

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»



УТВЕРЖДАЮ

Председатель приемной комиссии

А.Н. Яковлев

« 28 » 10 2022 г.

Председатель экзаменационной
комиссии

К.С. Костиков

« 28 » 10 2022 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру
по научной специальности

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Кемерово 2022

1. Общие положения

1.1. Программа вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, разработана на основании федеральных образовательных стандартов высшего образования магистратуры и одобрена на заседании кафедры Прикладных информационных технологий.

1.2. Вступительные испытания для поступающих в аспирантуру проводятся с целью определения степени готовности поступающего к освоению основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1.3. Для всех поступающих, обязательным является прохождение вступительного испытания в письменной форме, которое включает общие вопросы по выбранному направлению образовательной программы.

1.4. Экзамен проводится с использованием экзаменационных билетов. Экзаменационные билеты состояются из вопросов, выносимых на вступительные испытания. Экзаменационные билеты разрабатываются кафедрой прикладных информационных технологий на основе программы подготовки магистров по направлению 09.04.03 «Прикладная информатика» и утверждаются председателем приемной комиссии.

1.5. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса, на которые необходимо дать развернутые и полные ответы. Поступающие на выданных листах бумаги в правом верхнем углу от руки пишут свою фамилию, по центру – номер билета и в порядке очередности – формулировку вопросов билета и ответы на них. Письменные ответы делаются в произвольной форме.

1.6. Результаты вступительного испытания оцениваются по **100-балльной шкале**. Общее количество баллов распределяется следующим образом: каждый вопрос – не более **50 баллов**. Минимальный пороговый балл для прохождения вступительного испытания в письменной форме составляет **50 баллов**.

2. Содержание программы вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру по научной специальности

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

2.1. Математическое и имитационное моделирование

Системный анализ и моделирование. Системы. Определения систем. Модели систем. Модель «черного ящика», модель состава, модель структуры. Динамические системы и их модели. Временная, пространственная и финансовая динамика. Различные классификации систем (по обеспеченности ресурсами, по происхождению, по описанию переменных, по моделям оператора системы, по типу управления). Понятие управления в системе. Оптимальность. Механизация, автоматизация, кибернетизация.

Основные понятия и задачи системного анализа. Принципы и структура системного анализа. Декомпозиция и агрегирование. Этапы системного анализа. Формулирование проблемы. Выявление целей. Формирование критериев. Генерирование альтернатив. Алгоритмы проведения системного анализа.

Понятие модели. Этапы построения моделей. Виды моделирования (детерминированное и стохастическое, статическое и динамическое, дискретное и непрерывное). Математическое и имитационное (компьютерное) моделирование. Метод Монте-Карло и статистическое моделирование. Вычислительный эксперимент. Триада «модель-алгоритм-программа». Системы моделирования (GPSS, SIMULA, Simulink).

Статистическое моделирование. Задачи статистического моделирования. Моделирование случайных чисел. Псевдослучайные числа. Понятие k -равномерности. Моделирование распределения, равномерного в интервале $(0,1)$. Требования к «идеальному» генератору (датчику) случайных чисел. Конгруэнтные методы. Метод вычетов (мультипликативный датчик).

Дискретные распределения (геометрическое, гипергеометрическое, биномиальное, отрицательное биномиальное, полиномиальное, отрицательное полиномиальное, Пуассона, Паскаля, Пойа, арифметическое, решетчатое). Моделирование дискретных случайных величин. Стандартный метод. Использование рекуррентности для модификации стандартного метода. Нестандартные алгоритмы. Специальные методы моделирования основных дискретных распределений.

Непрерывные распределения (прямоугольное, нормальное, арксинуса, обобщенное арксинуса, Больцмана, Максвелла, Гиббса, Вейбулла, гамма, бета, Дирихле, Лапласа, логарифмически нормальное, логистическое, омега-квадрат, Парето, показательное, Рэлея, треугольное, Стьюдента, Фишера-Снедекора, Эрланга, Шарлье, хи-квадрат). Стандартный метод

моделирования непрерывных случайных величин (метод обратной функции). Метод исключения. Метод суперпозиции (композиции). Моделирование некоторых специальных распределений (нормального, показательного, гамма, бета).

Моделирование эмпирических (дискретных и непрерывных) распределений.

Имитационные модели экономических систем и процессов. Классификация математических моделей экономических систем. Общие экономические модели и модели управления предприятиями. Паутинообразные модели ценообразования (вероятностная, с обучением, с запасами). Модель конкурентной отрасли. Модели теории функционирования фирмы (дуополии, олигополии, монополии, Бонини). Отраслевые модели. Макроэконометрические модели (брукингская, ОВЕ, уортонская). Модели массового обслуживания. Производственные модели. Модели управления запасами. Модели торговли. Финансовые модели. Эффективность экономических систем. Показатели и критерии эффективности.

2.2. Численные методы анализа

Действия над приближенными величинами. Абсолютная и относительная погрешность. Верные цифры. Погрешности элементарных операций. Оценка погрешности значения алгебраического выражения. Оценка погрешности исходных данных по заданной погрешности значения выражения.

Вычисление значений элементарных функций. Вычисление значений алгебраического многочлена (метод Горнера). Вычисление значений аналитических функций. Метод цепных дробей. Итеративные методы.

Численное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Отделение корней. Основные методы уточнения корней уравнения (дихотомии, хорд, касательных, простой итерации). Оценки корней алгебраических уравнений. Обобщенный метод Ньютона поиска комплексных корней. Решение систем нелинейных уравнений.

Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса (схема полного исключения, сведение к треугольной матрице, проблема погрешности и схема главных элементов). Схема Халецкого разложения матрицы в произведение треугольных и метод Краута. Метод квадратных корней. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Метод релаксации. Метод прогонки для системы с трехдиагональной матрицей. Краткая характеристика других методов.

Проблема собственных значений и ее решения. Поиск максимального по модулю собственного числа и соответствующего собственного вектора (степенной метод, метод скалярных произведений). Решение полной

проблемы собственных значений для симметрической матрицы. Решение полной проблемы собственных значений для произвольной матрицы.

Аппроксимация функций. Среднеквадратическая аппроксимация и метод наименьших квадратов. Среднеквадратическая аппроксимация функций на интервале. Аппроксимация алгебраическими многочленами. Аппроксимация ортогональными многочленами. Среднеквадратическая аппроксимация табличных функций. Равномерная аппроксимация функций. Интерполяция функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Конечные разности. Интерполяционные формулы. Интерполирование функций двух переменных. Интерполирование сплайнами.

Численное дифференцирование и интегрирование. Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы Чебышева. Квадратурные формулы Гаусса. Вычисление несобственных интегралов. Кубатурные формулы. Вычисление кратных интегралов. Метод Монте-Карло.

Методы оптимизации. Одномерная оптимизация. Методы Фибоначчи и золотого сечения поиска экстремума унимодальной функции. Многомерная оптимизация без учета ограничений. Методы прямого поиска. Градиентные методы. Оптимизация с ограничениями. Метод множителей Лагранжа. Условия Куна-Таккера. Методы штрафных функций. Методы проектируемого градиента Д. Розена и возможных направлений Г. Зойтендейка.

Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши: постановка и пути решения. Простейшие методы решения задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Решение задачи Коши для систем уравнений. Краевые задачи. Разностные методы. Метод прогонки.

2.3. Теория систем и системный анализ

История возникновения и развития системных представлений. Цели и задачи, предмет исследования дисциплины. Перспективы развития. Структурная методология разработки программ как реализация идей системного анализа в программировании.

Общая теория систем. Основные понятия кибернетики. Определение и классификация систем. Естественные, искусственные и смешанные системы. Сложные и простые, большие и малые системы. Информационные аспекты изучения систем. Управление системами. Объекты и цели управления. Динамические системы и модели. Модель «черного ящика», модель состава, модель структуры. Общие вопросы теории измерений. Измерительные шкалы. Эксперимент и моделирование. Способы реализации моделей. Математические модели реализации случайных процессов в экономике. Имитационное моделирование. Адекватность моделей.

Основы системного анализа. Анализ и синтез в системных исследованиях. Алгоритм декомпозиции. Закономерности целеобразования. Построение дерева целей. Методики анализа целей и функций систем управления. Агрегирование систем. Виды агрегирования. Определение конфигуратора. Формулирование проблемы и принятие решений. Формирование критериев выбора. Генерирование альтернатив. Метод мозгового штурма. Элементы теории коллективного выбора. Алгоритмы проведения системного анализа. Проблемы воплощения в жизнь результатов системных исследований.

2.4. Информационные системы и технологии

История развития вычислительной техники. Основные типы современной компьютерной техники. Устройство ПК. Взаимодействие программных и аппаратных средств. Информатизация общества. Сущность и цели информатизации. Информационные ресурсы. Информационная культура. Определение информационной системы. Задачи и функции информационной системы. Состав и структура информационных систем, основные элементы, порядок функционирования. Классификация информационных систем. ERP-системы. Определение, содержание и состав информационных технологий. Особенности современных информационных технологий, перспективы их развития. Электронный офис, экспертные системы, нейросетевые технологии, Web-технологии, OLTP- и OLAP-технологии. Интернет. Сервисы сети Интернет. Информационно-поисковые системы. Электронная почта. Тенденции развития сетевых технологий. Облачные вычисления.

Язык гипертекстовой разметки HTML. Структура документа. Основные элементы HTML. Элементы формы. Каскадные таблицы стилей CSS. Способы внедрения CSS. Селекторы. Основные свойства. Блочная верстка. Динамические эффекты.

Способы внедрения JavaScript. Базовый синтаксис. Основные конструкции. Пользовательские функции. Объектная модель документа. События JavaScript. Регулярные выражения. Функции JavaScript для работы с регулярными выражениями. Библиотеки JavaScript. Популярные библиотеки и их применение.

2.5. Информатика и программирование

Понятие данных и информации. Общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации.

Основы теории алгоритмов. Понятие алгоритма. Свойства и способы описания. Стандарты ЕСПД. Виды алгоритмов. Блок-схема. Основные элементы блок-схемы. Правила построения блок-схем.

Классификация языков программирования. Алгоритмические языки программирования. Стили и методологии программирования. Алфавит языка. Понятия переменной, константы, оператора. Операнды, операции, выражения. Простые типы данных. Подпрограммы. Виды подпрограмм. Стандартные процедуры и функции. Создание пользовательских процедур и функций. Оператор присваивания. Оператор вызова процедуры. Пустой оператор. Оператор безусловного перехода. Операторы ввода-вывода информации. Составные операторы. Оператор условия. Оператор выбора. Операторы цикла.

Одномерные массивы. Двумерные массивы. Организация работы с массивами при помощи циклов. Строки. Определяемые пользователем перечисляемые типы данных. Записи. Работа с файлами. Понятие об основных абстрактных структурах хранения данных. Стеки, очереди, списки, деревья.

Основные принципы объектно-ориентированного программирования. Инкапсуляция. Наследование. Полиморфизм. Классы и объекты. Поля, методы, свойства.

2.6. Операционные системы. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации

Назначение и функции операционных систем. Возможности ОС Windows. Издания ОС Windows и аппаратные требования. Брандмауэр ОС Windows. Удаленное управление компьютером. Мониторинг производительности и настройка параметров работы ОС Windows. Восстановление и резервное копирование данных.

Базовые понятия сетевых технологий. Модели сетевого взаимодействия. Физический уровень модели OS. Топологии компьютерных сетей. Канальный уровень модели OSI. Технологии коммутации. Безопасность в компьютерных сетях. Основные виды уязвимостей и защита от них. Основы коммутации и начальная настройка коммутатора. Виртуальные локальные сети (VLAN). Адресация сетевого уровня и маршрутизация. Функции обеспечения безопасности и ограничения доступа к сети. Многоадресная рассылка. Функции управления коммутаторами.

2.7. Базы данных

Понятия данных, базы данных, системы управления базами данных. Краткий обзор и классификация существующих систем управления базами данных. Модели данных. Краткая характеристика ранних моделей данных. Реляционная модель данных: структурная часть, манипуляционная часть, ограничения целостности. Этапы проектирования: на основе

инфологического моделирования; на основе нормализации. Модель данных, основанная на XML.

Структура и принципы создания базы данных в стандарте Borland Paradox. Имена полей и типы данных Paradox. Первичный ключ. Ссылки и внешние ключи. Вторичные индексы. Работа с утилитой Database Desktop по созданию структуры базы данных. Определение псевдонимов и настройка драйверов с помощью утилиты BDE Administrator.

Разработка приложений клиент-сервер. Краткая характеристика приложений клиент-сервер. Обзор серверов баз данных Microsoft SQL Server, Oracle, MySQL.

Язык баз данных SQL. Типы данных MSSQL. Создание и удаление баз данных – операторы CREATE DATABASE и DROP DATABASE. Создание, изменение и удаление таблиц – операторы CREATE TABLE, ALTER TABLE и DROP TABLE. Запросы выборки данных – SELECT. Добавление, изменение и удаление записей – INSERT, UPDATE, DELETE. Работа с просмотрами – операторы CREATE VIEW и DROP VIEW.

Использование технологии ADO для доступа к серверам данных. Понятия OLE DB, ADO и ODBC. Компоненты TADODConnection, TADODataset, TADODTable, TADODQuery, TADODStoredProc.

XML базы данных. Понятие XML баз данных. Классификация XML баз данных. Обзор стандартов XML, XSD, XSL, XQuery.

3. Перечень экзаменационных вопросов для вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.
2. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
3. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
4. Формула Тейлора для функций одной и нескольких переменных. Исследование на экстремум функций одной и нескольких переменных.
5. Линейные операторы и квадратичные формы. Собственные числа и собственные векторы линейного оператора и алгоритмы их вычисления.

6. Случайные процессы. Марковские цепи. Классификация состояний. Предельные и эргодические теоремы для возвратных цепей. Полумарковские процессы.
7. Временные ряды как модели для прогнозирования технических и экономических процессов. Сезонные эффекты. Авторегрессионные процессы 1-го и 2-го порядка. Общая модель авторегрессии.
8. Процессы гибели и размножения. Теория массового обслуживания.
9. Интерполяция функций, полином Лагранжа. Сплайн-аппроксимация функций. Алгоритмы построения интерполяционных и сглаживающих сплайнов. Теоремы о равномерной сходимости процедуры сплайн-интерполяции.
10. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Применение треугольного разложения для решения систем линейных уравнений. Метод Гаусса.
11. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
12. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
13. Этапы исследования операций и их особенности. Специфика классификации задач оптимизации. Прямые и двойственные задачи математического программирования.
14. Задачи линейного программирования и особенности алгоритмов их решения. Основные подходы к решению задач линейного программирования большой размерности.
15. Задачи дискретного программирования и методы их решения.
16. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.
17. Теория игр. Равновесие Нэша. Матричные игры, седловая точка, решение в чистых и смешанных стратегиях.
18. Базы данных в системах научных исследований. Реляционные базы данных. Язык запросов SQL. Программирование диалогового доступа к реляционным базам данных. Язык PL/SQL. Базы и хранилища данных. Добыча данных. Процессы аналитической обработки данных. Цели, задачи и средства администрирования баз данных.
19. Планирование эксперимента. Методы анализа и обработки данных. Коэффициент корреляции. Среднеквадратичное отклонение. Метод наименьших квадратов. Линейная и нелинейная регрессия.
20. Архитектура ЭВМ. Представление данных. Подключение и управление внешними устройствами.

21.Современные операционные системы. Архитектура, интерфейсы пользователя, файловая система, процессы, работа с внешними устройствами.

22.Базовые понятия и концепции языков программирования. Языки программирования низкого и высокого уровня. Компиляторы и интерпретаторы. Системное и прикладное программирование.

23.Объектно-ориентированное программирование. Инкапсуляция, наследование, полиморфизм. Поля, статические и виртуальные (динамические) методы. Классы и объекты.

24.Имитационное моделирование. Сущность. Основные понятия. Область применения. Этапы создания имитационных моделей. Формализация объектов. Моделирующие алгоритмы. Технология имитационного моделирования. Использование имитационных моделей. Средства автоматизации имитационного моделирования. Языки и системы моделирования.

4. Литература

4.1. Основная литература

1. Бочаров, П.П. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для студентов, обучающихся на мат. специальностях / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. – М. : Физматлит , 2005. – 296 с.
2. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М. : Издательство ЛКИ, 2007. – 400 с.
3. Грофф, Д.Р. Энциклопедия SQL. Наиболее полное и подробное руководство / Дж. Грофф, П. Н. Вайнберг. – СПб. Питер 2004. – 896 с.
4. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем : учеб. пособие для студентов вузов специальности "Мат. методы в экономике" и др. экон. специальностям / Н.Б. Кобелев. – М. : Дело , 2003. – 336 с.
5. Орлов, А.И. Вероятность и прикладная статистика: основные факты : справочник / А.И. Орлов. – М. : КноРус , 2010. – 192 с.
6. Самарский, А.А. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – М. : Физматлит , 2005. – 320 с.

4.2. Дополнительная литература

7. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях : учеб. пособие / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков; под ред. В. А. Садовниченко. – М. : Высшая школа, 2000. – 190 с.
8. Боровков, А. А. Математическая статистика / А. А. Боровков. – Новосибирск : Наука , 1997. – 772 с.

9. Бутаков, Е.А. Методы создания качественного программного обеспечения ЭВМ / Е.А. Бутаков. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.
10. Белов, В.В. Теория графов : учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Белов, Е. М. Воробьев, В. Е. Шаталов. – М. : Высшая школа, 1976. – 392 с.
11. Вопросы математической теории надежности / Е. Ю. Барзилович, Ю. К. Беляев, В. А. Каштанов и др.; под ред. Б. В. Гнеденко. – М. : Радио и связь, 1983. – 376 с.
12. Гельфанд, И.М. Избранные задачи интегральной геометрии / И. М. Гельфанд, С. Г. Гиндикин, М. И. Граев. – М. : Добросвет, 2000. – 208 с.
13. Гельфанд, И.М. Лекции по линейной алгебре / И.М. Гельфанд. – М. : Добросвет : МЦНМО, 1998. – 320 с.
14. Джамса, К. Креативный Web-дизайн. HTML, XHTML, CSS, JavaScript, PHP, ASP, ActiveX. Текст, графика, звук и анимация учебник / К. Джамса, К. Кинг, Э. Андерсон. – М. ДиаСофт, 2005. – 672 с.
15. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике : пер с англ. / О. Зенкевич, под ред. Б. Е. Победри. – М. : Мир, 1975. – 541 с.
16. Емеличев, В.А. Лекции по теории графов : учеб. пособие для студентов по специальности "Математика" и "Прикладная математика" / В. А. Емеличев [и др.]. – М. Наука 1990. – 382 с.
17. Колмогоров, А.Н. Введение в теорию вероятностей / А. Н. Колмогоров, И. Г. Журбенко, А. В. Прохоров. – М. : Наука, 1982. – 160 с.
18. Кендалл, М. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Кендалл, А. Стьюарт; пер. с англ. Э. Л. Пресмана, В. И. Ротаря; под ред. А. Н. Колмогорова, Ю. В. Прохорова. – М. : Наука, 1976. – 736 с.
19. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для мат. специальностей ун-тов / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – М. : Физматлит, 2006. – 572 с.
20. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : Учеб. для ВУЗов / Н.Ш. Кремер. – М.: ЮНИТИ. – 2000. – 573 с.
21. Крылов, В.И. Вычислительные методы: в 2-х т. : учеб. пособие для вузов / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный. – М. : Наука, 1976. – 303 с.
22. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа: в 2-х т. / Л.Д. Кудрявцев. – М.: Высшая школа, 1988, 1т. – 712 с., 2т. – 575 с.
23. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов / В.В. Лебедев. – М.: ИЗОГРАФ, 1997. – 224 с.
24. Краснощеков, П.С. Принципы построения моделей / П. С. Краснощеков, А. А. Петров. – М. : МГУ, 1983. – 264 с.
25. Лихтарников, Л.М. Математическая логика курс лекций: задачник-практикум и решения: учеб. пособие [для студентов ун-тов и пед. вузов, изучающих мат. логику] / Л. М. Лихтарников, Т. Г. Сукачева. – СПб.: Лань 2008. – 288 с.

26. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. – М.: Изд-во МГУ, 1993.
27. Малюк, А.А. Введение в защиту информации в автоматизированных системах учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям, не входящим в группу специальностей в области информ. безопасности / А. А. Малюк, С. В. Пазизин, Н. С. Погожин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2005. – 147 с.
28. Медведев, В.С. CONTROL SYSTEM TOOLBOX MATLAB 5 для студентов / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин; под ред. В. Г. Потемкина. – М. ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. –287 с.
29. Олифер, В.Г. Компьютерные сети : Принципы, технологии, протоколы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Информатика и вычислит. техника" / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2003. – 864 с.
30. Петров, А.А. Опыт математического моделирования экономики / Петров А.А., Пospelов И.Г., Шананин А.А. – М.: Энергоатомиздат, 1996.
31. Пытьев, Ю. П. Математические методы анализа эксперимента / Ю. П. Пытьев. – М. : Высш. школа, 1989. – 352 с.
32. Пытьев, Ю. П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. / Ю. П. Пытьев. – М. : Физматлит, 2002. – 384 с.
33. Самарский, А.А. Численные методы решения обратных задач математической физики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Приклад. математика" / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. – М. : ЛКИ , 2007. – 480 с.
34. Случайные процессы, математическая статистика и их приложение : сборник ст. / МГУ им. М. В. Ломоносова, Мех.-мат. фак.; под ред. Б. В. Гнеденко, Ю. А. Розанова. – М. : Издательство МГУ , 1989. – 72 с.
35. Фаддеев, Д.К. Вычислительные методы линейной алгебры / Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева. – М. : Физматгиз , 1960. – 656 с.
36. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики / А. И. Чуличков. – М.: Физматлит, 2003. – 296 с.
37. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 424 с.
38. Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований : учеб. пособие / М.Ф. Шкляр. – М. : Дашков и К* , 2007. – 244 с.
39. Яблонский, С.В. Введение в дискретную математику / С.В. Яблонский. – М.: Высшая школа, 2001. – 384 с.