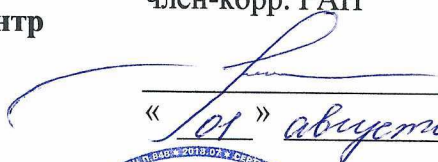


Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр  
Российской академии наук»  
(КарНЦ РАН)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Генеральный директор КарНЦ РАН  
член-корр. РАН

  
О.Н. Бахмет  
« 01 » августа 20 22 г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ  
1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

г. Петрозаводск  
2022

### Пояснительная записка

Программа кандидатского экзамена по научной специальности **1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ** включает основную и дополнительную программы. Основная программа разрабатывается на основании программы–минимум кандидатского экзамена по научной специальности, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации. Дополнительная программа, разрабатывается индивидуально для каждого экзаменуемого и включает вопросы по научному направлению, по которому подготавливается научно-квалификационная работа (диссертация).

Основная программа кандидатского экзамена составлена на основании следующих документов:

– Федеральный закон РФ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;

– Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»

– Положение о кандидатских экзаменах (принято Ученым советом КарНЦ РАН 25.05.2018, протокол № 7).

В основу настоящей программы положены следующие разделы: математические основы, информационные технологии, компьютерные технологии, методы математического моделирования.

Составители программы:

**Заика Юрий Васильевич** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

**Кириллов Александр Николаевич** – доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

**Крижановский Андрей Анатольевич** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

**Мазалов Владимир Викторович** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

**Морозов Евсей Викторович** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

**Печников Андрей Анатольевич** – доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН;

**Ретгиева Анна Николаевна** – доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН.

## **1. Математические основы**

*Элементы теории функций и функционального анализа.* Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.

*Экстремальные задачи. Выпуклый анализ.* Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

*Теория вероятностей. Математическая статистика.* Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации.

## **2. Информационные технологии**

*Принятие решений.* Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.

*Исследование операций и задачи искусственного интеллекта.* Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.

## **3. Компьютерные технологии**

*Численные методы.* Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.

*Вычислительный эксперимент.* Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

*Алгоритмические языки.* Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.

## **4. Методы математического моделирования**

*Основные принципы математического моделирования.* Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей

*Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.*

*Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.*

Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.

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

## Литература

1. Афанасьев В.В. Теория вероятностей. Москва, Владос, 2007.
2. Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. МЦНМО, 2013.
3. Зубов В.И. Лекции по теории управления. СПб.: Лань, 2011.
4. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. Москва, URSS, 2009.
5. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.
6. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Физматлит, 2005.
7. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения, Санкт-Петербург, Лань, 2010.
8. Мазалов В.В., Менчер А.Э., Токарева Ю.С. Переговоры. Математическая теория. Санкт-Петербург, Лань, 2012.
9. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. УРСС, 2011.
10. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике. М., 2006.
11. Плотников К.Э. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Методология и практика. УРСС. 2011.
12. Формалев В.Д., Ревизников Д.Л. Численные методы. М., 2006.
13. Харин Ю.С., Зуев Н.П., Жук Е.Е. Теория вероятностей, математика и прикладная статистика. Минск, БГУ, 2011.
14. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Функциональный анализ. М.: Наука, 1984.
15. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981.
16. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1984.
17. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука, 1984. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978.
18. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 1997.
19. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. М.: Изд-во МГУ, 1993.
20. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: ИЗОГРАФ, 1997.
21. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.

22. Пытьев Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. М.: Физматлит, 2002. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979.
23. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента. М.: Высш. школа, 1989.
24. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М.: Физматлит, 2000.
25. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. М.: Наука, 1972.
26. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1984.

### **Критерии оценивания**

Результаты кандидатского экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка выставляется по следующим основаниям:

Оценка «отлично» – ответ построен логично, в соответствии с планом, показано максимально глубокое знание универсальных, общепрофессиональных и профессиональных вопросов, терминов, категорий, понятий, гипотез, концепций и теорий, установлены содержательные межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры, обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны содержательные выводы, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы, в т.ч. зарубежных источников.

Оценка «хорошо» – ответ построен в соответствии с планом, представлены различные подходы к проблеме, но их обоснование недостаточно полно. Установлены межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, однако наблюдается непоследовательность анализа и обобщения информации, ответ недостаточно подкреплён примерами. Выводы правильны, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы, в т.ч. зарубежных источников.

Оценка «удовлетворительно» – ответ построен недостаточно логично, план ответа соблюдается непоследовательно, недостаточно раскрыты профессиональные знания. Выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументированы, не подкреплены примерами. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны выводы, продемонстрировано только знание основной литературы.

Оценка «неудовлетворительно» – ответ построен не логично, план ответа соблюдается непоследовательно, не раскрыты профессиональные знания и умения. Научное обоснование вопросов подменено рассуждениями дилетантского характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей и грубых ошибок. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделанные выводы поверхностны или неверны, не продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.