

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО КОНКУРСНОЙ ГРУППЕ «ФАКТ ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ  
ТЕХНИКА» ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ**

Вступительное испытание проводится в форме собеседования.

Собеседование состоит из трех частей:

- собеседование по содержанию выпускной квалификационной работы, выполненной поступающим при окончании специалитета или магистратуры – в соответствии с частью I настоящей программы;
- собеседование по общетеоретическим вопросам из раздела, соответствующего направлению будущей научно-исследовательской деятельности поступающего, – в соответствии с частью II настоящей программы;
- собеседование по теоретическим вопросам, профильным для выбранной обучающей кафедры, – в соответствии с частью III (вариативной) настоящей программы.

**ЧАСТЬ I**

**Вопросы по выпускной квалификационной работе поступающего**

(магистратура или специалитет)

1. Основные положения.
2. Новизна.
3. Актуальность.

**Раздел «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»**

**ЧАСТЬ II**

**1. Математические основы**

- 1.1. Основы теории пределов. Теорема о неявной функции. Формула Тейлора. Основные теоремы интегрального исчисления (замена переменных, метод интегрирования по частям, интегрирование рациональных функций). Числовые ряды (признаки сходимости знакопостоянных и знакопеременных рядов). Функциональные ряды. Степенные ряды. Ряды Фурье (вычисление коэффициентов).
- 1.2. Матрицы и определители n-го порядка. Координаты вектора в базисе. Преобразование координат векторов при смене базиса пространства. Операции над матрицами. Теорема о ранге матрицы. Общее решение системы линейных уравнений. Однородные системы (пространство решений, фундаментальные системы решений). Собственные векторы и собственные числа матрицы.
- 1.3. Формулы замены координат при переходе от одной декартовой системы координат к другой. Вычисление скалярных произведений, длин отрезков, углов. Кривые и поверхности 1-го и 2-го порядка.
- 1.4. Теоремы существования и единственности решения задачи Коши для дифференциального уравнения и нормальной системы. Линейное уравнение n-го порядка. Построение общего решения линейного уравнения. Неоднородные линейные системы. Линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.
- 1.5. Основные уравнения математической физики: уравнение теплопроводности, уравнения Лапласа и Пуассона, волновое уравнение. Уравнение переноса излучения

в поглощающей, излучающей и рассеивающей среде. Корректная постановка краевых задач.

- 1.6. Решение однородного уравнения теплопроводности на прямой.
- 1.7. Общие представления о некорректно поставленных задачах. Уравнения Фредгольма I-го и II-го рода. Методы регуляризации (А.М. Обухова, А.Н. Тихонова, статистической регуляризации).
- 1.8. Метод Фурье для ограниченных областей.
- 1.9. Случайные события и случайные величины. Аксиоматическое определение вероятности события. Условные вероятности. Независимость событий. Законы распределения и числовые характеристики случайных величин (дисперсия и математическое ожидание). Выборка и методы ее представления. Числовые характеристики выборочного распределения (мода, медиана, среднее, дисперсия). Неравенство Чебышева.

## **2. Общие вопросы вычислительной математики**

- 2.1. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Обусловленность. Прямые методы решения (варианты метода Гаусса, метод прогонки). Итерационные методы (метод простой итерации, идея Чебышевского ускорения итерационных методов и др.).
- 2.2. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений. Методы секущих, метод Ньютона. Теорема о сходимости метода Ньютона. Метод простых итераций, анализ сходимости.
- 2.3. Численное дифференцирование: основные методы аппроксимации 1-х и 2-х производных. Ошибка аппроксимации, ошибка округления. Оптимальный шаг численного дифференцирования. Метод неопределенных коэффициентов.
- 2.4. Численное интегрирование: квадратурные формулы Ньютона-Котеса, квадратурные формулы Гаусса. Оценка ошибки интегрирования. Правило Рунге. Экстраполяция Рунге-Рундсона.
- 2.5. Методы поиска экстремумов функций многих переменных. Градиентный, покоординатный и случайный спуск.
- 2.6. Численное решение задачи Коши для систем ОДУ. Простейшие разностные схемы и их реализация. Методы Рунге-Кутты, основная конструкция, алгоритм реализации, устойчивость. Теоремы о сходимости. Алгоритм решения, аппроксимация, сходимость.
- 2.7. Краевые задачи для систем ОДУ. Сведение линейной краевой задачи к задачам Коши. Нелинейные краевые задачи для систем ОДУ. Метод «стрельбы», метод Ньютона.

## **3. Методы решения уравнений в частных производных**

- 3.1. Численные методы решения уравнений гиперболического типа. Характеристическая форма уравнений. Корректная постановка краевых условий. Схемы для простейшего уравнения переноса: аппроксимация, устойчивость, сходимость, монотонность.
- 3.2. Численные методы решения уравнений параболического типа. Явные и неявные схемы. Метод прогонки. Спектральная устойчивость. Двумерное уравнение теплопроводности. Проблема решения уравнений на верхнем слое. Метод переменных направлений в двумерных и в трехмерных задачах.
- 3.3. Схема «крест» для уравнения Пуассона. Разностная аппроксимация уравнений Пуассона. Метод простых итераций, ошибка, невязка. Спектральный анализ сходимости простых итераций.
- 3.4. Одномерные нелинейные уравнения в частных производных, их разностная аппроксимация и реализация соответствующих схем. Схемы с нелинейностью на верхнем и нижнем слое, их реализация (метод Ньютона и прогонки).

- 3.5. Спектральный признак устойчивости и практика его применения. Принцип замороженных коэффициентов. Условие устойчивости Куранта-Фридрихса-Леви. Устойчивость по начальным данным и краевым условиям.

### **Литература:**

#### **Математические основы**

1. Бесов О.В. Лекции по математическому анализу: в 2 ч.: учеб. пособие. – М.: МФТИ (Ч. 1, 2004 – 328 с, Ч. 2, 2005 – 215 с.).
2. Петровский И.Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1970 г.
3. Ипатова В.М., Пыркова О.А., Седов В.Н. Дифференциальные уравнения. Методы решений. М.: Изд. МФТИ. – 2012. 140 с.
4. Уроев В.М. Уравнения математической физики. М.: ИФ "Яуза" 1998 г. – 373 с.
5. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. Изд. 12-е, испр. М.: Физматлит, 2009. — 312 с.
6. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1984.
7. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука, 1984.
8. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука. 1979 г. – 288 с.

#### **Общие вопросы вычислительной математики**

1. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике: учеб. пособие. М.: Интернет-Ун-т Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 – 523 с.
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. 5-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007 – 636 с.
3. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. – М.: Наука, 1994.

#### **Методы решения уравнений в частных производных**

1. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. – М.: Наука, 1994.
2. Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. – М.: Наука, 1988.

### ЧАСТЬ III

Вариативная часть программы вступительного испытания по кафедрам **информатики и вычислительной математики, вычислительной физики, термогидромеханики океана, фундаментальной и прикладной геофизики, прикладной механики.**

#### **1. Дополнительные вопросы вычислительной математики**

- 1.1. Жесткие системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Численные методы решения.  $A$  – устойчивые,  $A(\alpha)$  – устойчивые методы, асимптотическая устойчивость.
- 1.2. Явные и неявные методы Рунге-Кутты, основная конструкция, алгоритм реализации, устойчивость. Анализ в пространстве неопределенных коэффициентов. Функция устойчивости методов Рунге-Кутты.
- 1.3. Линейные многшаговые схемы (Адамса). Схемы для продолженных систем (схемы Обрешкова). Аппроксимация, устойчивость, сходимости, анализ в пространстве неопределенных коэффициентов.
- 1.4. Примеры методов решения уравнений гиперболического типа. Гибридные схемы. Инварианты Римана на примере системы уравнений акустики. Сравнение методов в пространстве неопределенных коэффициентов.
- 1.5. Решения уравнений Пуассона конечно-разностными методами. Метод простых итераций, ошибка, невязка. Выбор оптимального итерационного параметра. Метод Чебышевского ускорения, анализ устойчивости, устойчивые перенумерации итерационных параметров. Понятие о вариационных методах решения СЛАУ.
- 1.6. Метод переменных направлений решения уравнения Пуассона. Спектральный анализ сходимости. Выбор оптимального итерационного параметра. Оценка числа итераций. Метод переменных направлений с серией параметров.
- 1.7. Методы поиска экстремумов функций многих переменных. Градиентный, покоординатный и случайный спуск. Представление о методах решения невыпуклых задач.
- 1.8. Постановка некорректных задач. Примеры. Качественное описание подхода к их решению. Роль априорной информации. Примеры – интегральное уравнение 1-го рода, обратная задача теплопроводности.

#### **2. Математическое моделирование в прикладных задачах**

- 2.1. Классификации задач моделирования, математических моделей. Динамические модели сложных систем, их формализация и реализация на компьютере. Объектно-ориентированное моделирование.
- 2.2. Уравнение непрерывности. Уравнения Эйлера, Бернулли для идеальной жидкости.
- 2.3. Уравнение Навье–Стокса для вязкой жидкости. Пограничный слой.
- 2.4. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана.
- 2.5. Численные методы решения задач механики сплошной среды. Идея построения разностных схем. Консервативные методы.
- 2.6. Уравнения Максвелла. Поляризация. Поток энергии. Энергетические и фотометрические величины. Отражение, преломление и рассеяние света. Классическая теория излучения, поглощения и дисперсии. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана, Планка, формулы Вина и Релея-Джинса.
- 2.7. Взаимодействие излучения с веществом. Уравнение переноса излучения для поглощающей, излучающей и рассеивающей среды. Приближение локального термодинамического равновесия. Уравнение радиолокации. Основные характеристики сигнала обратного рассеяния (угловые и спектральные зависимости, поляризационные характеристики).

### **3. Параллельные вычисления**

- 3.1. Многопроцессорные и распределенные системы. Издержки и выигрыш при реализации параллельных и векторных вычислений.
- 3.2. Модель передачи сообщений MPI. Модель передачи данных PVM. Две парадигмы параллельного программирования: параллелизм данных и параллелизм задач.
- 3.3. Три части параллельной программы (параллельная, последовательная, обмен данных). Синхронизация процессов, равномерность загрузки процессоров. Обзор программных средств для распараллеливания.
- 3.4. Классы задач, которые можно эффективно векторизовать и распараллеливать. Обработка одномерных и двумерных массивов. Научные задачи. Вычисления в узлах сеток и решеток.

### **4. Объектно-ориентированное программирование**

- 4.1. Содержание объектно-ориентированной модели. Понятия абстракции, инкапсуляции, полиморфизма, типизации и их реализация в языках программирования.
- 4.2. Инкапсуляция. Модификация и оптимизация программ при помощи инкапсуляции.
- 4.3. Наследование. Повторное использование кода. Полиморфизм как средство обеспечения расширяемости программ. Понятие интерфейса.
- 4.4. Понятие свойств и событий (properties and events) в объектных технологиях. Агрегация. Сохраняемость объектов (persistence).
- 4.5. Диаграммы классов. Понятия и принципы объектно-ориентированного проектирования.
- 4.6. CASE – средства и их использование для автоматизации проектирования программ.

### **Литература:**

#### **Математическое моделирование в прикладных задачах**

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2002 – 320 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики, т. 6: Гидродинамика.
3. Чуличков А.И. Математические методы нелинейной динамики. — М.: Физматлит, 2000 — 296 с.
4. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М: Техносфера, 2010 – 560 с.

#### **Параллельные вычисления**

1. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределённого программирования. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003 – 512 с.

#### **Объектно-ориентированное программирование**

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++, 2-е издание, пер. с англ., М.: Издательство Бином, СПб.: Невский диалект, 1999 г.
2. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем.

### ЧАСТЬ III

Вариативная часть программы вступительного испытания по кафедре **логистических систем и технологий**

1. Задачи оценивания состояния объекта управления. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции. Математическая постановка задачи фильтрации. Фильтр Калмана для дискретного и непрерывного случаев.
2. Оптимальное управление. Классификация задач оптимального управления. Метод множителей Эйлера-Лагранжа. Принцип максимума Понтрягина. Линейный регулятор
3. Основные понятия прикладного системного анализа. Классификация задач принятия решений, предложенная Г. Саймоном. Особенности слабоструктурируемых задач принятия решений.
4. Классификация многокритериальных методов принятия решений. Особенности применения многокритериальных методов принятия решений в логистических задачах. Методы вербального анализа решений (ВАР). Классификация методов ВАР.

#### Литература:

К вопросам 1 и 2:

1. Балакришнан А.В. Теория фильтрации Калмана. М.: Мир, 1988.
2. Колос М.В., Колос И.В., Методы линейной оптимальной фильтрации. М.: МГУ, 2000.
3. Методы современной теории автоматического управления. Под редакцией Пупкова К.А. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
4. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации. СПбГПУ, 2012.

К вопросам 3 и 4:

5. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. — 3-е изд. — М.: Логос, 2006. — 392 с.
6. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ М.: КноРус, 2017
7. Ларичев О. И. Вербальный анализ решений М.: Наука, 2006

### ЧАСТЬ III

Вариативная часть программы вступительного испытания по кафедре **систем, устройств и методов геокосмической физики**

#### **1. Предмет и основные понятия космических информационных систем ДЗ**

- 1.1. Принципы дистанционных исследований. Связь дистанционной информации с характеристиками изучаемых явлений и процессов. Космические и авиационные системы дистанционного зондирования (ДЗ). Достоинства космической информации. Вседоступность. Оперативность. Глобальность.
- 1.2. Задачи ДЗ атмосферы, поверхности Земли. Земля как единая экологическая система. Роль дистанционных исследований в изучении природной среды в глобальном масштабе и воздействия на нее антропогенных факторов.
- 1.3. Задачи дистанционного контроля и разведки объектов на поверхности Земли и в атмосфере.
- 1.4. Современные системы ДЗ. Системный подход к дистанционным исследованиям. Пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение. Перспективы развития космических систем дистанционного зондирования.

## **2. Природа электромагнитного излучения. Взаимодействие излучения с веществом.**

- 2.1. Теория электромагнитного излучения. Уравнение Максвелла. Волновое уравнение и его решения. Поляризация. Поток энергии. Энергетические и фотометрические величины. Отражение и преломление света. Классическая теория излучения, поглощения и дисперсии. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело (АЧТ). Законы Стефана-Больцмана, Планка, формулы Вина и Релея-Джинса. Законы излучения АЧТ для среды, отличной от вакуума. Законы АЧТ для конечных спектральных интервалов. Излучательная способность и радиояркостная температура.
- 2.2. Взаимодействие излучения с веществом в оптическом диапазоне. Уравнение переноса излучения для поглощающей, излучающей и рассеивающей среды. Уравнение переноса при наличии поляризации. Вектор-параметр Стокса. Приближение локального термодинамического равновесия. Связь результатов дистанционных наблюдений со свойствами наблюдаемых явлений.
- 2.3. Лазерное дистанционное зондирование. Лидарное уравнение для рассеяния. Лидарное уравнение для дифференциального поглощения. Лидарное уравнение для флюоресцирующего объекта.
- 2.4. Излучательные, поглощательные и отражательные свойства нечерных поверхностей. Особенности спектральных характеристик отражения природных и антропогенных образований в оптическом диапазоне спектра. Спектральные и рассеивающие свойства минералов, горных пород и почв. Спектральные свойства растительности. Характеристики, связанные с содержанием влаги. Спектральные свойства крио- и водных сред.
- 2.5. Взаимодействие излучения с веществом в СВЧ-диапазоне. Особенности дистанционных методов зондирования в СВЧ-диапазоне. Чувствительность к геометрии поверхности. Чувствительность к содержанию воды. Уравнение радиолокации. Основные характеристики сигнала обратного рассеяния. Рассеяние излучения природными объектами (угловые и спектральные зависимости, поляризационные характеристики).
- 2.6. Пассивное дистанционное зондирование в СВЧ-диапазоне. Модели радиометрической температуры (гладкая и шероховатая поверхности). Яркостная температура природных образований.

## **3. Роль атмосферы в дистанционных исследованиях Земли**

- 3.1. Характеристика атмосферы. Состав. Газы. Аэрозоли. Облака. Туман. Дымка. Перенос излучения в рассеивающей и поглощающей среде. Поглощение излучения газами. Рассеяние на молекулах газа и частицах аэрозоля. Релеевское рассеяние. Рассеяние Ми. Закон Ламберта-Бугера. Оптическая толща. Модели аэрозольной атмосферы. Метеорологическая дальность видимости.
- 3.2. Методы расчета прозрачности атмосферы. Метод "line-by-line". Методы моделирования полос (модель Эльзассера, статистическая модель или модель Мейера-Гуди). Эмпирические методы с использованием модели полос ("агрегатный" метод, модель "Lowtran"). Двухпараметрический метод Куртисса-Годсона.
- 3.3. Атмосферная турбулентность. Дифракция на однородных зонах. Структурная функция. Структурная постоянная. Оптическая передаточная функция турбулентной атмосферы. Случайная составляющая длительной и короткой экспозиции. Измерения турбулентности.
- 3.4. Яркостные (радиационные) характеристики Земли из космоса. Отраженное и тепловое излучение. Облученность земной поверхности. Прямое солнечное излучение. Излучение небосвода. Зависимость от высоты Солнца над горизонтом и геометрии наблюдения. Яркость Земли из космоса. Излучение от участка

поверхности. Вклад атмосферы. Учет рассеянного излучения. Особенности процессов переноса излучения в атмосфере Земли в инфракрасном и СВЧ-диапазонах.

#### **4. Регистрация электромагнитного излучения.**

- 4.1. Классификация механизмов селективного фотоприема. Фотонные эффекты. Тепловые эффекты. Эффекты волнового взаимодействия. Основные типы твердотельных фотоприемников. Фотодиоды. Барьеры Шотки. Фоторезисторы собственные и примесные. Приборы с зарядовой инжекцией.
- 4.2. Основы физики приборов с зарядовой связью (ПЗС). Принцип хранения и переноса заряда. Основные типы ПЗС-структур. Перенос заряда и частотные свойства. ПЗС с объемным каналом и виртуальной фазой. Неэффективность переноса заряда в ПЗС. Темновой ток. Методы ввода и детектирования заряда. Линейные и матричные ПЗС.
- 4.3. Характеристики приемников оптического излучения. Светосигнальная характеристика. Квантовая характеристика. Квантовая эффективность. Спектральная характеристика чувствительности. Спектральный коэффициент поглощения излучения. Длинноволновая граница чувствительности. Активные энергетические характеристики. Частотные свойства приемников излучения, постоянная времени фотоотклика. Функция передачи модуляции (ФПМ). Геометрическая ФПМ. Диффузная ФПМ. ФПМ неэффективности переноса в ПЗС.
- 4.4. Шумы. Основные источники шумов. Пороговая облученность. Удельная обнаружительная способность. Спектральная плотность шума полупроводниковых фотоприемников. Шумы в многоэлементных ПЗС-фотоприемниках. Шум переноса заряда. Шум выходного устройства. Геометрический шум. Влияние охлаждения. Достоинства в случае приема изображения при низких уровнях облученности.
- 4.5. Дискретизация изображения многоэлементным фотоприемником. Теорема Котельникова. Визуальное проявление эффектов выборки. Редукция пространственных частот и ФПМ многоэлементных приемников. Муар-эффект. Описание эффекта искажения сигнала с помощью "ФПМ фазы". Тестирование многоэлементных фотоприемников. Реакция системы на прямоугольную мишень. Связь с ФПМ.

#### **5. Теория линейной фильтрации. Сигналы и помехи в системах приема электромагнитного излучения.**

- 5.1. Детерминированные сигналы, способы их описания. Интеграл свертки. Преобразование Фурье и его функциональные свойства. Теорема свертки и оптическая передаточная функция (ОПФ). Анализ линейных систем формирования изображения с помощью преобразования Фурье. ОПФ оптических элементов. ОПФ типичных элементов информационного тракта систем дистанционного зондирования. Центральная предельная теорема при анализе линейных систем. Результирующая ОПФ.
- 5.2. Случайные сигналы и способы их описания. Случайные функции и поля. Числовые характеристики. Функция распределения и функции плотности вероятности. Стационарность, однородность, эргодичность. Автокорреляционная функция и спектральная плотность. Корреляционный и спектральный анализ. Виды одномерных спектров. Преобразование спектральной плотности линейными звеньями. Вероятностное описание непрерывных изображений.

#### **6. Методы передачи и обработки информации, получаемой средствами ДЗ.**

- 6.1. Методы передачи изображений. Характеристики системы передачи изображений. Использование моделей зрения при кодировании изображений. Кодирование методом импульсной кодовой модуляции. Статистическое кодирование. Кодирование с предсказанием. Кодирование с преобразованием. Гибридное кодирование.

- Межкадровое кодирование с условным замещением. Сокращение избыточности бинарных изображений.
- 6.2. Методы обработки изображений. Представление изображений в цифровой форме. Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Математическое описание дискретных изображений. Линейные операторы. Оператор суперпозиции. Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Фурье. Косинусное преобразование. Синусное преобразование. Преобразование Адамара, Хаара. Сингулярное преобразование. Двумерные методы линейной обработки. Обработка с использованием преобразования. Суперпозиция с преобразованием. Свертка с использованием быстрого преобразования Фурье. Фильтры на основе преобразования Фурье.
  - 6.3. Основные понятия геоинформатики. Общая характеристика геоинформационных систем (ГИС) как класса автоматизированных ИС. Сферы применения ГИС. Классификация ГИС по функциональным возможностям и территориальному охвату. Картографическая основа как средство интеграции и отображения данных. Технологии САПР как методологическая основа проектирования ГИС. Роль и место экспертных систем в ГИС-технологиях. Инструментально-программное обеспечение ГИС. ГИС и web- технологии. Применение данных ДЗ в ГИС-технологиях. Технологическая цепочка тематической обработки (ТО) данных космического ДЗ. Методы и средства представления растровых изображений
  - 6.4. Методы классификации дистанционной информации. Геометрическая, радиометрическая и атмосферная коррекция. Алгоритмы расширения динамического диапазона дистанционного изображения. Применение условно-цветового кодирования изображения по данным спектральных каналов. Метод анализа главных компонентов или преобразование Карунена-Лоэва. Преобразование Каута-Томаса. Признаки многозональной информации (индекс почвы, вегетационный индекс, индекс влажности и др.). Учет временных характеристик, каскадная классификация. Морфометрический анализ в географических исследованиях. Обнаружение объектов определенной формы. Неконтролируемая классификация. Экспертные системы для данных ДЗ.

#### **Литература:**

1. Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, М. Изд. А и Б, 1997 г.
2. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование: М.: Наука. Пер. с англ. 1987, 550 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, испр. и дополн. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2012 – 1104 с.
4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.—М.: Мир, 1982. Кн.1 — 312 с., Кн. 2 – 479 с.
5. Залманзон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. 1989 г. - 496 с.
6. Кашкин В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений. Версия 1.0 Электрон. учеб. пособие / ИПК Сибирского федерального университета. Красноярск. 2008. [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/54/u\\_program.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/54/u_program.pdf) .
7. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля. М.: Наука. 1978. 398 с.
8. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2008 — 312 с.
9. Носов Ю.Р. - Приборы с зарядовой связью. М.: Радиоэлектроника и связь, 1989 – 342 с.

10. Лазовский Л.Н. Приборы с зарядовой связью. 2002. Электронная версия книги <http://www.autex.spb.ru>.
11. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
12. Гуди Р.М. Атмосферная радиация. Основы теории. М.: Мир. 1966 – 552 с.
13. Лио Ку-Нан. Основы радиационных процессов в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат. 1984. – 376 с.
14. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. М.: Логос. 1999 г., 480 с.
15. Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В. Тематическая обработка многоспектральных и гиперспектральных аэрокосмических изображений. Учеб. пособие. М.: МФТИ, 2013- 224 с.

### ЧАСТЬ III

Вариативная часть программы вступительного испытания по кафедре **компьютерного моделирования**

1. Задачи численного моделирования в механике сплошных сред. Области научного и индустриального применения.
2. Цикл моделирования от постановки задачи до постпроцессинга.
3. Классификация и структура современных программных комплексов. Критерии оценки возможностей. Проблемно-ориентированное тестирование. Реестр российского программного обеспечения.
4. Конструкторская и адаптированная геометрическая модель. Геометрический препроцессинг. Типы расчетных сеток. Требования к расчетной сетке с точки зрения обеспечения точности решения.
5. Расчетная модель. Использование критериев подобия и свойств симметрии. Моделирование стационарных и нестационарных процессов. Типовые классы задач.
6. Организация расчета на многопроцессорных системах. Масштабируемость.

#### Литература:

1. Механика жидкости и газа [Текст] — учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский.— 5-е изд., перераб. — М. : Наука, 1973. — 736 с.
2. Язык программирования C++ [Текст] / Б. Страуструп ; пер. с англ. С. Анисимова, М. Кононова ; под ред. Ф. Андреева, А. Ушакова .— Спец. изд. с авт. изменениями и доп. — М. : Бином Пресс, 2008 .— 1104 с.
3. Искусство программирования [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Д. Кнут ; пер. с англ. С. Г. Тригуб [и др.] ; под общ. ред. Ю. В. Козаченко .— 3-е изд. — М. : Вильямс, 2000 .— Т. 1 : Основные алгоритмы. - 2000. - 720 с.
4. Информационные системы и вычислительные комплексы [Текст] : учеб. пособие для вузов : доп. М-вом образования СССР / В. Я. Макеев [и др.] .— М. : Машиностроение, 1984 .— 191 с.
5. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с использованием UML и IBM Rational Rose [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. В. Леоненков .— М. : Интернет-Ун-т Информ. Технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006 .— 320 с.
6. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Э. Гамма [и др.] ; [пер. с англ. А. Слинкин] .— СПб. : Питер, 2010 .— 368 с.
7. Вычислительные комплексы, системы и сети [Текст] : учебник для вузов / А. М. Ларионов, С. А. Майоров, Г. И. Новиков .— Л. : Энергоатомиздат, 1987 .— 28 с.

## Раздел «Системный анализ, управление и обработка информации»

### ЧАСТЬ II

1. Основные понятия системного анализа. Характерные особенности сложных систем. Прогнозирование времени смены состояний у сложных систем как момент времени изменения интегральных характеристик. Границы принципа редукционизма.
2. Основные задачи, методы системного моделирования. Компоненты системного моделирования. Этапы моделирования. Формы моделирования: синтез, сборка, настройка модели, идентификация параметров.
3. Входящие, выходящие и управляющие переменные в системном моделировании, задачи и методы агрегирования и дезагрегирования. Чувствительность к управляющим переменным.
4. Выбор параметров при моделировании динамики сложных систем. Идентификация параметров в моделях. Зависимость результата моделирования от выбора параметров. Чувствительность к параметрам.
5. Трубки траекторий. Сценарные исследования. Оптимизация, уменьшение размерности. Интерпретация и представление результатов.
6. Традиционные методы системного анализа сложных систем. Матричные, системнодинамические, диффузные, стохастические модели.
7. Линейное программирование - постановка задачи. Алгоритм симплекс-метода.
8. Байесовский метод. Априорные и апостериорные распределения параметров: непрерывный и дискретный случаи.
9. Метод максимального правдоподобия и его связь с максимумом апостериорной вероятности в байесовском оценивании в асимптотическом случае.
10. Идентификация параметров моделей на примере идентификации параметров в модели парной линейной регрессии и однородной производственной функции Кобба-Дугласа. Идентификация параметров в модели линейной регрессии с автокоррелированными ошибками первого и второго порядков.

#### Литература:

1. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2006. - 386 с.
2. Аоки М. Введение в методы оптимизации. Основы и приложения нелинейного программирования, М.: Наука, 1977. - 344 с.
3. Афанасьев М.Ю. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения / М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: Инфра-М, 2003.
4. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. - 552 с.
5. Геловани В.А., Бритков В.Б, Дубовский С.В. СССР и Россия в глобальной системе: «1985-2030» (Результаты глобального моделирования). Москва, Книжный дом «Либроком», 2012. - 320 с. (Будущая Россия).
6. Зайченко Ю.П. Исследование операций. К.: Выща школа. 1988. - 552 с.
7. Зельнер А. Байесовские методы в эконометрии / Пер. с англ. Г. Г. Пирогова и Ю. П. Федоровского; С предисл. Переводчиков. – М.: Статистика», 1980. – 438 с., ил.
8. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Айрис пресс, 2002. – 576 с.
9. Кротов В.Ф. и др. Основы теории оптимального управления. М.: Высшая школа, 1990. – 430 с.
10. Лагоша Б.А. Оптимальное управление в экономике. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.

11. Майер-Шенбергер В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукьер; пер. с англ. Инны Гайдюк. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 240 с.
12. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981, 487 с.
13. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. - М.: КРАСАНД, 2009. - 272 с.
14. Понтрягин Л.С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. 1969. 384 с.
15. Ширяев В.И., Баев И.А., Ширяев Е.В. Экономико-математическое моделирование управление фирмой. М.: КомКнига, 2007. – 224 с.

### ЧАСТЬ III

Вариативная часть программы вступительного испытания по кафедре **логистических систем и технологий**

1. Задачи оценивания состояния объекта управления. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции. Математическая постановка задачи фильтрации. Фильтр Калмана для дискретного и непрерывного случаев.
2. Оптимальное управление. Классификация задач оптимального управления. Метод множителей Эйлера-Лагранжа. Принцип максимума Понтрягина. Линейный регулятор
3. Основные понятия прикладного системного анализа. Классификация задач принятия решений, предложенная Г. Саймоном. Особенности слабоструктурируемых задач принятия решений.
4. Классификация многокритериальных методов принятия решений. Особенности применения многокритериальных методов принятия решений в логистических задачах. Методы вербального анализа решений (ВАР). Классификация методов ВАР.

#### Литература:

К вопросам 1 и 2:

1. Балакришнан А.В. Теория фильтрации Калмана. М.: Мир, 1988.
2. Колос М.В., Колос И.В., Методы линейной оптимальной фильтрации. М.: МГУ, 2000.
3. Методы современной теории автоматического управления. Под редакцией Пупкова К.А. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
4. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации. СПбГПУ, 2012.

К вопросам 3 и 4:

5. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. — 3-е изд. — М.: Логос, 2006. — 392 с.
6. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ М.: КноРус, 2017.
7. Ларичев О. И. Вербальный анализ решений М.: Наука, 2006.

## **ЧАСТЬ III**

Вариативная часть программы вступительного испытания по **кафедре систем, устройств и методов геокосмической физики**

### **1. Принципы построения и функционирования современных космических информационных систем**

- 1.1. Понятия о криптографических методах защиты информации. Криптографические протоколы и алгоритмы. Основы криптоанализа. Аппаратные средства криптозащиты.
- 1.2. Основные задачи современных КИС (спутниковые системы связи, навигационные системы и информационные системы дистанционного зондирования Земли).
- 1.3. Спутниковые системы связи.
- 1.4. Физические принципы обеспечения космической связи. Основные элементы бортового и наземного сегментов. Виды орбит космических аппаратов, обеспечивающих спутниковую связь.
- 1.5. Спутниковые навигационные системы. Общая структура и принципы построения СНС. Космический и наземный сегменты. Методы измерения навигационных параметров. Основные навигационные алгоритмы. Понятие о дифференциальном режиме функционирования СНС. СНС ГЛОНАСС, GPS и GALILEO.
- 1.6. Спутниковые системы дистанционного зондирования (ДЗ). Общая характеристика методов ДЗ. Физические принципы функционирования и физико-технические возможности пассивных и активных систем ДЗ. Понятия о пространственном, спектральном, радиометрическом и временном разрешениях спутниковых систем ДЗ. Современные спутниковые системы ДЗ низкого, среднего и высокого пространственного разрешения. Мультиспектральные и гиперспектральные системы ДЗ. Примеры применения спутниковых систем ДЗ в задачах мониторинга атмосферы, поверхности Земли, морей и океанов.

### **2. Системное проектирование космических информационных систем (КИС).**

- 2.1. Архитектура и иерархия построения КИС. Схема деления. Функциональный анализ и синтез КИС.
- 2.2. Модульное проектирование. Понятие об устойчивом проектировании. Технологическая готовность.
- 2.3. Понятия о системных рисках. Принципы и методы обеспечения надежности КИС.
- 2.4. Валидация и верификация результатов системного проектирования КИС.
- 2.5. Технологические этапы управления процессом выполнения проектных работ: сетевые графики, контроль исполнения, формы отчетности.

### **3. Предмет и основные понятия космических информационных систем ДЗ**

- 3.1. Принципы дистанционных исследований. Связь дистанционной информации с характеристиками изучаемых явлений и процессов. Космические и авиационные системы дистанционного зондирования (ДЗ). Достоинства космической информации. Вседоступность. Оперативность. Глобальность.
- 3.2. Задачи ДЗ атмосферы, поверхности Земли. Земля как единая экологическая система. Роль дистанционных исследований в изучении природной среды в глобальном масштабе и воздействия на нее антропогенных факторов.
- 3.3. Задачи дистанционного контроля и разведки объектов на поверхности Земли и в атмосфере.
- 3.4. Современные системы ДЗ. Системный подход к дистанционным исследованиям. Пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение. Перспективы развития космических систем дистанционного зондирования.

#### **4. Природа электромагнитного излучения. Взаимодействие излучения с веществом.**

- 4.1. Теория электромагнитного излучения. Уравнение Максвелла. Волновое уравнение и его решения. Поляризация. Поток энергии. Энергетические и фотометрические величины. Отражение и преломление света. Классическая теория излучения, поглощения и дисперсии. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело (АЧТ). Законы Стефана-Больцмана, Планка, формулы Вина и Релея-Джинса. Законы излучения АЧТ для среды, отличной от вакуума. Законы АЧТ для конечных спектральных интервалов. Излучательная способность и радиояркостная температура.
- 4.2. Взаимодействие излучения с веществом в оптическом диапазоне. Уравнение переноса излучения для поглощающей, излучающей и рассеивающей среды. Уравнение переноса при наличии поляризации. Вектор-параметр Стокса. Приближение локального термодинамического равновесия. Связь результатов дистанционных наблюдений со свойствами наблюдаемых явлений.
- 4.3. Лазерное дистанционное зондирование. Лидарное уравнение для рассеяния. Лидарное уравнение для дифференциального поглощения. Лидарное уравнение для флюоресцирующего объекта.
- 4.4. Излучательные, поглощательные и отражательные свойства нечерных поверхностей. Особенности спектральных характеристик отражения природных и антропогенных образований в оптическом диапазоне спектра. Спектральные и рассеивающие свойства минералов, горных пород и почв. Спектральные свойства растительности. Характеристики, связанные с содержанием влаги. Спектральные свойства крио- и водных сред.
- 4.5. Взаимодействие излучения с веществом в СВЧ-диапазоне. Особенности дистанционных методов зондирования в СВЧ-диапазоне. Чувствительность к геометрии поверхности. Чувствительность к содержанию воды. Уравнение радиолокации. Основные характеристики сигнала обратного рассеяния. Рассеяние излучения природными объектами (угловые и спектральные зависимости, поляризационные характеристики).
- 4.6. Пассивное дистанционное зондирование в СВЧ-диапазоне. Модели радиометрической температуры (гладкая и шероховатая поверхности). Яркостная температура природных образований.

#### **5. Роль атмосферы в дистанционных исследованиях Земли**

- 5.1. Характеристика атмосферы. Состав. Газы. Аэрозоли. Облака. Туман. Дымка. Перенос излучения в рассеивающей и поглощающей среде. Поглощение излучения газами. Рассеяние на молекулах газа и частицах аэрозоля. Релеевское рассеяние. Рассеяние Ми. Закон Ламберта-Бугера. Оптическая толща. Модели аэрозольной атмосферы. Метеорологическая дальность видимости.
- 5.2. Методы расчета прозрачности атмосферы. Метод "line-by-line". Методы моделирования полос (модель Эльзассера, статистическая модель или модель Мейера-Гуди). Эмпирические методы с использованием модели полос ("агрегатный" метод, модель "Lowtran"). Двухпараметрический метод Куртисса-Годсона.
- 5.3. Атмосферная турбулентность. Дифракция на однородных зонах. Структурная функция. Структурная постоянная. Оптическая передаточная функция турбулентной атмосферы. Случайная составляющая длительной и короткой экспозиции. Измерения турбулентности.
- 5.4. Яркостные (радиационные) характеристики Земли из космоса. Отраженное и тепловое излучение. Облученность Земной поверхности. Прямое солнечное излучение. Излучение небосвода. Зависимость от высоты Солнца над горизонтом и геометрии наблюдения. Яркость Земли из космоса. Излучение от участка

поверхности. Вклад атмосферы. Учет рассеянного излучения. Особенности процессов переноса излучения в атмосфере Земли в инфракрасном и СВЧ-диапазонах.

## **6. Регистрация электромагнитного излучения.**

- 6.1. Классификация механизмов селективного фотоприема. Фотонные эффекты. Тепловые эффекты. Эффекты волнового взаимодействия. Основные типы твердотельных фотоприемников. Фотодиоды. Барьеры Шотки. Фоторезисторы собственные и примесные. Приборы с зарядовой инжекцией.
- 6.2. Основы физики приборов с зарядовой связью (ПЗС). Принцип хранения и переноса заряда. Основные типы ПЗС-структур. Перенос заряда и частотные свойства. ПЗС с объемным каналом и виртуальной фазой. Неэффективность переноса заряда в ПЗС. Темновой ток. Методы ввода и детектирования заряда. Линейные и матричные ПЗС.
- 6.3. Характеристики приемников оптического излучения. Светосигнальная характеристика. Квантовая характеристика. Квантовая эффективность. Спектральная характеристика чувствительности. Спектральный коэффициент поглощения излучения. Длинноволновая граница чувствительности. Активные энергетические характеристики. Частотные свойства приемников излучения, постоянная времени фотоотклика. Функция передачи модуляции (ФПМ). Геометрическая ФПМ. Диффузная ФПМ. ФПМ неэффективности переноса в ПЗС.
- 6.4. Шумы. Основные источники шумов. Пороговая облученность. Удельная обнаружительная способность. Спектральная плотность шума полупроводниковых фотоприемников. Шумы в многоэлементных ПЗС-фотоприемниках. Шум переноса заряда. Шум выходного устройства. Геометрический шум. Влияние охлаждения. Достоинства в случае приема изображения при низких уровнях облученности.
- 6.5. Дискретизация изображения многоэлементным фотоприемником. Теорема Котельникова. Визуальное проявление эффектов выборки. Редукция пространственных частот и ФПМ многоэлементных приемников. Муар-эффект. Описание эффекта искажения сигнала с помощью "ФПМ фазы". Тестирование многоэлементных фотоприемников. Реакция системы на прямоугольную мишу. Связь с ФПМ.

## **7. Теория линейной фильтрации. Сигналы и помехи в системах приема электромагнитного излучения.**

- 7.1. Детерминированные сигналы, способы их описания. Интеграл свертки. Преобразование Фурье и его функциональные свойства. Теорема свертки и оптическая передаточная функция (ОПФ). Анализ линейных систем формирования изображения с помощью преобразования Фурье. ОПФ оптических элементов. ОПФ типичных элементов информационного тракта систем дистанционного зондирования. Центральная предельная теорема при анализе линейных систем. Результирующая ОПФ.
- 7.2. Случайные сигналы и способы их описания. Случайные функции и поля. Числовые характеристики. Функция распределения и функции плотности вероятности. Стационарность, однородность, эргодичность. Автокорреляционная функция и спектральная плотность. Корреляционный и спектральный анализ. Виды одномерных спектров. Преобразование спектральной плотности линейными звеньями. Вероятностное описание непрерывных изображений.

## **8. Методы передачи и обработки информации, получаемой средствами ДЗ.**

- 8.1. Методы передачи изображений. Характеристики системы передачи изображений. Использование моделей зрения при кодировании изображений. Кодирование методом импульсной кодовой модуляции. Статистическое кодирование. Кодирование с предсказанием. Кодирование с преобразованием. Гибридное кодирование.

- Межкадровое кодирование с условным замещением. Сокращение избыточности бинарных изображений.
- 8.2. Методы обработки изображений. Представление изображений в цифровой форме. Дискретизация и восстановление непрерывных изображений. Математическое описание дискретных изображений. Линейные операторы. Оператор суперпозиции. Двумерные унитарные преобразования. Преобразование Фурье. Косинусное преобразование. Синусное преобразование. Преобразование Адамара, Хаара. Сингулярное преобразование. Двумерные методы линейной обработки. Обработка с использованием преобразования. Суперпозиция с преобразованием. Свертка с использованием быстрого преобразования Фурье. Фильтры на основе преобразования Фурье.
  - 8.3. Основные понятия геоинформатики. Общая характеристика геоинформационных систем (ГИС) как класса автоматизированных ИС. Сферы применения ГИС. Классификация ГИС по функциональным возможностям и территориальному охвату. Картографическая основа как средство интеграции и отображения данных. Технологии САПР как методологическая основа проектирования ГИС. Роль и место экспертных систем в ГИС-технологиях. Инструментально-программное обеспечение ГИС. ГИС и web-технологии. Применение данных ДЗ в ГИС-технологиях. Технологическая цепочка тематической обработки (ТО) данных космического ДЗ. Методы и средства представления растровых изображений
  - 8.4. Методы классификации дистанционной информации. Геометрическая, радиометрическая и атмосферная коррекция. Алгоритмы расширения динамического диапазона дистанционного изображения. Применение условно-цветового кодирования изображения по данным спектральных каналов. Метод анализа главных компонент или преобразование Карунена-Лоэва. Преобразование Каута-Томаса. Признаки многозональной информации (индекс почвы, вегетационный индекс, индекс влажности и др.). Учет временных характеристик, каскадная классификация. Морфометрический анализ в географических исследованиях. Обнаружение объектов определенной формы. Неконтролируемая классификация. Экспертные системы для данных ДЗ.

#### **Литература:**

1. Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Космические системы дистанционного зондирования Земли, М. Изд. А и Б, 1997.
2. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование: М.: Наука. Пер. с англ. 1987, 550 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, испр. и дополн. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2012 – 1104 с.
4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.—М.: Мир, 1982. Кн.1 — 312 с., Кн. 2 – 479 с.
5. Залманзон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. 1989, 496 с.
6. Кашкин В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений. Версия 1.0 Электрон. учеб. пособие / ИПК Сибирского федерального университета. Красноярск. 2008. [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/54/u\\_program.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/54/u_program.pdf).
7. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля. М.: Наука. 1978. 398 с.
8. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2008 — 312 с.
9. Носов Ю.Р. - Приборы с зарядовой связью. М.: Радиоэлектроника и связь, 1989 – 342 с.
10. Лазовский Л.Н. Приборы с зарядовой связью. 2002. Электронная версия книги <http://www.autex.spb.ru> .

11. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
12. Гуди Р.М. Атмосферная радиация. Основы теории. М.: Мир. 1966 – 552 с.
13. Лио Ку-Нан. Основы радиационных процессов в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат. 1984. – 376 с.
14. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. М.: Логос.1999 г., 480 с.
15. Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В. Тематическая обработка многоспектральных и гиперспектральных аэрокосмических изображений. Учеб. пособие. М.: МФТИ, 2013- 224 с.