

РАЗРАБОТАНА

Кафедрой информационной
безопасности и цифровых технологий

03.02.2022, протокол № 7

УТВЕРЖДЕНА

Ученым советом факультета
цифровых технологий и
кибербезопасности

10.02.2022, протокол № 22

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

**для поступающих на обучение по образовательным программам высшего
образования – программам подготовки научных и научно-
педагогических кадров в аспирантуре в 2022 году**

Научная специальность

**1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ**

Астрахань – 2022 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель программы: подготовка высококвалифицированных специалистов, обладающих креативным мышлением и навыками научно-исследовательской работы для создания и использования новых прогрессивных подходов к математическому моделированию, численных методов и комплексов программ, связанных с использованием наукоемких информационных технологий.

Лица, желающие освоить научную специальность 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, должны иметь высшее профессиональное образование (специалитет или магистратуру).

Лица, имеющие высшее профессиональное образование (специалитет или магистратуру), принимаются в аспирантуру по результатам сдачи вступительных экзаменов на конкурсной основе по программам вступительных испытаний в аспирантуру.

Библиографический список (основная литература)

1. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Аналитическая геометрия. — 7-е изд., стер. — М.: Физматлит, 2012. — 223 с. ISBN 978-5-9221-0511-8.
2. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра. — 6-е изд., стер. — М.: Физматлит, 2014. — 280 с. ISBN 978-5-9221-0481-4.
3. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. — 6-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2010. — 383 с. ISBN 978-5-06-006218-2.
4. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Основы математического анализа. В 2-х частях. Ч. 1.: учебник для вузов : в 2 ч. — 7-е изд., стер. — М.: Физматлит, 2009. — 646 с. ISBN 978-59221-0902-4.
5. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Основы математического анализа. В 2-х частях. Том 2 Учебное пособие для ВУЗов. изд.5: Физматлит, 2009. — 464 с. ISBN 5-9221-0537-X. 6. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления Т. 1. учебник: в 3 т. 9-е изд., стер. — СПб. и др.: Лань, 2009. — 607 с. ISBN 978-5-8114-0673-9
7. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. в 3-х т, Т2 — М.: Физматлит, 2006. — 864 с. ISBN 978-5-9221-0466-1.
8. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. в 3-х т, Т3 — М.: Физматлит, 2008. — 728 с. ISBN 5-9221-0737-2.
9. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. 6-е изд., стер. — М.: Лань, 2002. — 688 с. ISBN 5-9511-0014-3.
10. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. 7-е изд. — М.: Издво МГУ; Изд-во «Наука», 2004. — 798 с. ISBN 5-211-04843-1.
11. Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. — М.: АСТ, 2010. — 558 с. ISBN 978-5-17-010062-0.
12. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. 10-е изд., доп. — М.: Либроком, 2011. — 481 с. ISBN 978-5-397-01474-8.
13. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 11-е изд., стер. — М.: Кнорус, 2010. — 658 с. ISBN 978-5-406-00476-0.
14. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа 7-е изд. — М.: Физматлит, 2012. — 570 с. ISBN 978-5-9221-0266-7.

15. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. 5-е изд. — М.: URSS, 2013. — 240 с. ISBN 978-5-397-03636-8.
16. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. 7-е изд. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 636 с. ISBN 978-5-9963-0449-3.
17. Тарасевич Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование: Вводный курс: Учеб. пособ. для студентов естественно-математических спец. 6-е изд. — М.: URSS, 2013. — 152 с. ISBN 978-5-397-03828-7.
18. Исаев Г.Н. Информационные технологии: учебное пособие. 2-е изд., стер. — М.: Омега-Л, 2013. — 464 с. ISBN 978-5-370-02399-6.

Основные критерии оценивания ответа поступающего в аспирантуру

Критерии	Уровни и подуровни знаний	Балл
Критерий 1.	Ответ полный, без замечаний, хорошо структурированный, продемонстрировано хорошее знание теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы, проиллюстрировано примерами, даны аргументированные, полные и логичные ответы на вопросы членов комиссии, проявлено творческое отношение к предмету.	5
Критерий 2.	Ответ полный с незначительными замечаниями, недостаточно структурирован, продемонстрировано знание основных теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы, проиллюстрировано примерами, ответы на вопросы членов комиссии даны с незначительными замечаниями.	4
Критерий 3.	В ответе есть упущения, ответ недостаточно структурирован, знание основных теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы продемонстрировано с упущениями, есть затруднения при практическом применении теории, есть затруднения при ответе на вопросы комиссии.	3
Критерий 4.	В ответе есть значительные упущения и неточности, многие основные положения теоретических подходов к анализу и решению рассматриваемой проблемы не представлены или в их выводе допущены ошибки, ответ не структурирован, ответы на вопросы комиссии отсутствуют.	2

Перечень вопросов к вступительному испытанию

1. Математические модели естествознания

- 1.1. **Задачи математического моделирования; этапы математического моделирования.** «Жесткие» и «мягкие» математические модели. Приведение уравнений к безразмерному виду. Анализ размерностей. Качественное исследование динамических систем.

- 1.2. **Динамика биологических популяций.** Модель Мальтуса. Логистическое уравнение. Модель Вольтерры. Модификации модели Вольтерры. Межвидовая конкуренция.
- 1.3. **Колебательные процессы в химии.** Модель Лотки. Затухающие колебания. Незатухающие колебания.
- 1.4. **Предельные циклы и автоколебания.** Классификация предельных циклов. Автоколебания в физических, химических и биологических системах. Качественное рассмотрение автоколебательных систем. Количественное рассмотрение автоколебаний. Модели, демонстрирующие автоколебательные режимы.
- 1.5. **Бифуркации и катастрофы.** Бифуркации. Бифуркации на плоскости. Элементы теории катастроф. Качалка. Машина катастроф Зимана. Классификация катастроф.
- 1.6. **Хаотическое поведение динамических систем.** Универсальность Фейгенбаума. Система уравнений Лоренца. Аттрактор Рёсслера. Фракталы. Размерности. Странный аттрактор.
- 1.7. Уравнения с запаздыванием, моделирующие изменение численности популяции. Дифференциальные уравнения с отклоняющимися аргументами. Уравнение Хатчинсона.
- 1.8. **Распределенные системы.** Автомодельные решения. Решения в виде бегущей волны. Неустойчивость Тьюринга. Уравнения реакция-диффузия. Самоорганизация и образование структур. Брюсселятор.
- 1.9. **Динамические системы с дискретным временем.** Логистическое отображение. Отображение Эно.
- 1.10. **Модели с дискретным пространством.** Клеточные автоматы. Игра «Жизнь». Модель Винера–Розенблюта. Модель Ва-Тор.
- 1.11. **Модели температурных и геометрических фазовых переходов** (на примере модели Изинга и теории перколяции). Критические показатели и масштабная инвариантность. Алгоритм Метрополиса. Алгоритм Хошена–Копельмана.
2. **Информационные технологии**
 - 2.1. **Арифметика ЭВМ.** Двоичная арифметика. Причины ее преимущественного применения.
 - 2.2. **Основные этапы решения задачи на ЭВМ.** Понятие вычислительного эксперимента. Построение модели. Разработка метода и алгоритма решения задачи. Программирование. Отладка программы. Подготовка и ввод исходных данных.
 - 2.3. **Организация памяти во время выполнения программы.** Области данных. Описатели. Память для элементарных типов данных. Память для массивов, строк. Форматы представления данных. Файлы.
 - 2.4. **Алгоритмические языки (на выбор).** Назначение и структура языка, основные операторы, приемы программирования.
 - 2.5. **Программирование.** Структурное и модульное программирование. Объектноориентированное программирование. Библиотеки подпрограмм, работа с подпрограммами. Библиотеки классов.
 - 2.6. **Операционная система.** Структура, назначение, характеристики. Интегрированные оболочки, многозадачные среды.

- 2.7. **Пакеты прикладных программ.** Основные понятия и характеристики. Проблемно-ориентированные ППП. Структура ППП для решения наудотехнических задач.
- 2.8. **Универсальные математические системы.** Вычислительные пакеты. Системы аналитических вычислений (на выбор).
3. **Методы вычислений**
- 3.1. **Основы теории погрешностей.** Точные и приближенные значения величин, точные и приближенные числа. Оценка погрешностей вычислений, возникающих в ЭВМ.
- 3.2. **Численные методы решения скалярных уравнений.** Отделение корней. Приближенное вычисление корня уравнения с заданной точностью методом: половинного деления, хорд, Ньютона, секущих. Метод простой итерации численного решения уравнений. Условия сходимости итерационной последовательности.
- 3.3. **Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений.** Точные и приближенные методы решения систем линейных уравнений. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса. Метод простых итераций, метод Зейделя.
- 3.4. **Методы решения экстремальных задач.** Метод последовательных приближений, метод золотого сечения, метод квадратичной интерполяции–экстраполяции. Покоординатные и градиентные методы спуска.
- 3.5. **Алгебраическая проблема собственных значений.** Метод плоских вращений Якоби. Метод Гивенса. Метод Хаусхолдера. QR и QL-алгоритмы. Определение собственных значений с использованием свойств последовательности Штурма.
- 3.6. **Вычисление определенных интегралов.** Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод Ромберга. Метод Симпсона. Применение метода Монте–Карло для вычисления кратных интегралов.
- 3.7. **Аппроксимация и интерполяция функций.** Задачи, приводящие к аппроксимации одной функции другой. Алгебраический интерполяционный многочлен: единственность, форма Лагранжа. Схема Эйткена. Разделенные разности. Многочлен Ньютона. Связь разделенной разности и производной. Сплайн–интерполяция. Построение кубического интерполяционного сплайна. Метод наименьших квадратов.
- 3.8. **Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.** Метод Эйлера. Проблема устойчивости вычислительных схем. Многошаговые методы. Метод Рунге–Кутты 2-го порядка. Метод Рунге–Кутты 4-го порядка. Проблема устойчивости вычислительных методов при решении систем дифференциальных уравнений. Жесткие системы.
- 3.9. **Численные методы решения уравнений в частных производных.** Сеточные методы.

Содержание программы

Математические модели естествознания

1. Задачи и методы математического моделирования.
2. Качественная теория динамических систем.
3. Анализ размерностей. Приведение уравнений к безразмерному виду.
4. Динамика биологических популяций.

5. Колебательные процессы в химии.
6. Предельные циклы и автоколебания.
7. Бифуркации и катастрофы.
8. Системы с дискретным временем.
9. Хаотическое поведение динамических систем.
10. Учет запаздывания. Модели, описываемые дифференциальными уравнениями с отклоняющимися аргументами.
11. Самоорганизация и образование структур.
12. Системы с дискретным пространством. Клеточные автоматы.

Информационные технологии

1. Арифметика ЭВМ.
2. Основные этапы решения задачи на ЭВМ.
3. Организация памяти во время выполнения программы.
4. Алгоритмические языки.
5. Программирование.
6. Операционная система.
7. Пакеты прикладных программ.
8. Универсальные математические системы.

Методы вычислений

1. Основы теории погрешностей.
2. Численные методы решения скалярных уравнений.
3. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений
4. Методы решения экстремальных задач.
5. Алгебраическая проблема собственных значений.
6. Вычисление определенных интегралов.
7. Аппроксимация и интерполяция функций.
8. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
9. Численные методы решения уравнений в частных производных.

Рекомендуемая дополнительная литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. — М.: Физматлит, 2005. — 316 с. ISBN 5-9221-0120-X.
2. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. 2-е изд., испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 296 с.
3. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие.
Под ред.
П.В. Трусова. — М.: Унив. книга, Логос, 2007. — 440 с. ISBN 978-5-98704-037-1.