

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. КАНТА

«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель ОНК  
«Институт высоких  
технологий»

Юров Артем Валерианович  
« 29 » ноября 2024 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность **1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ**

## Лист согласования

**Составитель:**

Четверушкин Б.Е., д.ф.-м.н., профессор, профессор ОНК «Институт высоких технологий»

Программа одобрена Экспертным советом ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 3 от «29» ноября 2024 г.

Председатель Экспертного совета ОНК «Институт высоких технологий» \_\_\_\_\_ Юров А.В.



Главный специалист Института подготовки НПК \_\_\_\_\_ Козенкова Е.И.



Настоящая программа разработана для поступающих в аспирантуру на научную специальность 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Абитуриенты, желающие освоить основную образовательную программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, должны ознакомиться с Правилами приема в Балтийский федеральный университет им. И. Канта на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

К освоению программ аспирантуры по научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ допускаются лица, имеющие высшее образование, подтверждаемое присвоением им квалификации «специалист», «дипломированный специалист», «магистр», а также лица, имеющие базовое высшее образование (освоение программы сроком не менее 6 лет) или специализированное высшее образование, при выполнении одного из двух условий:

— образование релевантно группе научных специальностей 1.2. Компьютерные науки и информатика (в соответствии со Списком релевантности направлений подготовки по программам магистратуры и специалитета группам научных специальностей (научным специальностям) по программам аспирантуры в 2025 году, утверждённым Ученым советом БФУ им. И. Канта);

— имеется стаж работы в отрасли/должности, соответствующей группе научных специальностей 1.2. Компьютерные науки и информатика, сроком не менее 3 лет.

Целью вступительного испытания является оценка базовых знаний, поступающих в аспирантуру с точки зрения их достаточности для проведения научно-исследовательской деятельности по научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Вступительное испытание по специальной дисциплине научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ проводится на русском или английском языке по билетам в устной форме. Экзаменационный билет включает 2 вопроса из предлагаемого перечня, а также собеседование с членами экзаменационной комиссии, в ходе которого абитуриент обосновывает выбор научной специальности, выбор предполагаемого научного руководителя из числа преподавателей и научных работников университета, имеющих право осуществлять научное руководство аспирантами по соответствующей научной специальности, излагает профессиональные планы и цели подготовки и защиты кандидатской диссертации по выбранной научной специальности.

## **Содержание программы**

### ***Раздел 1. Математическое моделирование***

1. Основные виды научных исследований. Значение математики и вычислительной техники в научных исследованиях.
2. Определение «понятия модель». Функции моделей при проведении научных исследований. Особенности и области применения математического моделирования, вычислительного и натурального эксперимента.
3. Цели и методы планирования экспериментов. Математическая теория эксперимента: формулировка проблемы, классификация методов. Планирование регрессионных экспериментов, критерии оптимальности регрессионных планов. Планы 1-го и 2-го порядков. Последовательные методы планирования эксперимента. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Задачи и планирование эксперимента при исследовании динамических объектов.

4. Обоснование корректности моделей. Основы теории подобия и верификации моделей.
5. Основные этапы моделирования. Предварительное исследование моделируемого объекта. Постановка задачи и определение типа модели. Требования к модели. Построение математической, алгоритмической и программной модели исследуемой системы.
6. Научный, инженерный и промышленный эксперимент как средство построения или уточнения математической модели исследуемого объекта или явления. Типовая схема экспериментальных исследований и вычислительного эксперимента.
7. Элементарные математические модели.
8. Модели, построенные на фундаментальных законах природы (сохранение массы вещества, сохранение энергии, сохранение числа частиц).
9. Вариационные принципы построения моделей, общая схема принципа Гамильтона.
10. Примеры иерархии моделей механических систем.
11. Модели взаимоотношения в системе «хищник-жертва».
12. Примеры математических моделей в экологии. Эволюция экосистемы.
13. Универсальность математических моделей, принцип аналогий, электромеханические аналогии.
14. Исследование математических моделей (методы подобия, принцип максимума и теоремы сравнения, метод осреднения, дискретные модели).
15. Математическое моделирование сложных объектов.

## ***Раздел 2. Численные методы***

1. Вероятность, условная вероятность, математическое ожидание. Схема Бернулли. Одномерные и многомерные распределения вероятностей. Центральная предельная теорема. Модели Марковских процессов. Генерация случайных чисел. Метод Монте-Карло. Примеры математических моделей, которые могут быть изучены этим методом. Законы распределения и числовые характеристики случайных величин (дисперсия и математическое ожидание). Выборка и методы её представления. Неравенство Чебышева. Закон больших чисел.
2. Интерполяционные многочлены Ньютона, Лагранжа и Эрмита. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Точные методы. Итерационные методы (метод Зейделя, попеременно треугольный и др.), понятие многосеточных методов. Современные многосеточные методы.
3. Разностные методы решения уравнений математической физики. Явные и неявные схемы. Основные понятия (аппроксимация, сходимость, устойчивость). Теория устойчивости разностных уравнений Пуассона, теплопроводности, переноса и волнового уравнения. Метод прогонки.
4. Задача статистического оценивания параметров. Свойства статистических оценок. Методы статистического оценивания. Использование априорной информации (байесовый подход).
5. Статистическая проверка гипотез. Основные типы гипотез, проверяемых в ходе статистической обработки данных. Общая схема статистического критерия. Построение статистического критерия, принцип отношения правдоподобия. Характеристики качества статистического критерия. Последовательная схема принятия решения.
6. Функциональные ряды. Элементы теории функций нескольких переменных: предел, непрерывность, дифференцируемость. Кратный и повторный интегралы, вычисление площадей и объёмов.
7. 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.

8. Дифференциальные уравнения в частных производных. Классификация уравнений и их свойства. Уравнения эллиптического, параболического, гиперболического типов, системы уравнений гиперболического типа.
9. Теорема Кронекера-Капелли. Общее решение системы линейных уравнений. Собственные векторы и собственные числа матрицы.
10. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Точные методы. Итерационные методы (метод Зейделя, попеременно треугольный и др.). Понятие многосеточных методов. Современные многосеточные методы.

### **Раздел 3. Комплексы программ**

1. Основные функции, выполняемые программным обеспечением (ПО) научных исследований. Требования, предъявляемые к ПО со стороны исследований в период разработки программ.
2. Динамика изменения затрат на разработку различных классов программ. Методы решения проблемы снижения трудоёмкости разработки и сопровождения программ.
3. Программное обеспечение информационных систем. Базы данных и их реализация. Основные модели, определяющие базу данных. Хранилища данных. Базы данных NoSQL типа.
4. Прикладное программное обеспечение научных исследований. Формы представления комплексов прикладных программ: библиотека, пакет прикладных программ (ППП), диалоговая система. Примеры библиотек к ППП общематематического назначения. Процедурные и непроцедурные входные языки для записи заданий для расчетов с помощью ППП. Архитектура ППП и процесс обработки входного задания. Архитектура диалоговой системы. Способы организации диалогового процесса исследований.
5. Технология разработки комплексов прикладных программ. Структурное проектирование программ. Применение инструментальных средств разработки ППП и диалоговых систем.
6. Достоинства и недостатки использования проблемно-ориентированных языков моделирования. Факторы, влияющие на выбор языка. Пакеты и системы дискретного, непрерывного и дискретно-непрерывного моделирования.
7. Основные характеристики и особенности массивов информации в научных исследованиях. Размерность, качественные и количественные признаки, способы представления, механизмы и модели порождения данных, общая схема и основные этапы анализа данных.
8. Сравнительный анализ языков программирования высокого уровня (C++, Python, Fortran).
9. Принципы построения разностных схем газовой и гидродинамики.
10. Объектно-ориентированное программирование. Структура программы, общие принципы проектирования программ.
11. Операционные системы. Сравнение типов ядер операционных систем. Взаимодействие процессов, многозадачность, алгоритмы синхронизации.
12. Параллельные вычисления. Системы с общей памятью, кластеры, распределённые вычислительные системы. Вычисления на GPU.

### **Критерии оценивания уровня знаний**

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по 100-бальной шкале. Максимальный балл за ответ на экзаменационный билет – 100. Минимальный балл,

соответствующий положительной оценке – 50.

**86-100 баллов** выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного материала, усвоил рекомендованную литературу; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет творческие способности в понимании и изложении материала. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, наличие научного задела по теме планируемого исследования, участия в исследовательских проектах, научных грантах, студенческих конкурсах.

**66-85 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает достаточный уровень знаний в пределах основного материала; усвоил литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий при дополнительных вопросах экзаменатора. Допускает несущественные погрешности в ответах. В ходе собеседования устанавливается высокая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований по выбранной научной специальности и мотивированности к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры и ее защите.

**50-65 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменатора. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует

**0-49 баллов** выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний. Экзаменуемый показывает пробелы в знаниях основного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки самостоятельно

### **Основная и дополнительная литература**

#### **Основная литература**

1. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. - М.: Наука, 1989. - 430 с.
2. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. - М.: Наука, 1989.
3. Дородницын А.А.. Информатика: предмет и задачи // Кибернетика. Становление информатики. - М.: Наука, 1996.
4. Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике. - М.: Наука, 1981. - 448 с.

5. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А.. Опыт математического моделирования экономики. - М.: Энергоиздат, 1996. - 554 с.
6. Коробейников В.П. Математическое моделирование катастрофических явлений природы. - М.: Знания, 1986. - 48 с.
7. Белоцерковский О.М.. Численное моделирование в механике сплошных сред. - М.: Наука, 1994. -442 с.
8. Четверушкин Б.Н.. Кинетически согласованные разностные схемы газовой динамики. - М.: Наука, 1999.
9. Слабанов В.Д. Численные методы: учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2022. – 392 с.
10. Кудинов И.В., Кудинов В.А., Еремин А.В., Колесников С.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях: монография. – СПб.: Лань, 2015. – 208 с.
11. Андреев В.К. Математические модели механики сплошных сред. – СПб.: Лань, 2015. – 240 с.
12. Василевский Ю.В., Капырин И.В. Практикум по современным вычислительным технологиям и основам математического моделирования. – М.: Макс Пресс, 2009. – 61 с.

### Дополнительная литература

1. Волосевич П.П., Леванов Е.И. Автомодельные решения задач газовой динамики с учетом теплопроводности. М.: Из-во МФТИ, 1996. – 212 с.
2. Латышев К.С., Зенкин В.И. Уравнения математической физики и математическое моделирование. Учебно-практическое пособие. Калининград. Из-во Калининградского государственного университета, 2003. - 90 с.
3. Нечаев В.И. Элементы криптографии. Основы теории защиты информации. М.: «Высшая школа», 2000 г.
4. Воеводин В.В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. – СПб. БХВ - Петербург, 2002.
5. Мышкин А.Д. Элементы теории математических моделей. М.: «Физико-математическая литература». М.: Наука, 1994 г.
6. Грис Д.. Наука программирования. - М.: Мир, 1984 г.
7. Ступицкий Е. Л. Физические исследования и математическое моделирование крупномасштабных геофизических экспериментов : монография / Е. Л. Ступицкий, А. С. Холодов. - Долгопрудный : Интеллект, 2019. - 800 с.
8. Безруков А.И. Математическое и имитационное моделирование / А.И. Безруков, О.Н. Алексенцева. – М.: Инфра-М, 2019. - 227 с.
9. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. - М.: Конкорд, 1992. - 519 с.
10. Серебряков В.А., Галочкин М.П., Гончар Д.Р., Фуругин М.Г. Теория и реализация языков программирования: Учебное пособие. - М.: МЗ-Пресс. 2003. - 345 с.