] / Н. И. Старцев ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара: Изд-во СГАУ, 2007. - 119 с. - (Приоритетные национальные проекты "Образование"). - ISBN 978-5-7883-0673-5: 221.00 р.Параллельные издания: электронный аналог: Старцев Н. И. Конструкция и проектирование камеры сгорания ГТД : [учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 130200 "Двигатели летат. аппаратов", по специальности 130201 "Авиац. двигатели и энергет. установки"] / Н. И. Старцев. - Самара: Изд-во СГАУ, 2007 on-line. - ISBN 978-5-7883-0673-5 (Шифр СГАУ:6/С774-361457)  
Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 40
14. 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
15. 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
16. Батулин, О.В. Экспериментальное определение характеристик малоразмерных лопаточных машин: учеб. пособие / О.В. Батулин, И.Б. Дмитриева, А.В. Лапшин, В.Н. Матвеев- Самара: изд-во СГАУ, 2006. – 64 с.

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 10

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

Параллельные издания: электронный аналог : Батулин О. В. Расчетное определение характеристик элементарных лопаточных венцов турбины : [учеб. пособие] / О. В. Батулин, В. Н. Матвеев. - Самара : Изд-во СГАУ, 2007 on-line. -ISBN 978-5-7883-0522-6 (Шифр СГАУ:6/Б 287-253002)

Экземпляров в НТБ СГАУ всего: 1