

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ, МАТЕМАТИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

ПРИНЯТО

На заседании Ученого совета
Института информатики, математики и
робототехники

Протокол от «22» февраля 2024 г. № 4

И.о. директора  / О.А. Кривошеева

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по образовательной
деятельности

И.А. Макаренко

«11» марта 2024 г.



ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**


НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

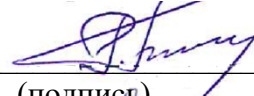
1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ


Отрасль науки:

«Физико-математические науки»

Разработчик (разработчики):


(подпись) / д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры ВВТиС, С.Ю. Лукашук
(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия и.о.)


(подпись) / д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры ВВТиС, Р.К. Газизов
(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия и.о.)


(подпись) / д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры ММ, С.А. Мустафина
(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия и.о.)

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ утверждена на объединённом заседании кафедр высокопроизводительных вычислительных технологий и систем (ВВТиС) и математического моделирования (ММ). (Протокол от 21 февраля 2024 г. №6).

1. Общие положения

1.1. Область науки:

1. Естественные науки

Группа научных специальностей:

1.1. Математика и механика

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

Физико-математические науки

Шифр научной специальности:

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1.2. Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине (далее «специальная дисциплина») по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ разработана в соответствии:

Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024) «О порядке присуждения ученых степеней»;

Приказом Минобрнауки России от 28.03.2014 г. № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня»;

Приказом Минобрнауки России от 05.08.2021 г. № 712 «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства образования и науки Российской Федерации и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сфере высшего образования и науки и признании утратившими силу приказов Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 апреля 2013 г. № 296 и от 22 июня 2015 г. № 607»;

Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;

Паспортом научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;

Уставом УУНиТ;

Приказом УУНиТ от 07.03.2023 г. № 0527 «О Порядке прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов».

1.3. Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок работы экзаменационной комиссии, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук, и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе, перечень литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену.

1.4. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. Цель проведения кандидатского экзамена

Целью проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и отрасли науки Физико-математические науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация:

- владение основными понятиями и методами математического моделирования, численных методов и комплексов программ на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач;
- проверка сформированности умений применения математического моделирования, численных методов и комплексов программ к решению научно-исследовательских задач, использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;
- получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

3. Задачи, решаемые в ходе сдачи кандидатского экзамена

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области математического моделирования, численных методов и комплексов.

4. Структура и содержание кандидатского экзамена

4.1. Кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет включает в себя два-три теоретических вопроса и вопросы по теме диссертационного исследования.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 60 минут.

4.2. Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом по установленной Университетом форме.

4.3. Университет вправе применять дистанционные образовательные технологии при проведении кандидатского экзамена. Особенности проведения кандидатских экзаменов с применением дистанционных образовательных технологий определяются локальным нормативным актом Университета.

При проведении кандидатского экзамена с применением дистанционных образовательных технологий Университет обеспечивает идентификацию личности аспирантов/прикрепленных лиц и контроль соблюдения требований, установленных локальным нормативным актом.

5. Перечень тем, вынесенных на кандидатский экзамен

- Тема 1. Элементы теории функций и функционального анализа
- Тема 2. Дифференциальные уравнения и оптимальное управление
- Тема 3. Уравнения математической физики
- Тема 4. Теория вероятностей и математическая статистика
- Тема 5. Численные методы
- Тема 6. Компьютерные технологии
- Тема 7. Методы математического моделирования
- Тема 8. Математические модели в естествознании, технике и технологиях

6. Перечень документов и материалов, которыми разрешается пользоваться на кандидатском экзамене

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Во время проведения кандидатского экзамена аспирантам/прикрепленным лицам, запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

7. Перечень вопросов для проведения кандидатского экзамена:

Тема 1. Элементы теории функций и функционального анализа

1. Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства.
2. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева.
3. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха.
4. Линейные операторы.
5. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.
6. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах.
7. Выпуклые задачи на минимум.
8. Математическое программирование, линейное программирование
9. Математическое программирование, выпуклое программирование.

Тема 2. Дифференциальные уравнения и оптимальное управление

10. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
11. Метод вариации произвольных постоянных.
12. Неподвижные точки системы двух линейных однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.
13. Устойчивость положения равновесия по первому приближению.
14. Линейные уравнения в частных производных первого порядка.
15. Основы вариационного исчисления.
16. Задачи оптимального управления.
17. Принцип максимума.

Тема 3. Уравнения математической физики

18. Классификация линейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Характеристики. Приведение к каноническому виду.
19. Уравнения гиперболического типа (на примере уравнения колебаний струны), постановки задач.
20. Уравнения параболического типа (на примере уравнения теплопроводности), постановки задач.

21. Уравнения эллиптического типа (на примере уравнений Лапласа и Пуассона), постановки задач.
22. Задача Штурма-Лиувилля. Сведение задачи Штурма-Лиувилля к интегральному уравнению.
23. Метод разделения переменных (метод Фурье).
24. Гармонические функции и их основные свойства.
25. Корректность постановки математических задач. Примеры некорректно поставленных математической физики

Тема 4. Теория вероятностей и математическая статистика

26. Основные понятия. Теорема сложения и умножения вероятностей. Повторение опытов. Формула Бернулли. Основные законы распределения случайных величин. Нормальный закон распределения. Теорема больших чисел. Теорема Чебышева.
27. Задача статистического оценивания параметров. Статистическая проверка гипотез. Основные типы гипотез, проверяемые в ходе статистической обработки данных. Регрессионный и корреляционный анализ. Метод наименьших квадратов. Метод моментов.
28. Методы стохастического моделирования процессов.
29. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметром распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез.
30. Элементы многомерного статистического анализа.
31. Основные понятия теории статистических решений.

Тема 5. Численные методы

32. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Сплайны.
33. Численное дифференцирование.
34. Численное интегрирование: простейшие квадратуры, квадратуры Гаусса.
35. Численные методы решения нелинейных уравнений и систем.
36. Численные методы поиска экстремума.
37. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
38. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
39. Решение плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений.
40. Основы теории разностных схем. Понятия аппроксимации, сходимости, устойчивости.
41. Численные методы решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.
42. Численные методы решения задач для волновых уравнений.
43. Численные методы решения задач для уравнения теплопроводности.
44. Численные методы решения задач для уравнения Пуассона.
45. Метод конечных элементов.
46. Численные методы обработки сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Вейвлет-анализ. Преобразование Хаара.

Тема 6. Компьютерные технологии

47. Понятие алгоритма. Способы представления алгоритмов.
48. Структуры данных.
49. Языки программирования высокого уровня: синтаксис, семантика, данные, операции, передача данных в процедурах и функциях.
50. Структурное и объектно-ориентированное программирование.
51. Параллельное программирование. Параллелизм данных и параллелизм задач.
52. Параллельные алгоритмы. Принцип геометрического параллелизма.
53. Распознавание образов.
54. Искусственный интеллект.
55. Пакеты прикладных программ.
56. Программное обеспечение научных исследований.

Тема 7. Методы математического моделирования

57. Понятие математической модели. Универсальность математических моделей.
58. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.
59. Построение математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
60. Вариационные принципы построения математических моделей.
61. Методы исследования математических моделей. Устойчивость.
62. Проверка адекватности математических моделей.
63. Имитационное моделирование.

Тема 8. Математические модели в естествознании и технике

64. Элементарные математические модели механики.
65. Элементарные математические модели гидродинамики.
66. Элементарные математические модели электродинамики.
67. Математические модели статистической механики.
68. Математические модели экономических систем.
69. Математические модели биологических систем.
70. Модели измерительно-вычислительных систем.
71. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора.
72. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание.
73. Понятие о самоорганизации в нелинейных системах. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.

8. Порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук

8.1. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

8.2. При оценке знаний и уровня подготовки соискателя ученой степени кандидата наук, определяется:

- уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

8.3. Общими критериями, определяющими оценку уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук, являются:

- для оценки «отлично»: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;
- для оценки «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;
- для оценки «удовлетворительно»: наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;
- для оценки «неудовлетворительно»: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

9. Методические указания по подготовке к сдаче кандидатского экзамена

При подготовке к кандидатскому экзамену рекомендуется:

Внимательно прочесть источники в списке рекомендуемой литературы и проанализировать информацию.

Сделать выписки (конспект) необходимой информации в соответствии с темами и экзаменационными вопросами.

Систематизировать и классифицировать полученные данные по тематическим разделам и экзаменационным вопросам.

Составить рабочие записи – ключевые опорные пункты в соответствии с логикой ответа на экзаменационные вопросы.

Подобрать необходимую иллюстративную информацию по содержанию ответа на экзаменационные вопросы.

В ходе подготовки к выполнению практического задания обучающийся анализирует результаты диссертационного исследования.

10. Перечень рекомендуемой литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Владимиров, В. С. Уравнения математической физики: учебник / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. – Москва : Физматлит, 2000. – 400 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68126 – ISBN 5-9221-0011-4. – Текст: электронный.

2. Сахарова, Л. В. Уравнения математической физики: учебное пособие / Л. В. Сахарова, М. Б. Стрюков; Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2018. – 104 с. Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=568601 – ISBN 978-5-7972-2534-8. – Текст: электронный.

3. Годунов, С. К. Уравнения математической физики / С. К. Годунов. – Изд. 2-е, испр. И доп. – Москва: Наука, 1979. – 392 с. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468173 – Текст: электронный.

4. Формалев, В. Ф. Численные методы: учебник / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников. – Москва: Физматлит, 2006. – 399 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=69333 – ISBN 5-9221-0479-9. – Текст: электронный.

5. Гильмутдинов, Р. Ф. Численные методы: учебное пособие / Р. Ф. Гильмутдинов, К. Р. Хабибуллина; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 92 с. Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=500887 – ISBN 978-5-7882-2427-5. – Текст: электронный.

6. Численные методы в уравнениях математической физики: учебное пособие / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик, Д. В. Вагин [и др.]; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. – 60 с. Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=574666 – ISBN 978-5-7782-2971-6. – Текст: электронный.

7. Измаилов, А. Ф. Численные методы оптимизации: учебное пособие / А. Ф. Измаилов, В. М. Солодков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физматлит, 2008. – 320 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=69317 – ISBN 978-5-9221-0975-8. – Текст: электронный.

8. Ландовский, В. В. Алгоритмы обработки данных: учебное пособие / В. В. Ландовский. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 67 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=574809 – ISBN 978-5-7782-3645-5. – Текст: электронный.

9. Власенко, А. Ю. Операционные системы: учебное пособие / А. Ю. Власенко, С. Н. Карабцев, Т. С. Рейн. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2019. – 161 с. Режим доступа:

URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=574269 – ISBN 978-5-8353-2424-8. – Текст: электронный.

10. Чмыхов, Д. В. Основы построения баз данных: учебное пособие/ Д. В. Чмыхов, А. С. Сазонова, А. А. Тищенко [и др.]. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2021. – 124 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=602227 – ISBN 978-5-4499-2428-5. – Текст: электронный.

11. Балдин, К. В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник/К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев. – 3-е изд., стер. – Москва : Дашков и К°, 2020. – 472 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=573173 – ISBN 978-5-394-03595-1. – Текст: электронный.

12. Колемаев, В. А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник/В. А. Колемаев, В. Н. Калинина. – Москва: Юнити-Дана, 2015. – 352 с. Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=436721 – ISBN 5-238-00560-1. – Текст: электронный.

13. Хамидуллин, Р. Я. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие/ Р. Я. Хамидуллин. – Москва : Университет Синергия, 2020. – 276 с. – (Университетская серия). – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=571503 – ISBN 978-5-4257-0398-9. – Текст: электронный.

14. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - 7-е изд. -Москва: Физматлит, 2009 - 572 с. <https://e.lanbook.com/book/2206>

15. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач : учебное пособие / Ф.П. Васильев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Наука, 1988 - 549 с.

16. Обыкновенные дифференциальные уравнения: учебник / Л. С. Понтрягин. - Изд. 5-е. - Москва: Наука, 1982 - 331 с.

17. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения [Электронный ресурс]: учебник / Л.Э. Эльсгольц URSS, http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Elsgolts_Dif_ur_2013_ster.pdf

18. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: учебное пособие / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский ; ред. В. А. Григорова, И. Г. Вирко. - Изд. 4-е, испр. - Москва: Наука, 1972 - 735 с.

19. Боровков А.А. Теория вероятностей / А.А. Боровков - Москва.: УРСС, 2021 - 656 с.

20. Боровков, А. А. Математическая статистика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А. А. Боровков. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 704 с. <https://e.lanbook.com/book/164711>.

21. Бахвалов Н. С. Численные методы [Электронный ресурс] / Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. - Москва: Лаборатория знаний, 2015 - 639 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70767

22. Самарский, А. А. Введение в численные методы / А. А. Самарский. - СПб.: Лань, 2009. - 288 с.

23. Калиткин Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин ; под ред. А. А. Самарского. - 2-е изд., Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014, http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Kalitkin_Chisl_met_Izd2_2014.pdf

24. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 608 с.

25. Гагарина Л. Г. Технология разработки программного обеспечения / Л. Г. Гагарина, Е. В. Кокорева, Б. Д. Виснадул; под ред. Л. Г. Гагариной. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. - 399 с.

26. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Электронный ресурс]: монография / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - 2-е изд. - Москва : Физматлит, 2005 - 320 с. <https://e.lanbook.com/book/59285>

27. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. - Москва: Изд-во МГУ, 1993 - 332 с.

28. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов/ В.В. Лебедев. - Москва: Изограф, 1997 - 224 с.

29. Петров А.. Опыт математического моделирования экономики / А.А. Петров, ИГ. Поспелов, А.А. Шананин. - Москва: Энергоатомиздат, 1996 - 544 с.
30. Пытьев, Ю. П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем [Электронный ресурс]: монография / Ю. П. Пытьев. - Москва : Физматлит, 2012 - 428 с. <https://e.lanbook.com/book/59752>.
31. Тихонов АН. . Методы решения некорректных задач : учебное пособие / АН. . Тихонов, ВЯ. Арсенин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1979 - 285с.
32. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента / Ю.П. Пытьев. - Москва: Высш. школа, 1989 - 352 с.
33. Чуличков, А. И. Математические модели нелинейной динамики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. И. Чуличков. - 2-е изд. - Москва: Физматлит, 2003. - 296 .с <https://e.lanbook.com/book/59325>
34. Демьянов В.Ф. Введение в минимакс / В.Ф. Демьянов, ВН. . Малоземов. - Москва: Наука, 1972 - 368 с.
35. Краснощеков П.С. Принципы построения моделей / П.С. Краснощеков, А.А. Петров. - Москва: Изд-во МГУ, 1983 - 264 с.
36. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. С. Вентцель. - Изд. 5-е, стер. - Москва: КНОРУС, 2013 - 192 с. http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Ventsel_Issled_oper_zadach_Sizd_2013.pdf
37. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>
38. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>