

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИМКЭС СО РАН, д.ф.-м.н.

 Крутиков В.А.

« 6 » / 02 2015 г.



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

по специальной дисциплине, соответствующей профилю

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И
КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

(направление подготовки: 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника)

г. Томск
2015 г.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ, ПРОВЕРЯЕМЫЕ НА ЭКЗАМЕНЕ

Целью вступительного экзамена в аспирантуру по профилю 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ является выявление у поступающих в аспирантуру базовых знаний математических основ моделирования, информационных и компьютерных технологий и готовности поступающего к обучению по образовательным программам аспирантуры и последующей сдаче кандидатского экзамена по дисциплине «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знание основных физических и математических законов, базовых представлений о математическом моделировании, статистике, численных методах, полученных поступающим при изучении общепрофессиональных или специальных дисциплин специалитета, бакалаврской и магистерской подготовки, таких как «Функциональный анализ», «Математическая физика», «Теория вероятностей», «Математическая статистика», «Численные методы» и других.

Результаты экзамена позволят обосновано и целенаправленно сформировать список дисциплин, необходимых для качественной подготовки аспиранта по профилю 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Программа вступительного экзамена по математическому моделированию, численным методам и комплексам программ разработана в соответствии с требованиями Государственных образовательных стандартов (специалитет), Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (магистратура).

2. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ, ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДАМ И КОМПЛЕКСАМ ПРОГРАММ

2.1. Математические модели

Определение понятия модели. Примеры моделей. Адекватность моделей. Подобие и верификация моделей. Классификация математических моделей. Детерминированные и стохастические модели. Универсальность математических моделей. Формирование моделей из фундаментальных законов природы.

Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Устойчивость по Ляпунову. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Синергетика. Фракталы. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.

Математические модели физических процессов в виде краевых задач для дифференциальных уравнений.

Применение интегральных уравнений для математического моделирования различных физических процессов. Математическое моделирование как инструмент познания. Вариационные принципы. Применение аналогий. Нелинейность моделей.

Исследование математических моделей. Метод подобия. Принцип максимума и теоремы сравнения. Метод осреднения. Основные идеи метода Монте Карло. Дискретные модели.

2.2. Теория вероятностей. Математическая статистика.

Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Одномерные и многомерные законы распределения случайных величин. Выборка, генеральная совокупность. Элементы корреляционной теории.

Элементы теории случайных процессов. Э르고дичные процессы. Числовые характеристики случайных величин. Основы теории оценивания. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Теория принятия решений. Общая постановка задачи принятия решений в условиях неопределенности. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод факторного, дисперсионного анализа. Критерии статистической проверки гипотез.

2.3. Численные методы линейной алгебры

Нормы векторов и согласованные с ними нормы матрицы. Число обусловленности невырожденной матрицы. Число обусловленности симметричной положительно определенной матрицы. Погрешность решения СЛАУ. Оценка относительной погрешности решения СЛАУ через ее невязку и число обусловленности.

Итерационные методы решения СЛАУ, их характерные признаки. Метод Якоби (метод простой итерации). Условия сходимости метода Якоби. Метод Гаусса-Зейделя. Метод релаксации. Метод блочной релаксации. Итерационные методы, основанные на минимизации функционала.

2.4. Интерполяция, численное интегрирование функций и систем обыкновенных дифференциальных уравнений, решение нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений

Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяция с использованием сплайнов. Одномерный кубический сплайн с непрерывной первой и второй производными. Кусочно-кубическая интерполяция со сглаживанием.

Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Численное интегрирование одномерных функций. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, парабол (Симпсона). Основные принципы построения квадратурных формул Гаусса. Правило Рунге практической оценки погрешности численного интегрирования.

Интегрирование систем обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием метода Эйлера, метода прогноза и коррекции, методов Рунге-Кутты и методов Адамса различных порядков. Преимущества и недостатки методов Рунге-Кутты и Адамса одинаковых порядков. Применение правила Рунге для оценки погрешности приближенного решения. Уточнение решения по Ричардсону. Методы простой итерации, половинного деления, секущих, хорд и Ньютона решения нелинейных уравнений. Квадратичная сходимость метода Ньютона. Метод Ньютона для решения систем нелинейных уравнений.

Численные методы решения интегральных уравнений. Структуры СЛАУ, получающихся при использовании численных методов для решения интегральных уравнений.

Принципы аппроксимации краевых задач на прямоугольных сетках с использованием метода конечных разностей. Понятие разностной схемы. Аппроксимация, устойчивость и

сходимость разностной схемы, их взаимосвязь. Консервативная разностная схема и метод конечных объемов.

Явные и неявные схемы численного решения начально-краевых задач. Условия устойчивости явных схем при решении краевых задач для уравнений параболического и гиперболического типа.

Устойчивость линейных систем с периодическими коэффициентами. Метод функций Ляпунова. Устойчивость по первому приближению. Фазовые портреты линейных автономных систем на плоскости. Фазовые портреты нелинейных автономных систем на плоскости. Виды траекторий автономных систем. Векторное поле. Механическая интерпретация автономных систем или траекторий. Структура решений автономной системы в окрестности неособой точки. Первые интегралы. Регулярные возмущения. Существование решения возмущенной задачи. Сингулярные возмущения. Уравнение с малым параметром при старшей производной.

2.5. Элементы программирования при реализации численных методов. Операционные системы и комплексы программ

Модульное и объектно-ориентированное программирование. Основные отличия языков модульного и объектно-ориентированного программирования.

Вычислительные затраты. Оптимизация вычислений по памяти и времени. Использование информации об архитектуре системы (кэш-память, процессор, сопроцессор и т.п.) для оптимизации вычислений.

Оценка погрешности арифметических операций. Погрешность вычисления математических функций. Накопление погрешности. Оценка погрешности результата. Вычисление скалярного произведения векторов. Операционные системы: назначение, выполняемые функции. Современные и перспективные операционные системы.

Комплексы прикладных программ. Формы построения комплексов прикладных программ: библиотека, пакет прикладных программ (ППП), диалоговая система.

Программные комплексы для решения задач математической физики. Структура программного комплекса. Требования к пре- и постпроцессорам. Способы и средства задания исходных данных и визуализации результатов. Архитектуры вычислительных систем. Способы организации и обработки информации в них. Основные структуры данных. Базовые алгоритмы обработки и поиска информации.

Языки программирования. Понятие языка. Классификация и примеры. Методы хранения, организация и доступ к данным. Базы данных. Языки управления и манипулирования данными. Ограничения целостности. Контроль доступа. Базы знаний.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ, ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДАМ И КОМПЛЕКСАМ ПРОГРАММ

Основная литература:

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 632 с.
2. Введение в математическое моделирование: Учеб. Пособие /Под ред. П.В.Трусова. – М.: Логос, 2004. – 440с

3. Зализняк В.Е. Численные методы. Основы научных вычислений. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 356 с.
4. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Физматлит, 2008.
5. Кнут Д. Искусство программирования. MMIX RISC-компьютер для нового тысячелетия. Вильямс. 2007.
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.
7. Когаловский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 800 с.
8. Кузин А.В. Базы данных - М.: Академия, 2010. – 320 с.
9. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Физматлит, 2005.
10. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике. М., 2006.
11. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование. Учебное пособие. – Издательство: ВHV, 2009. – 528 с.
12. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 280 с.

Дополнительная литература:

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. - М.: Высш. школа, 2000.
2. Вержбицкий В.М. Численные методы (линейная алгебра и нелинейные уравнения): Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш.шк., 2000. – 266с.
3. Гольцман Ф.М. Вопросы статистической обработки измерений.- Спб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2000
4. Малиновский Л. Г. Анализ статистических связей: модельно-конструктивный подход.- М.: Наука, 2002.
5. Математическое моделирование: Проблемы и результаты.- М.: Наука, 2003.
6. Окулов С.М. Программирование в алгоритмах. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2004.
7. Окулов С.М. Основы программирования. – М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002.
8. Сизиков В. С. Математические методы обработки результатов измерений.- Спб.: Политехника, 2001.
9. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М. Высшая школа, 2001

Программа вступительного экзамена рассмотрена и рекомендована к утверждению решением Ученого Совета ИМКЭС СО РАН.

Протокол УС ИМКЭС СО РАН № 3 от 6.02 2015 года.