

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Система управления качеством подготовки специалистов

Подсистема нормативных документов

ПРОГРАММА

Государственного итогового междисциплинарного экзамена по направлению  
160900 «Эксплуатация авиационной и космической техники» (магистры)

Магистерская программа 160900(03)

«Анализ и синтез эксплуатационно-технических  
характеристик авиационной и космической техники»

Москва - 2011

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор МГТУ ГА

\_\_\_\_\_ Б.П.Елисеев

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г.

Система управления качеством подготовки специалистов Подсистема  
нормативных документов

ПРОГРАММА

Государственного итогового междисциплинарного экзамена по направлению  
160900 «Эксплуатация авиационной и космической техники» (магистры)

Магистерская программа 160900(03)

«Анализ и синтез эксплуатационно-технических характеристик  
авиационной и космической техники»

Москва - 2011

Программа разработана в соответствии с учебным планом для студентов, обучающихся по направлению 160900 «Эксплуатация авиационной и космической техники» (магистры), магистерская программа 160900(03) «Анализ и синтез эксплуатационно-технических характеристик авиационной и космической техники».

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Двигатели летательных аппаратов» и Методическим советом по направлению 160900.

## **1. Общие положения.**

Цель итогового междисциплинарного экзамена по направлению 160900 «Эксплуатация авиационной и космической техники» -определение уровня теоретической профессиональной подготовки выпускников Университета и соответствия их подготовки требованиям Государственного образовательного стандарта направлению 160900.

Программа ИМЭН является основой формирования фонда комплексных экзаменационных заданий (билетов) и критериев оценки уровня профессиональной подготовки выпускников, по которым проводится ИМЭН по направлению 160900.

Примерная структура и содержание комплексного экзаменационного задания (билета) представлены в качестве примера в Приложении.

ИМЭН проводится в соответствии с требованиями «Положения об итоговой государственной аттестации выпускников направления 160900», утвержденный ректором МГТУ ГА.

## **2. Содержание программы ИМЭН.**

**Раздел 1. Эксплуатационные повреждения и живучесть конструкции АиКТ**

### **1.1. Физические основы надежности материалов АК.**

Физико-механические характеристики материалов и их изменение в процессе наработки. Возможности управления процессами старения АК в эксплуатации.

**1.2. Природа изменения физико-механических характеристик под нагрузкой.**

Макро- и микроструктурные преобразования в материалах под воздействием спектра эксплуатационного нагружения.

**1.3. Повреждаемость при длительном статистическом нагружении. Принципы управления.**

Физическая основа изменения характеристик длительной прочности конструкционных материалов. Процессы и законы длительной повреждаемости.

**1.4. Повреждаемость при вибрационно-циклическом нагружении. Принципы управления.**

Виды и физика накопления усталостных повреждений, закономерности их. Оценка опасности усталостных трещин.

**1.5. Особенности повреждаемости АК при изнашивании. Принципы управления.**

Виды изнашивания. Закономерности накопления износа при скольжении и качении. Повреждаемость при воздействии абразива.

### **1.6. Коррозионная повреждаемость АК. Принципы управления.**

Условия протекания коррозионного тока в АК. Регистрация и управление коррозионными процессами.

**1.7.** Живучесть и эксплуатация силовых элементов планера ЛА и АД по состоянию.

Концепция обеспечения безопасной эксплуатации воздушных судов. Общая характеристика и компоненты контроля летной годности. Принципы поддержания летной годности ЛА и АД. Об истории науки о долговечности и эксплуатационной живучести конструкций. Хрестоматийные примеры разрушений авиаконструкций. Историческая справка о первых работах в области усталостного разрушения. Проблемы ресурса. Проблемы живучести силовых конструкций. Определение живучести. Задачи, решаемые методами теории живучести. Механика разрушения и живучесть конструкций. Количественные характеристики живучести и их взаимосвязь с периодами и качеством контроля.

**1.8.** Моделирование эксплуатационных нагрузок в испытаниях и расчетах долговечности и живучести.

Характеристики процессов нагружения АК. Примеры нагрузок при эксплуатации самолета. Основные характеристики случайных процессов. Методы схематизации случайных процессов. Простейшие программы нагружения. Основы летных исследований эксплуатационных нагрузок. Схемы прочностных испытаний. Измерения нагрузок методом тензометрии. Программа летных испытаний. Определение нагрузок методом измерения перегрузок. Моделирование некоррелированных спектров нагружения на ЭВМ. Наиболее распространенные спектры эксплуатационного нагружения. Статистические оценки и методы их получения. Проблема тестирования программ и обеспечение работы в реальном масштабе времени. Моделирование стационарных гауссовских процессов нагружения. Основные требования, предъявляемые к алгоритмам нагружения.

**1.9.** Физические основы механики разрушения.

Теоретические основы механики разрушения. Теория Гриффитса. Напряжения при вершине трещин. Коэффициенты интенсивности напряжений. Трещины усталости и основные факторы, влияющие на их распространение. Кинетика трещин усталости при гармоническом нагружении. Линейные и нелинейные модели роста трещин. Моделирование на ЭВМ процессов развития трещин при гармоническом нагружении. Влияние однократной перегрузки на скорость роста трещин. Развитие повреждений в элементах АК из композиционных материалов. Влияние экстремальных нагрузок на длительность роста трещин.

**1.10.** Методы испытаний на живучесть элементов авиационных конструкций.

Нормирование испытаний на циклическую трещиностойкость. Основные документы, регламентирующие испытания. Современные установки и принципы их работ. Образцы для проведения испытаний. Статистические методы обработки результатов испытаний. Форма представления результатов испытаний на живучесть. Планирование эксперимента.

**1.11.** Методы обеспечения живучести и надежности элементов АК.

Конструктивно-технологические мероприятия обеспечения надежности АК. Принцип выбора материалов конструкции. Конструктивные методы обеспечения живучести АК. Методология разработки программы обслуживания силовых элементов АК. Оценка контролепригодности АК и выбор средств дефектоскопии. Модели надежности поврежденных элементов и расчет оптимальных сроков контроля состояния конструкций.

## **Раздел 2. Оптико-визуальные методы и средства контроля АД.**

Основные конструктивные и эксплуатационные дефекты (повреждения) проточной части (ПЧ) АД. Типичные зоны их появления и причины. Анализ степени опасности повреждений.

Нормативно-техническая документация, бюллетени.

промышленности, РТЭ, регламентирующие допуски на повреждения и принятие решений по их устранению в условиях эксплуатации.

Эндоскопическое оборудование, видеосистемы, источники света, методики и технологии осмотра ПЧ современных АД.

Документирование выявленных повреждений основных узлов АД.

Методы анализа усталостных поломок, технологии поиска дефектов, анализ сложных случаев разрушения.

Динамическая нагруженность элементов АД. Практический анализ спектров собственных форм и частот колебаний лопаток, потенциально опасные формы, выявление их по характеру усталостных поломок в условиях эксплуатации. Определение причин и возможные методы подавления.

Методические основы поиска повреждений и неисправностей ПЧ АД: вентилятора; направляющего аппарата; КВД; камер сгорания; турбин.

Нормы допустимых повреждений отечественных и зарубежных двигателей.

Исследование диагностических признаков скрытых разрушений элементов АД на конкретных эксплуатационных примерах

Изучение различных эксплуатационных дефектов и неисправностей ПЧ по материалам фото-видео документирования.

Изучение оборудования, технологий устранения повреждений АД в условиях эксплуатации.

Типовые технологии смотровых работ при оценке технического состояния АД в условиях эксплуатации.

Изучение ошибок и причин пропуска дефектов контролерами в эксплуатации: влияние квалификации; влияние характеристик используемого оборудования; условия работы. Практические примеры.

Устранение допустимых дефектов ПЧ АД в условиях эксплуатации: вентилятора; лопаток НА; лопаток КВД. Технологии и инструмент.

Экспертные оценки состояния АД при обнаружении повреждений.

## **Раздел 3. Параметрическая диагностика АД.**

### **3.1. Основные понятия параметрической диагностики АД.**

Понятие параметрической диагностики (ПД) АД. Основные термины и определения. Место методов ПД среди прочих методов диагностики АД.

Связи между методами, преимущества и недостатки ПД. Распознаваемые состояния. Понятие эффективности диагностирования. Ошибки 1 и 2 рода. Параметры, регистрируемые в процессе эксплуатации АД ГА. Способы регистрации параметров и их влияние на результаты диагностирования. Непараметрическая информация. О сравнимости и использовании массивов параметров, полученных для разных режимов и условий эксплуатации (в т.ч. на стенде). Понятие приведения параметров к САУ и одному режиму.

Метрологические особенности регистрации параметров и их влияние на результаты диагностирования. Нерегистрируемые параметры.

Понятие диагностического критерия. Диагностическая ценность параметров. Прогностическая способность критерия.

### **3.2. Использование параметрической информации в диагностике АД.**

Статистические диагностические модели.

Понятие математической и диагностической моделей АД. Классификация моделей. Влияние вида математической модели на глубину диагностирования. Понятие идентификации модели.

Модели распределений параметров и их использование.

Метод диагностики по уровню значений параметров (метод допускового контроля). Профилактические и контрольные допуски.

Диагностирование АД с использованием диагностических матриц (метод малых отклонений).

Однофакторные модели параметров. Примеры моделей и их использования.

Многофакторные модели параметров. Примеры моделей.

Иерархии параметров и граф-модели (модели отношений). Примеры моделей и их использования.

Системы автоматизированного и автоматического контроля и диагностирования АД. Принципы использования параметрической информации и моделей в системах.

### **3.3. Организация параметрического диагностирования АД в условиях организаций по ТОиР.**

Действующие методики параметрического диагностирования.

Недостатки и особенности применения существующего методического проведения параметрического диагностирования АД в условиях организаций по ТОиР.

Особенности контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) заданного типа АД. Метрологические характеристики комплектов КИА. Размещение преобразователей, приборов. Особенности регистрации диагностических параметров.

Формирование базы данных диагностических параметров типа АД.

Приведение параметров к САУ и одному режиму работы АД.

Формирование допусков на параметры.

Использование электронных таблиц "Excel" в процедурах диагностирования. Особенности организации баз данных. Описательная статистика массивов параметров. Корреляционные матрицы. Однофакторные

и многофакторные регрессионные зависимости. Построение контрольных карт.

Направления совершенствования параметрической диагностики АД.

**Раздел 4.** Перспективные композиционные материалы в конструкциях АиКТ.

#### **4.1.** Основные понятия.

Цели и задачи дисциплины. Роль изучаемой дисциплины в формировании авиационного специалиста с высшим образованием. Место её среди других дисциплин. Порядок изучения. Конструкционные полимерные композиционные материалы Основные понятия. Связующее и наполнитель. Особенности механических характеристик ПКМ Особенности технологии изготовления силовых элементов конструкций из ПКМ.

**4.2.** Определение механических характеристик армированных пластиков. Представление о строении полимерных композиционных материалах и природе компонентов деформации. Поведение полимеров и ПКМ при различных видах и длительности нагружения с учётом температуры. Расчётная модель однонаправленного пластика. Коэффициент объёмного наполнения. Приближённый расчёт модулей упругости и коэффициентов Пуассона. Зависимость механических характеристик композита от коэффициентов наполнения.

**4.3.** Оптимизация намотки при изготовлении тонкостенных оболочек из полимерных композиционных материалов.

Схема намотки наполнителя. Основные расчётные соотношения. Оптимальная намотка цилиндрической оболочки с использованием технологий продольно-поперечной, симметрично-перекрёстной и спирально-кольцевой намотки. Оптимальная намотка эллипсоидального днища. Определение потребной толщины оболочки. Определение физико-механических свойств тонкостенной конструкции в направлении главных осей кривизны.

**4.4.** Варианты перспективных конструкций силовых элементов летательных аппаратов и двигателей. Расчёты прочности и массовых характеристик.

Особенности конструкции, технологии изготовления и расчёта на прочность отсеков фюзеляжа, выполненных в виде сетчатой оболочки (оболочки тетраструктуры). Хвостовая балка вертолёта. Достижения и перспективы использования ПКМ в двигателестроении.

#### **4.5.** Разрушение композиционных материалов.

Накопление повреждений композитов на микро- и макроуровне. Методы и средства изучения повреждаемости композиционных материалов. Статистическая теория накопления повреждений в ПКМ и масштабный эффект надёжности. Проблемы прогнозирования длительной прочности полимерных композиционных материалов. Определение остаточного ресурса.

**4.6.** Теории и критерии прочности полимерных композиционных материалов.

Классические теории прочности и условия их применения. Нелокальные критерии и теории прочности анизотропных материалов.

## **Раздел 5. Динамика и прочность тонкостенных авиакосмических конструкций**

**5.1. Постановка инженерных задач расчёта динамики и прочности тонкостенных конструкций. Теория круглых пластин и её приложения**  
Введение. Цели и задачи дисциплины. Роль изучаемой дисциплины в формировании авиационного специалиста с высшим образованием. Место её среди других дисциплин. Порядок изучения. Факторы, определяющие работоспособность тонкостенной конструкции. Основные понятия, гипотезы и допущения. Постановка задачи расчета работоспособности тонкостенных узлов авиаконструкций.

Расчётное уравнение изгиба симметрично нагруженных круглых тонких пластин постоянной толщины. Рациональный метод интегрирования уравнения круглых пластин постоянной толщины. Расчёт круглых пластин переменной толщины. Некоторые задачи асимметричного изгиба круглых пластин. Колебания круглых пластин.

### **5.2. Теория прямоугольных пластин и её приложения.**

Расчетное уравнение изгиба прямоугольной пластины. Интегрирование уравнения прямоугольной пластины. Определение напряженно-деформированного состояния прямо-угольной пластины. Колебания прямоугольной пластины.

**5.3. Расчёт элементов конструкции, выполненных в виде симметричных оболочек.**

Безмоментная теория. Изгибные напряжения в цилиндрической оболочке. Общие уравнения симметричных оболочек. Коническая оболочка. Сферическая оболочка. Приближённое определение местных напряжений в зоне краевого эффекта для осесимметричной оболочки.

### **5.4. Линейная теория круговых цилиндрических оболочек.**

Расчётные соотношения линейной теории круговых цилиндрических оболочек. Решение задачи определения напряженно-деформированного состояния оболочки. Сходимость решения. Уравнение пологой оболочки. Решение задачи статики.

### **5.5. Колебания и устойчивость круговой цилиндрической оболочки.**

Влияние различных допущений на точность определения спектра частот собственных колебаний оболочки.

Особенности спектра частот собственных колебаний. Гладкой круговой цилиндрической оболочки.

Колебания дискретно подкреплённых цилиндрических оболочек. Особенности частотного спектра.

Устойчивость цилиндрической оболочки. Оптимальное подкрепление.

## **Раздел 6. Приближённые методы решения инженерных задач механики**

### **6.1. Постановка инженерных задач механики. Математическая модель.**

Цели и задачи дисциплины. Роль изучаемой дисциплины в формировании авиационного специалиста с высшим образованием. Место её среди других дисциплин. Порядок изучения. Факторы, определяющие работоспособность конструкции. Основные понятия. Переход от физической картины воздействия

эксплуатационных факторов на элементы конструкции к расчётной схеме и математической модели. Основные гипотезы и допущения. Постановка задачи расчета работоспособности узлов авиаконструкций. Краевая задача механики систем с распределёнными параметрами. Свойства решений. Собственные функции и собственные числа дифференциального оператора. Уравнения, не решаемые в квадратурах.

#### **6.2. Итерационные методы решения инженерных задач.**

Метод простой итерации. Суть метода. Последовательность операций. Сходимость итерационных методов. Видоизменение итерационного метода. Двойные последовательные приближения.

#### **6.3. Методы условной дискретизации континуальных систем**

Представление континуальной системы с переменными параметрами в виде связанной последовательности упругих элементов с постоянными характеристиками. Метод начальных параметров. Последовательность операций расчёта колебаний системы. Метод коэффициентов динамической жёсткости. Метод ортогональной прогонки. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов.

#### **6.4. Вариационные и другие методы.**

Постановка вариационной задачи. Вариационные уравнения Лагранжа, Кастильяно и Гамильтона. Вариационные уравнения термоупругости. Вариационный метод Ритца. Другие вариационные методы. Метод И.Г. Бубнова-Б.Г. Галёркина. Метод Трефтца

**6.5. Методы, основанные на приведении задачи к интегральным уравнениям.**

Переход от дифференциального к интегральному уравнению. Уравнения Вольтера и Фредгольма. Методы решения интегральных уравнений.

#### **6.6. Метод электрического моделирования.**

Аналогия уравнений механических и электрических колебаний. Электросхемы-аналоги колебаний механических систем.

### **3. Рекомендуемая литература**

#### Основная:

1. Никонов В.В., Стреляев В.С. Расчетно-экспериментальная оценка циклической трещиностойкости при эксплуатационных режимах нагружения. М.: Машиностроение, 1991.
2. Пивоваров В.А. Повреждаемость и диагностирование авиационных конструкций. М.: Транспорт, 1994.
3. Арепьев А.Н., Громов М.С., Шапкин В.С. Вопросы эксплуатационной живучести авиаконструкций. М.: Воздушный транспорт, 2002.
4. Чичков Б.А. Параметрическая диагностика авиационных двигателей. Учебное пособие.-М.: МГТУ ГА, 2010.
5. Чичков Б.А. Пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Параметрическая диагностика авиационных двигателей”.-М.: МГТУ ГА, 2011.

6. Огибалов П.М., Ломакин В.А., Кишкин Б.П., Механика полимеров, МГУ, М.,1975.
7. Композиционные материалы под ред. Л.Браутмана и Р. Крока, т,2,7,8, М.Ю Мир, 1978.
8. Власов В.З. Общая теория оболочек Гостехиздат, 1949,
9. Гольденвейзер А.Л. Теория упругих тонких оболочек, ГИТТЛ, 1953,
- 10.Канн С.Н. Строительная механика оболочек, Машиностроение, 1966.

Дополнительная:

1. Ахмедзянов А. М. и др. Диагностика состояния ВРД по термогазодинамическим параметрам / А.М. Ахмедзянов, Н.Г. Дубравский, А.П. Тунаков. - М.: Машиностроение, 1983.
2. Ефимова М.Р., Рябцев В.М. Общая теория статистики.-М.: Финансы и статистика,1991.
3. Лозицкий Л.П. и др. Оценка технического состояния авиационных ГТД. -М.: Транспорт, 1982.
4. Стреляев В.С., Никонов В.В., Уриновский Б.Д. Методические основы обеспечения работоспособности конструкций с допустимыми усталостными повреждениями. М.: Машиностроение, 1986.
5. Арепьев А.Н., Громов М.С., Шапкин В.С. Введение в теорию эксплуатационной живучести. М.: МГТУ ГА,2000.
6. Брок Д. Основы механики разрушения. М.: Высшая школа, 1980.

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ,**

выносимых на Государственный итоговый междисциплинарный экзамен по направлению

160900 «Эксплуатация авиационной и космической техники» (магистры),

магистерская программа 160900(03)

«Анализ и синтез эксплуатационно-технических характеристик авиационной и космической техники»

1. Живучесть как одно из основных требований к конструкциям АиКТ.
2. Ресурс эксплуатации АиКТ.
3. Понятие о назначенном ресурсе АиКТ.
4. Принцип живучести и проектирование ВС.
5. Порядок установления ресурса и срока службы ВС.
6. Виды эксплуатационных нагрузок, действующих на элементы конструкций АиКТ.
7. Нагрузки, переменные во времени.
8. Циклическое нагружение. Стационарный режим.
9. Понятие о пределе выносливости конструкционных материалов.
10. Коэффициент запаса прочности элементов конструкции АиКТ-физический смысл и подходы к определению.
11. Понятие о коэффициенте безопасности.
12. Теория нелинейного суммирования повреждений.
13. Конструктивно-технологические факторы, влияющие на живучесть и ресурс АиКТ.
14. Общие требования к методам ОВК.
15. Жесткие эндоскопы (технические параметры).
16. Гибкие эндоскопы (технические параметры).
17. Видеосистемы, их возможности.
18. Основные дефекты ПЧ АД и задачи, решаемые при смотровых работах.
19. Общие требования к эндоскопическому оборудованию.
20. Источники света для эндоскопов.
21. Основные производители эндоскопического оборудования.
22. Фотодокументирование результатов осмотра.
23. Основные технологии и методики осмотра ПЧ АД.
24. Дать понятие параметрической диагностики.
25. Определите место методов параметрической диагностики среди прочих методов диагностики АД.
26. Поясните понятие прогнозирования состояния АД и охарактеризуйте этапы прогнозирования и особенности прогноза с использованием штатно регистрируемой параметрической информации.
27. Опишите типичную последовательность действий в процессе диагностирования АД с использованием штатно регистрируемой

- параметрической информации.
28. Опишите группы и образующие их параметры, регистрируемые в процессе эксплуатации АД ГА.
  29. Охарактеризуйте способы регистрации параметров и их влияние на результаты диагностирования. Какая непараметрическая информация собирается в процессе эксплуатации АД и как она используется в процессе диагностирования?
  30. Приведите понятие математической и диагностической моделей АД. Дайте классификацию моделей по известным критериям.
  31. Опишите метод диагностики по уровню значений параметров (метод допускового контроля). Охарактеризуйте используемые допуски. Поясните порядок построения контрольных карт, которые используются в процессе оценки технического состояния АД.
  32. Охарактеризуйте способы сглаживания временных рядов регистрируемых параметров и их использование при диагностировании АД.
  33. Охарактеризуйте суть регрессионного анализа и особенности его использования в тренд-анализе при диагностировании АД.
  34. Охарактеризуйте суть корреляционного анализа и особенности его использования в тренд-анализе при диагностировании АД.
  35. Охарактеризуйте недостатки используемых в практике методик диагностирования АД и сформулируйте направления их совершенствования.
  36. Поясните особенности применения существующего методического обеспечения проведения параметрического диагностирования АД в условиях организаций по ТОиР.
  37. Достоинства, недостатки и области рационального применения полимерных композиционных материалов в авиаконструкциях.
  38. Структура полимерных композитов. Наполнители и связующие.
  39. Строение молекулы полимера. Химические группы. Валентные углы.
  40. Энергетический критерий устойчивости молекулярной структуры полимеров.
  41. Реологические свойства полимеров. Ползучесть и релаксация.
  42. Влияние внешних условий на физико-механические свойства полимеров.
  43. Технологии изготовления конструкций из полимерных материалов. Достоинства и недостатки тканевой технологии.
  44. Технологии изготовления конструкций из полимерных материалов. Достоинства и недостатки метода продольно-поперечной намотки.
  45. Технологии изготовления конструкций из полимерных материалов. Достоинства и недостатки метода спирально-кольцевой намотки.
  46. Принцип оптимизации физико-механических характеристик конструкции из полимерных конструкционных материалов.
  47. Особенности механики разрушения композитов.
  48. Тонкостенные конструкции Основные определения. Допущения теории пластин, оболочек и тонкостенных стержней.

49. Особенности распределения напряжений в тонкостенных конструкциях с неизменным контуром поперечного сечения.
50. Распределение напряжений при изгибе в сечении в тонкостенного стержня с открытым контуром.
51. Распределение напряжений при изгибе в сечении в тонкостенного стержня с замкнутым контуром.
52. Изгиб тонкостенных пластин. Последовательность операций при выводе уравнения изгиба пластины в декартовых координатах.
53. Физический смысл граничных условий для прямоугольной пластины.
54. Система координат для расчёта круглых пластин.
55. Устойчивость пластин.
56. Колебания пластин. Особенности спектра частот собственных колебаний пластин.
57. Колебания цилиндрической оболочки. Особенности спектра частот собственных колебаний оболочки. Трактовка их с позиций энергетического подхода.
58. Итерационные методы. Метод простой итерации (последовательных приближений). Сходимость итерационных методов.
59. Суть метода начальных параметров. Достоинства метода Сходимость.
60. Метод конечных разностей. Особенности записи граничных условий. Сходимость.
61. Метод конечных элементов. Особенности записи граничных условий.
62. Метод прогонки. Двойная ортогональная прогонка.
63. Вариационные методы. Уравнения Лагранжа, Кастильяно, Гамильтона.
64. Вариационный метод Ритца.
65. Метод Бубнова-Галёркина. Требования к функциям разложения.
66. Метод Трефтца. Общая характеристика. Преимущества использования метода в задачах динамики.
67. Приближённое решение интегральных уравнений.