



## ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

### 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: *математический и функциональный анализ, высшая алгебра, методы математической физики, теория вероятностей, математическая статистика, вычислительные методы, компьютерное моделирование, компьютерное моделирование в научных исследованиях, моделирование сложных систем, пакеты прикладных программ, практикум по численным методам, проектирование и разработка интеллектуальных информационных систем, а также программы соответствующих курсов лекций, читаемых на факультете компьютерных технологий и прикладной математики.*

#### Перечень разделов и тем для подготовки к кандидатскому экзамену

##### Тема 1. Основы высшей математики

Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана—Банаха. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.

Собственные векторы и собственные значения линейного оператора. Процесс ортогонализации Грамма—Шмидта. Цилиндрические и конические поверхности. Поверхности вращения. Поверхности второго порядка. Метод Гаусса—Жордана. Метод Зейделя. Методы полной и неполной релаксации. Полная проблема собственных значений. Устойчивость проблемы собственных значений. Метод Крылова. Нахождение собственных векторов по методу Крылова. Эскалаторный метод. Определение наибольшего по модулю собственного значения и принадлежащего ему собственного вектора. Метод скалярных произведений. Метод координатной релаксации. Метод  $\lambda$ -разности. Уточнение отдельного собственного значения и принадлежащего ему собственного вектора. Основные алгебраические структуры (группы, кольца, поля, тела). Тензорные функции.

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

Теория вероятностей. Математическая статистика. 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.

## **Тема 2. Информационные технологии**

Математические методы и модели исследования операций. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Математические модели искусственного интеллекта. Средства разработки систем искусственного интеллекта. Машинное обучение. Нейронные сети. Глубокое обучение. Нечеткие продукционные системы.

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: Maple, Matlab, Comsol.

## **Тема 3. Методы математического моделирования**

Основные принципы математического моделирования. Математические модели в гидродинамике, электрохимии, механике. Математические модели явлений переноса. 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 экономике. Методы математического моделирования электрохимии.

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.

## **Перечень основной и дополнительной учебной литературы**



1. Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учебное пособие для вузов / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 292 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/200447> (дата обращения: 12.04.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-9551-1.
2. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 : учебное пособие / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 228 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/209906> (дата обращения: 19.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-2512-9
3. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде COMSOL Multiphysics 5.2 : учебное пособие по направлениям подготовки: "Прикладная математика и информатика" по программе 02 - "Математическое моделирование", "Информатика и вычислительная техника", профиль подготовки "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. - 227 с.
4. Математическое моделирование мембранных процессов с использованием Comsol multiphysics 4.3 : учебное пособие для студентов, магистрантов / А. М. Узденова, А. В. Коваленко, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко ; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2013. - 224 с.
5. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры : монография / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59285> (дата обращения: 14.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 5-9221-0120-X.
6. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях : учебное пособие. учебное пособие / И. В. Кудинов [и др.] ; под ред. Э. М. Карташова. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 208 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211796>
7. Васильев, А. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов / А. А. Васильев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 232 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/492134> (дата обращения: 15.11.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-09097-0
8. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / А. А. Халафян, Г. В. Калайдина, Е. Ю. Пелипенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2018. - 183 с.
9. Халафян, Алексан Альбертович (КубГУ). Методы машинного обучения в Data Mining пакета STATISTICA : учебное пособие для студентов / А. А. Халафян. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2022. - 259 с.



10. Системный анализ : учебное пособие / авторы: А. А. Халафян, Г. В. Калайдина, В. А. Акиньшина, Е. Ю. Пелипенко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2020. - 179 с.
11. Чубырь, Наталья Олеговна (КубГУ). Численные и асимптотические методы анализа переноса 1:1 электролита в мембранных системах : учебное пособие / Н. О. Чубырь, А. В. Коваленко, М. Х. Уртенев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2018. - 106 с.
12. Горлач, Б. А. Линейная алгебра и аналитическая геометрия : учебник для вузов / Б. А. Горлач. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 300 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/208664> (дата обращения: 25.05.2022).
13. Горлач, Б. А. Тензорная алгебра и тензорный анализ : учебное пособие / Б. А. Горлач. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 160 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211781> (дата обращения: 19.07.2022).

### Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE»: <http://www.biblioclub.ru>
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань»: <http://www.e.lanbook.com>
3. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <http://www.biblio-online.ru>
4. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU: <http://www.elibrary.ru>
5. Общероссийский портал Math-Net.Ru — это современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным ученым различные возможности в поиске научной информации по математике, физике, информационным технологиям и смежным наукам. <https://www.mathnet.ru/>
6. Международная издательская компания, специализирующаяся на издании академических журналов и книг по естественно-научным направлениям. <https://link.springer.com/>
7. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) <http://ej.kubagro.ru/>