

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ
проректор по научной работе
и инновациям, профессор
М.Г. Барышев
_____ 2017

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

По направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

для подготовки аспирантов

Специальность (профиль)

05.13.18 Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ


Форма обучения

Очная

Заочная

Краснодар
2017

Программа составлена в соответствии с утвержденными ФГТ и рекомендациями по формированию основных профессиональных образовательных программ послевузовского профессионального образования.

Автор(ы):  М.Х. Урtenов, доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной математики факультета компьютерных технологий и прикладной математики КубГУ

Программа одобрена на заседании кафедры прикладной математики
от « 16 » марта 2017 года, протокол № 10

Зав. кафедрой прикладной математики



М.Х. Урtenов

И.о. декана факультета компьютерных технологий и прикладной математики



А.Д. Колотий

Заведующая отделом аспирантуры



Е.В. Строганова

Программа вступительного испытания по направлению подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Цели и задачи

Программа составлена на основе паспорта специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 09.06.01.

Для поступления на конкурсной основе в аспирантуру допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего образования (специалитет, магистратура).

1.1 Цели программы вступительного экзамена

Цель программы – оказать методическую помощь поступающим в аспирантуру в теоретической подготовке к сдаче вступительного экзамена по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1.2 Задачи программы вступительного экзамена

Задачи программы:

- определить требования к знаниям лиц, поступающих в аспирантуру, при сдаче вступительного экзамена по специальности;
- систематизировать темы специального предмета и входящие в них вопросы;
- включить наиболее значимые учебно-методические, монографические и иные научные работы, изучение которых позволит лицам, поступающим в аспирантуру, сформировать необходимые знания по специальности.

1.3 Требования к уровню знаний лиц, поступающих в аспирантуру

Вступительный экзамен служит для проверки порогового (входного) уровня знаний, умений, опыта деятельности, требуемого для формирования компетенций УК-1, УК-3, ОПК-1.

При сдаче вступительного экзамена по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ поступающий в аспирантуру должен

ЗНАТЬ: – основные методы научно-исследовательской деятельности.

– методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности.

– содержание основных разделов в области профессиональной деятельности.

УМЕТЬ: – выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.

– анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.

– выбрать подход к исследованию задачи в области профессиональной деятельности, обосновать выбор методов, грамотно использовать математические методы и прикладные пакеты.

ВЛАДЕТЬ: – навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

– навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе ее развития, владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.

– навыками выбора методов и средств решения задач исследования, математическим аппаратом и информационными технологиями для выполнения вычислительных экспериментов, статистической обработки и графической интерпретации результатов.

2. Структура и содержание вступительного экзамена

Основу программы составили ключевые вопросы разделов «Математические основы», «Информационные технологии», «Методы математического моделирования».

Раздел 1. Математические основы

Интеграл с переменным верхним пределом. Теорема о непрерывности. Теорема о дифференцируемости. Формула Ньютона-Лейбница. Непрерывность суммы функционального и степенного ряда. Основная теорема теории вычетов. Вычисление контурных интегралов при помощи вычетов. Теорема Рисса об общем виде линейных функционалов в гильбертовом пространстве. Принцип сжимающих отображений. Инварианты и полуинварианты кривых второго порядка. Жорданова форма линейного оператора в векторном пространстве над \mathbb{C} . Разложение гильбертова пространства в ортогональную сумму (по оператору A).

Обусловленность систем линейных уравнений. Регуляризация. Метод Рунге-Кутты (1-го и 2-го порядков) для задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Устойчивость решения системы дифференциальных уравнений по Ляпунову. (Определение. Сведение

исследования устойчивости ненулевого решения, к исследованию нулевого решения. Лемма Ляпунова. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению.)

Краевые задачи. (Альтернатива Фредгольма. Функция Грина и ее свойства. Теорема о свойствах собственных значений и собственных функций). Метод установления для краевой задачи уравнения Пуассона. Математические модели физических задач, приводящие к уравнениям математической физики. Основные уравнения математической физики, постановки задач. Корректность постановки задач.

Уравнения в частных производных гиперболического типа. Метод характеристик. Метод Фурье (метод разделения переменных) для волнового уравнения и уравнения теплопроводности. Обоснование метода на конкретных примерах. Теорема Стеклова (без доказательства). Потенциалы (объема, простого и двойного слоя). Их основные свойства. Решение краевых задач для уравнений Лапласа с помощью потенциалов. Принцип максимума для уравнения теплопроводности. Аксиоматика теории вероятностей. Формулы полной вероятности и Байеса. Случайные величины и их характеристики (плотность и функция распределения, математическое ожидание и дисперсия). Элементы теории проверки статистических гипотез. Симплекс-метод. Матричные игры. Необходимые условия условного минимума. Теорема Куна-Таккера. Необходимые условия минимума для простейших функционалов (теоремы Эйлера, Эйлера-Пуассона). Принцип максимума Понтрягина. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара. Численные методы вейвлет-анализа.

Раздел 2. Информационные технологии

Структура и особенности использования модулей в языке Паскаль. Алгоритмы сортировки массива (по выбору). Определение бинарного дерева, варианты обхода бинарного дерева. Определение транслятора, назначение основных блоков транслятора, схема их взаимодействия и используемые ими структуры данных. Схема обработки прерывания: контролер прерываний,

таблица векторов прерываний, команды вызова и возврата из обработки прерывания. Объектные типы и объекты. Особенности использования виртуальных методов. Реляционная модель данных. Основные понятия: домен, отношение, кортеж, степень и мощность отношения, база данных. Свойства и виды отношений. Целостность реляционных данных. Реляционная алгебра и исчисления. Комбинаторные правила. Сочетания и размещения. Транзакции. Уровни изолированности пользователей. Отношения эквивалентности и порядка. Минимизация ДНФ. Монотонные функций алгебры логики. Деревья и их свойства. Отличимость состояний конечных автоматов. Нумерация рекурсивных функций. Структура экспертных систем. Продукционная модель знаний. Прямой и обратный вывод. Семантические сети. Логические программы. Правило резолюции. Этапы создания интеллектуальных систем. Структура процесса извлечения знаний.

Пакеты прикладных программ. Основные принципы формирования и функционирования. Компьютерное моделирование в среде MATLAB. Использование пакетов Toolbox. Пакет прикладных программ Maple. Пакет прикладных программ Comsol Multiphysics. Программный пакет для статистического анализа Statistica

Раздел 3 Методы математического моделирования

Основные принципы математического моделирования. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Математические модели (цели построения, классификация). 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 механике. Математические модели в экономике. Математические модели в биологии. Математические модели в

химии. Математические модели в физике. Модели динамических систем. Бифуркация. Динамический хаос, примеры. Понятие о самоорганизации, диссипативные структуры, режимы с обострением.

Математическое моделирование с помощью искусственных нейронных сетей. Нечеткие продукционные системы. 1. Гибридные (нечеткие нейросетевые) системы.

Учет инфляции в финансовых расчетах. Математические модели финансовых пирамид. Простейшие модели финансовых пирамид. Математическая модель расчета суммы, собираемой финансовой пирамидой. Курсовая стоимость и доходность облигаций. Реализованный процент. Дюрация. Изгиб. Статическая линейная модель многоотраслевой экономики (Леонтьева). Теорема Фробениуса-Перрона. Математические методы и модели финансово-экономического анализа. Математические методы и модели оценки кредитоспособности.

2.2 Вопросы вступительного экзамена

1. Математические основы

1. Интеграл с переменным верхним пределом. Теорема о непрерывности. Теорема о дифференцируемости. Формула Ньютона-Лейбница.
2. Непрерывность суммы функционального и степенного ряда.
3. Основная теорема теории вычетов. Вычисление контурных интегралов при помощи вычетов.
4. Теорема Рисса об общем виде линейных функционалов в гильбертовом пространстве.
5. Принцип сжимающих отображений.
6. Инварианты и полуинварианты кривых второго порядка.
7. Жорданова форма линейного оператора в векторном пространстве над \mathbb{C} .
8. Разложение гильбертова пространства в ортогональную сумму (по оператору A).
9. Обусловленность систем линейных уравнений. Регуляризация.

10. Метод Рунге-Кутты (1-го и 2-го порядков) для задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
11. Устойчивость решения системы дифференциальных уравнений по Ляпунову. (Определение. Сведение исследования устойчивости ненулевого решения, к исследованию нулевого решения. Лемма Ляпунова. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению.)
12. Краевые задачи. (Альтернатива Фредгольма. Функция Грина и ее свойства. Теорема о свойствах собственных значений и собственных функций).
13. Метод установления для краевой задачи уравнения Пуассона.
14. Математические модели физических задач, приводящие к уравнениям математической физики. Основные уравнения математической физики, постановки задач. Корректность постановки задач
15. Уравнения в частных производных гиперболического типа. Метод характеристик
16. Метод Фурье (метод разделения переменных) для волнового уравнения и уравнения теплопроводности. Обоснование метода на конкретных примерах. Теорема Стеклова (без доказательства).
Потенциалы (объема, простого и двойного слоя). Их основные свойства. Решение краевых задач для уравнений Лапласа с помощью потенциалов.
17. Принцип максимума для уравнения теплопроводности.
18. Аксиоматика теории вероятностей.
19. Формулы полной вероятности и Байеса.
20. Случайные величины и их характеристики (плотность и функция распределения, математическое ожидание и дисперсия).
21. Элементы теории проверки статистических гипотез
22. Симплекс-метод.
23. Матричные игры.
24. Необходимые условия условного минимума. Теорема Куна-Таккера.
25. Необходимые условия минимума для простейших функционалов (теоремы Эйлера, Эйлера-Пуассона).

26. Принцип максимума Понтрягина.
27. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов.
28. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара.
29. Численные методы вейвлет-анализа.

2. Информационные и компьютерные технологии

1. Структура и особенности использования модулей в языке Паскаль.
2. Алгоритмы сортировки массива (по выбору).
3. Определение бинарного дерева, варианты обхода бинарного дерева.
4. Определение транслятора, назначение основных блоков транслятора, схема их взаимодействия и используемые ими структуры данных.
5. Схема обработки прерывания: контролер прерываний, таблица векторов прерываний, команды вызова и возврата из обработки прерывания.
6. Объектные типы и объекты. Особенности использования виртуальных методов.
7. Реляционная модель данных. Основные понятия: домен, отношение, кортеж, степень и мощность отношения, база данных. Свойства и виды отношений. Целостность реляционных данных.
8. Реляционная алгебра и исчисления.
9. Комбинаторные правила. Сочетания и размещения.
10. Транзакции. Уровни изолированности пользователей.
11. Отношения эквивалентности и порядка.
12. Минимизация ДНФ. Монотонные функций алгебры логики.
13. Деревья и их свойства.
14. Отличимость состояний конечных автоматов.
15. Нумерация рекурсивных функций.
16. Структура экспертных систем.
17. Продукционная модель знаний. Прямой и обратный вывод.
18. Семантические сети.
19. Логические программы. Правило резолюции.
20. Этапы создания интеллектуальных систем.

21. Структура процесса извлечения знаний.
22. Пакеты прикладных программ. Основные принципы формирования и функционирования.
23. Компьютерное моделирование в среде MATLAB. Использование пакетов Toolbox.
24. Пакет прикладных программ Maple.
25. Пакет прикладных программ Comsol Multiphysics.
26. Программный пакет для статистического анализа Statistica

3. Методы математического моделирования

1. Основные принципы математического моделирования.
2. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.
3. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике.
4. Математические модели (цели построения, классификация). Универсальность математических моделей.
5. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
6. Вариационные принципы построения математических моделей
7. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
8. Математические модели в научных исследованиях.
9. Математические модели в механике. Примеры.
10. Математические модели в экономике. Примеры.
11. Математические модели в биологии. Примеры.
12. Математические модели в химии. Примеры.
13. Математические модели в физике. Примеры.
14. Модели динамических систем, примеры.
15. Бифуркация, примеры.
16. Динамический хаос, примеры.

17. Понятие о самоорганизации, диссипативные структуры, режимы с обострением, примеры.
18. Математическое моделирование с помощью искусственных нейронных сетей.
19. Нечеткие продукционные системы.
20. Учет инфляции в финансовых расчетах.
21. Математические модели финансовых пирамид. Простейшие модели финансовых пирамид. Математическая модель расчета суммы, собираемой финансовой пирамидой.
22. Курсовая стоимость и доходность облигаций. Реализованный процент. Дюрация. Изгиб.
23. Статическая линейная модель многоотраслевой экономики (Леонтьева). Теорема Фробениуса-Перрона.
24. Гибридные (нечеткие нейросетевые) системы.
25. Математические методы и модели финансово-экономического анализа.
26. Математические методы и модели оценки кредитоспособности.

3. Процедура вступительного экзамена

Вступительный экзамен проводится по билетам, в билете три вопроса, время на подготовку к ответу – 1 час.

Процедуру экзамена составляют ответ на вопросы экзаменационных билетов и свободное собеседование по дополнительным вопросам.

Вступительные экзамены оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы билета и дополнительные вопросы членов комиссии к поступающему в аспирантуру.

4. Критерии оценки результатов вступительного экзамена

Уровень знаний поступающего в аспирантуру определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Итоговая оценка определяется глубиной и качеством знаний методов математического, компьютерного моделирования и численных методов, пониманием проблем и методов указанных областей.

При оценке знаний учитываются следующие критерии:

ЗНАНИЕ материала (теории, понятий, методов) по разделам методов математического, компьютерного моделирования и численным методам;

УМЕНИЕ выделять существенные положения теории; формулировать конкретные положения по теме вопроса; применять методы исследования для анализа и решения конкретных задач;

ВЛАДЕНИЕ методами математического, компьютерного моделирования и численными методами, понятийным аппаратом и специальной терминологией.

Оценка «ОТЛИЧНО» – ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на вопросы в билете, а также дополнительные вопросы членов комиссии. Ответы должны отличаться логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание теории, методов, понятийного аппарата и умения ими пользоваться при ответе.

Оценка «ХОРОШО» – ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на все основные и дополнительные экзаменационные вопросы. Ответы должны отличаться логичностью, четкостью, знанием понятийного аппарата и основных теоретических положений по теме вопроса при незначительных упущениях при ответах.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» – ставится при неполных и слабо аргументированных ответах, демонстрирующих общее представление и элементарное понимание существа поставленных вопросов, понятийного аппарата и положений теории.

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» – ставится при незнании и непонимании существа экзаменационных вопросов, отсутствии требуемых умений и навыков

При выставлении оценки, особенно неудовлетворительной, председатель объясняет поступающему в аспирантуру недостатки его ответа.

Планируемые результаты (показатели достижения заданного входного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов			
	НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	ХОРОШО	ОТЛИЧНО
ЗНАТЬ: материал разделов математического моделирования, численных методов и комплексов программ	Отсутствие знаний теории и методов, неверное использование понятий.	Общие, но не структурированные знания положений теории, фрагментарные знания методов, элементарное знание понятийного аппарата, неверная трактовка некоторых понятий.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теории и методов, верная трактовка понятий.	Сформированные систематические знания теории и методов, верная трактовка понятий.
УМЕТЬ: выделять существенные положения теории; формулировать конкретные положения по теме вопроса; применять методы исследования для анализа и решения конкретных задач	Отсутствие умения выделять существенные положения теории; формулировать положения по теме вопроса. Неумение выбрать метод и применить его для исследования и решения конкретной задачи.	Отсутствие умения выделить существенные положения теории, нечеткое формулирование положений по теме вопроса, демонстрирующее лишь общие представления о предмете; умение выбрать метод, но неумение применить его для анализа и решения конкретной задачи.	В целом успешное выделение существенных положений теории; умение формулировать конкретные положения по теме вопроса, применять методы исследования решения конкретных задач при незначительных упущениях.	Сформированное умение выделять существенные положения теории; формулировать конкретные положения по теме вопроса; применять методы исследования для анализа и решения конкретных задач
ВЛАДЕТЬ: методами математического, компьютерного моделирования и численных методов, понятийным аппаратом и специальной терминологией, способностью логически последовательно и четко выражать мысли и обосновывать выводы	Отсутствие навыков применения методов математического, компьютерного моделирования и численных методов, логического выстраивания рассуждений, аргументации ответов и обоснования выводов.	Неаргументированное использование методов математического, компьютерного моделирования и численных методов, логически непоследовательное или нечеткое выстраивание рассуждений, недостаточно обоснованные выводы.	В целом успешное, но не всегда аргументированное использование методов математического, компьютерного моделирования и численных методов, логически последовательное и четкое выстраивание рассуждений, но не всегда обоснованные выводы.	Успешное использование методов математического, компьютерного моделирования и численных методов, логически последовательное и четкое выстраивание рассуждений, обоснованные выводы.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1 Основная литература

1. Глобальная оптимизация с помощью методов интервального анализа Global optimization using interval analysis / Э. Хансен, Дж. У. Уолстер ; пер. с англ. С. И. Кумкова ; под ред. С. П. Шарого. - Москва : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2012. - 516 с.
2. Метод конечных элементов высокого порядка точности в задачах математической физики: учебное пособие / М.В. Голуб, С.И. Фоменко, А.Н. Шпак - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2015. - 75 с.
3. Численные методы и программирование : учебное пособие / В. Д. Колдаев ; под ред. Л. Г. Гагариной. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2013. - 335 с.
4. Численные методы решения задач одномерной безусловной оптимизации : учебно-методическое пособие / Н.М. Сеидова, Г.В. Калайдина Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2012. - 37 с.
5. Численные методы. Параллельные вычисления на ЭВМ / В.А. Левин, А.В. Вершинин - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 542 с.
6. Хромых, А.А., Коваленко, А.В., Уртенев, М.Х. Двумерные математические модели переноса тернарного электролита в мембранных системах : монография / А.А. Хромых, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2014. - 227 с.
7. 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.
8. Чубырь, Н.О., Коваленко, А.В., Уртенев, М.Х. Двумерные математические модели переноса бинарного электролита в мембранных

системах (численный и асимптотический анализ) : монография / Н.О. Чубырь, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федеральное гос. бюджетное образоват. учреждение высшего проф. образования "Кубанский гос. технол. ун-т". - Краснодар : [КубГТУ], 2012. - 131 с.

9. Узденов, У.А., Коваленко, А.В., Уртенев, М.Х. Математические методы и модели оптимального портфеля ценных бумаг / У.А. Узденов, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Карачаево-Черкесский гос. ун-т им. У. Д. Алиева. - Карачаевск : [Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева], 2012. - 145 с.

10. Нечеткие системы финансово-экономического анализа предприятий и регионов : монография / Е.В. Казаковцева, А.В. Коваленко, М.Х. Уртенев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: 2013. - 266 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Самарский, А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры - Изд. 2-е, испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320 с.

2. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента. М.: Высш. школа, 1989.

3. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М.: Физматлит, 2000.

4. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1984.

5. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972

6. Современные математические методы анализа финансово-экономического состояния предприятия: монография / Коваленко А.В., Уртенев М.Х., Барановская Т.П., Кармазин В.Н. Научный журнал КубГАУ, №70(06), 2011. / Краснодар: КубГАУ, 2009. – 250 с.

7. Коваленко А.В., Уртенев М.Х., Казаковцева Е.В., Арутюнян А.Х. Математические основы финансово-экономического анализа. Ч.2. Нечеткие производственные системы: учебное пособие. Краснодар. Издательско-полиграфический центр КубГУ. 2013. 251 с.

8. Математические основы финансово-экономического анализа. Ч.3. Нейросетевые технологии: учебное пособие. Уртенев М.Х., Арутюнян А.С., Коваленко А.В. Краснодар. Кубанский государственный технологический университет. 2014. 254 с.

9. Математические модели ценообразования на российском рынке ценных бумаг / Кесиян Г.А., Уртенев М.Х., Коваленко А.В. Краснодар. Кубанский государственный университет. 2014. 159 с.

10. Жирабок, А.Н. Алгебраические методы анализа нелинейных динамических систем / А. Н. Жирабок, А. Е. Шумский - Владивосток: Дальнаука, 2008. - 231 с.

11. Нестеров, Ю.Е. Введение в выпуклую оптимизацию / Ю.Е. Нестеров под ред. Б. Т. Поляк, С. А. Назин. - М. : Изд-во МЦНМО, 2010. - 279 с.

12. Орлов, А.И. Вероятность и прикладная статистика : : основные факты : справочник / А.И. Орлов. - М. : КНОРУС, 2010. - 190 с.

13. Халафян, А.А. Математическая статистика с элементами теории вероятностей. STATISTICA 6 : учебник для студентов вузов / А.А. Халафян - М. : БИНОМ, 2011. - 491 с.

5.3 Периодические издания

1. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика и механика. М: Изд-во МГУ, ISSN 0579-9368.

2. Доклады академии наук. Серии: Математика, Физика. М.: Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Российской академии наук. Издательство «Наука», ISSN 0869-5652.

3. Прикладная математика и механика. М.: Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Российской академии наук Издательство «Наука», ISSN 0032–8235.

4. Journal of Applied Mathematics, ISSN 0021–8936.

5.4 Электронные ресурсы

<http://www.nature.com/siteindex/index.html>

<http://www.exponenta.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.scopus.com/>

<http://www.scirus.com>

<http://www.elibrary.ru/>

<http://online.sagepub.com>

<http://scitation.aip.org>

<http://www.annualreviews.org/ebvc>

<http://www.uspto.gov/patft/>

<http://ej.kubagro.ru/>