

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

17 января 2025 г.
Регистрационный № 13665/гэ.



ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

по специальности:

1-31 03 05 Актуарная математика

2025 г.

Программа государственного экзамена составлена на основе ОСВО 1-31 03 05-2021; типового учебного плана № G31-1-027/пр-тип. от 30.06.2021, учебного плана № G31-1-032/уч. от 30.06.2021, учебных программ по учебным дисциплинам «Дифференциальное и интегральное исчисление» № УД-10439/уч. от 02.07.2021, «Функциональные последовательности и ряды, несобственный интеграл» № УД-10766/уч. от 23.06.2022, «Ряды и функции комплексного аргумента» № УД-10777/уч. от 27.06.2022, «Линейная алгебра» № УД-10157/уч. от 08.10.2021, «Дифференциальные уравнения» № УД-11477/уч. от 08.07.2022, «Численные методы» № УД-12598/уч. от 05.07.2023, «Функциональный анализ и интегральные уравнения» № УД-12900/уч. от 05.07.2023, «Методы оптимизации» № УД-11863/уч. от 12.06.2023, «Дискретная математика и математическая логика» № УД-10231/уч. от 09.08.2021, «Основы и методологии программирования» № УД-11252/уч. от 08.06.2022, «Разработка кросс-платформенных приложений» № УД-11328/уч. от 01.12.2022, «Модели данных и СУБД» № УД-11600/уч. от 01.12.2022, «Финансовые учреждения и ценные бумаги» № УД-11237/уч. от 19.09.2022, «Случайные процессы в финансовой математике» УД-10382/уч. от 02.07.2021.

СОСТАВИТЕЛИ:

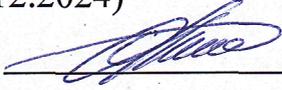
А.Ю. Харин, заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, доктор физ.-мат. наук, профессор;

Н.Н. Труш, профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, доктор физ.-мат. наук, профессор;

Е.Г. Красногир, доцент кафедры теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физ.-мат. наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Советом факультета прикладной математики и информатики БГУ
(протокол № 4 от 24.12.2024)

Председатель Совета  Ю.Л.Орлович

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 6 от 16.01.2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Государственный экзамен является одной из обязательных составляющих итоговой аттестации студентов. Программа государственного экзамена по специальности 1-31 03 05 Актуарная математика разработана в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта I степени высшего образования и действующими Правилами проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования.

Программа государственного экзамена определяет и регламентирует структуру и содержание государственного экзамена по специальности 1-31 03 05 Актуарная математика.

В программу государственного экзамена включаются следующие учебные дисциплины, модули:

«Дифференциальное и интегральное исчисление», «Линейная алгебра», «Функциональные последовательности и ряды, несобственный интеграл», «Ряды и функции комплексного аргумента» модуля «Высшая математика»;

«Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ и интегральные уравнения» модуля «Дифференциальные уравнения и функциональный анализ»;

«Численные методы»;

«Методы оптимизации» модуля «Математические методы принятия решений»;

«Дискретная математика и математическая логика» модуля «Дискретная математика и алгоритмы»;

«Основы и методологии программирования», «Разработка кросс-платформенных приложений» модуля «Программирование»;

«Модели данных и СУБД» модуля «Информатика и компьютерные системы»;

«Финансовые учреждения и ценные бумаги» модуля «Финансовая и страховая математика»;

«Случайные процессы в финансовой математике».

Государственный экзамен проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии.

Цель проведения государственного экзамена по специальности – выявление компетенций специалиста, т. е. теоретических знаний и практических умений, необходимых для решения теоретических и практических задач специалиста с высшим образованием.

Программа государственного экзамена носит системный, междисциплинарный характер и ориентирована на выявление у выпускника общепрофессиональных и специальных знаний и умений. Выпускник должен:

знать:

- основные понятия математического анализа;
- методы исследования функций одной и нескольких переменных с использованием аппарата дифференциального исчисления;

- принципы построения и использования интеграла при решении задач математики и прикладных задач;
- связи между кратными, криволинейными и поверхностными интегралами;
- принципы построения и исследования несобственных интегралов и интегралов, зависящих от параметров;
- методы исследования сходимости числовых и функциональных рядов и исследования свойств сумм рядов;
- принципы построения ряда Фурье и свойства суммы ряда Фурье;
- основные положения теории функций комплексной переменной;
- основные понятия высшей алгебры;
- основы линейной алгебры;
- методы интегрирования линейных стационарных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений;
- методы интегрирования элементарных дифференциальных уравнений;
- условия существования и единственности решения задачи Коши;
- основные понятия и методы решения задач теории приближения функций;
- численные методы решения основных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений;
- основные понятия и методы теории банаховых пространств;
- основные понятия теории линейных ограниченных операторов;
- теорию разрешимости интегральных уравнений второго рода;
- понятия случайных величин и их функций распределения;
- числовые характеристики случайных величин; понятие характеристической функции;
- методы построения точечных и интервальных оценок;
- методы построения математических моделей случайных процессов и их исследования;
- классификацию и методы приведения к каноническому виду уравнений второго порядка в частных производных с двумя и более независимыми переменными;
- методы решения и обоснования корректности задачи Коши для уравнения колебания струны и уравнения теплопроводности;
- постановку и методы решения смешанных задач для уравнений в частных производных гиперболического и параболического типа;
- линейное программирование;
- методы решения задач выпуклого и нелинейного программирования;
- основы динамического и целочисленного программирования;
- основные понятия и факты теории графов;
- основные понятия и принципы обработки информации, основы компьютерной обработки информации;

- современные информационные технологии разработки программного обеспечения;
 - принципы проектирования алгоритмов и их реализации на языке программирования;
 - особенности применения платформонезависимых языков;
 - области применения и практическое использование декларативных языков;
 - методы логического проектирования баз данных;
 - методы проектирования баз данных, основанные на нормализации;
 - способы создания баз данных, ориентированных на конкретную систему управления базами данных;
 - методы проектирования интерфейса пользователя базы данных;
 - методы управления транзакциями базы данных;
 - методы доступа к базам данных из приложений, а также с использованием средств систем управления базами данных и других интерфейсов;
 - основные типы финансовых рынков;
 - ценные бумаги денежного рынка;
 - принципы образования стоимости ценных бумаг;
 - простые и сложные проценты как основу операций, связанных с наращением или дисконтированием платежей;
 - методы расчета обобщающих характеристик потоков платежей применительно к различным видам финансовых рент;
 - вероятностные характеристики процессов краткосрочной процентной ставки;
 - разрывные стохастические процессы изменения цен акций;
 - нейтральное к риску преобразование Эшпера;
 - элементы стохастического анализа;
 - определение стоимости активов с выплатой, зависимой от процентной ставки;
- уметь:**
- дифференцировать функции одной и нескольких переменных;
 - исследовать свойства функций методами дифференциального исчисления;
 - находить первообразные, вычислять кратные, криволинейные, поверхностные интегралы;
 - исследовать сходимость несобственных интегралов;
 - исследовать сходимость рядов;
 - строить разложения функций в степенные ряды и ряды Фурье;
 - дифференцировать и интегрировать функции комплексной переменной;
 - использовать теорию вычетов для вычисления интегралов;
 - решать основные задачи теории векторных, евклидовых и унитарных пространств;

- решать системы линейных алгебраических уравнений;
- использовать методы Лагранжа, Коши, Эйлера при построении общего решения и решения задачи Коши линейных дифференциальных уравнений и систем с постоянными коэффициентами;
- интегрировать элементарные дифференциальные уравнения;
- использовать различные методы решения задачи приближения функций;
- решать методами численного анализа основные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений;
- исследовать множества и операторы в банаховых пространствах;
- исследовать на разрешимость уравнения с компактными операторами;
- находить вероятности сложных событий; находить функции распределения случайных величин и распределения функций случайных величин; находить числовые характеристики случайных величин; исследовать сходимость последовательностей случайных величин;
- строить точечные и интервальные оценки неизвестных параметров, исследовать их свойства;
- приводить к каноническому виду уравнения в частных производных второго порядка;
- решать задачу Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности;
- решать смешанные задачи для уравнений колебания струны и теплопроводности;
- решать краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона;
- моделировать практические оптимизационные задачи;
- применять методы решения оптимизационных задач;
- проводить анализ решения оптимизационных задач;
- исследовать на изоморфизм простейшие графы, определять связность, двудольность и планарность графов;
- анализировать и строить конкретные грамматики;
- выбирать наиболее подходящие структуры данных, программные и технические средства реализации алгоритма;
- разрабатывать программные приложения с заданной функциональностью и операционным окружением;
- выполнять основные действия на пользовательском уровне по управлению основными ресурсами системы;
- выполнять мониторинг процессов, потоков и динамических характеристик виртуальной памяти;
- создавать логические модели баз данных, используя соответствующие CASE-средства;
- использовать средства систем управления базами данных для физического создания баз данных;
- вычислять стоимость форвардных контрактов;
- вычислять стоимость опционов;

- вычислять стоимость фьючерсных контрактов;
- производить наращение по простым и сложным процентам;
- осуществлять дисконтирование и учет по простым и сложным ставкам процентов;
- оценивать последствия замены одного финансового обязательства другим и делать аргументированные выводы;
- планировать и оценивать эффективность финансово-кредитных операций;
- планировать погашение долгосрочной задолженности;
- производить финансовые расчеты по ценным бумагам;
- планировать и анализировать инвестиционные проекты;
- определять равновесные цены в моделях рынка;
- находить оптимальное распределение инвестиций при различных критериях оптимальности;
- определять стоимости опционов для разрывных стохастических процессов;
- осуществлять определение стоимости американских опционов;
- определять доходности и краткосрочные процентные ставки;
- реализовывать модели непрерывного времени оценивания финансовых активов;

владеть:

- основным аппаратом математического анализа;
- навыками исследования функциональных зависимостей методами математического анализа;
- способами использования аппарата дифференциального и интегрального исчисления при проведении математических исследований;
- аппаратом алгебры;
- навыками использования матричных методов для решения задач линейной алгебры;
- методами интегрирования дифференциальных уравнений и систем;
- методами исследования свойств решений дифференциальных уравнений и систем;
- навыками использования конкретных алгоритмов для решения задач приближения функций;
- методами решения с применением компьютеров основных задач численного анализа;
- методами исследования и решения интегральных уравнений второго рода;
- методами нахождения вероятностных характеристик распределений; методами нахождения предельных распределений последовательностей случайных величин;
- методами статистического оценивания параметров;
- методами построения математических моделей случайных процессов;

- методами решения оптимизационных задач;
- методами проведения анализа решения оптимизационных задач и прогнозирования;
- методами теории графов;
- навыками разработки и сопровождения программ в конкретных средах разработки;
- основными приемами и методами программирования на уровне интерфейса прикладных программ операционной системы;
- методами проектирования баз данных;
- CASE-средствами проектирования баз данных;
- основными методами вычисления стоимости ценных бумаг;
- методами финансового анализа;
- методами принятия инвестиционных решений в условиях неопределенности;
- методами решения уравнений для цены актива в общей постановке;
- методами преобразования распределений к виду, нейтральному к риску;
- методами определения стоимости финансовых контрактов.

Освоение образовательной программы специальности 1-31 03 05 Актуарная математика должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции:

Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности.

Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

базовые профессиональные компетенции:

Применять аппарат дифференциального и интегрального исчисления, методы аналитической геометрии и линейной алгебры для построения математических моделей и решения прикладных задач.

Строить, анализировать и тестировать алгоритмы и программы решения типовых задач обработки информации с использованием структурного, объектно-ориентированного и иных парадигм программирования.

Строить вероятностные модели в прикладных задачах, вычислять вероятности сложных случайных событий и исследовать важнейшие характеристики случайных величин, использовать методы математической статистики для решения задач оценивания параметров и проверки гипотез, применять методы анализа основных моделей случайных процессов.

Осуществлять с применением математического аппарата количественного анализа финансовые операции накопления и дисконтирования по простым и сложным процентам, постоянным и переменным финансовым потокам.

Определять стоимость действующих на рынке финансовых инструментов с учетом отличий и основных характерных признаков различных ценных бумаг и производных финансовых инструментов.

Анализировать потоки платежей с неопределенным сроком, осуществлять расчеты страховых премий и страховых резервов для различных видов страховых контрактов.

Осуществлять ценообразование и находить вероятностные характеристики в индивидуальном и групповом страховании, перестраховании.

Использовать методы создания портфелей оптимального инвестирования и управления инвестиционным портфелем в условиях неопределенности.

Анализировать экономические процессы, происходящие на финансовом рынке в целом и на рынке ценных бумаг как его составной части.

Оценивать стохастические процессы доходности и краткосрочных процентных ставок.

специализированные компетенции:

Понимать предмет и объекты дискретной математики и математической логики, использовать основные приемы разработки эффективных алгоритмов и знания об основных структурах данных для решения прикладных задач.

Проектировать и разрабатывать реляционные базы данных средствами современных СУБД, применять знания в области принципов функционирования, архитектур и программных реализаций операционных систем для организации вычислительных процессов.

Применять основы дифференциального и интегрального исчисления, методы дифференциального исчисления при построении и исследовании математических моделей естественнонаучных процессов.

Использовать основные положения функционального анализа при решении прикладных задач, возникающих в различных областях естествознания, в частности, описываемыми интегральными уравнениями.

Применять методы исследований и решений уравнений в частных производных в различных приложениях.

Строить и анализировать математические модели для задач принятия оптимальных решений в прикладных областях экономики, обосновывать методы их теоретического исследования, включающие аппарат математического программирования, теории игр, вариационного исчисления, оптимального управления и упорядочения.

Использовать методы численного анализа для решения прикладных задач в различных сферах человеческой деятельности; владеть навыками программной реализации вычислительных алгоритмов и анализа полученных результатов.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Экзамен (ответы студентов и беседа с экзаменуемым) проводится на русском или белорусском языке.

В ходе подготовки экзаменуемые имеют право использовать учебные программы соответствующих дисциплин, научную и справочную литературу,

методические материалы кафедр, размещенные в открытом доступе на сайте факультета и университета (учебные пособия, курсы лекций, мультимедийные презентации, электронные учебно-методические комплекты, методические указания, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.). Также в процессе подготовки может быть использован *эвристический подход*, который предполагает: осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира; демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем; творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов; индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

На подготовку к ответу обучающемуся отводится не менее 30 минут (но не более 1 астрономического часа). Время, которое отводится на ответ одного экзаменуемого, – до 30 минут.

СТРУКТУРА ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Вопросы экзаменационного билета по учебным дисциплинам, модулям:

«Дифференциальное и интегральное исчисление», «Линейная алгебра», «Функциональные последовательности и ряды, несобственный интеграл», «Ряды и функции комплексного аргумента» модуля «Высшая математика»;

«Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ и интегральные уравнения» модуля «Дифференциальные уравнения и функциональный анализ»;

«Численные методы»;

«Методы оптимизации» модуля «Математические методы принятия решений»;

«Дискретная математика и математическая логика» модуля «Дискретная математика и алгоритмы»;

«Основы и методологии программирования», «Разработка кросс-платформенных приложений» модуля «Программирование»;

«Модели данных и СУБД» модуля «Информатика и компьютерные системы»;

«Финансовые учреждения и ценные бумаги» модуля «Финансовая и страховая математика»;

«Случайные процессы в финансовой математике»

отражают содержание образовательной программы по специальности 1-31 03 05 Актуарная математика.

Экзаменационный билет состоит только из теоретической части (два вопроса). Каждый экзаменационный вопрос затрагивает большой раздел или несколько разделов ранее изученных дисциплин. Отвечая на вопросы государственного экзамена, студент должен продемонстрировать грамотное изложение соответствующего материала и свое видение того, какое место и значение занимает этот материал во всем комплексе полученных знаний.

Характеристика теоретической части:

Первый вопрос билета включает разделы фундаментальных математических знаний, необходимых для решения прикладных задач, второй – знания из области математики, математического моделирования и компьютерных технологий, ориентированные на непосредственное использование в финансовых и экономических учреждениях.

Для уточнения экзаменационной отметки обучающемуся могут быть заданы дополнительные вопросы в соответствии с программой государственного экзамена. Количество дополнительных вопросов не должно превышать трех.

СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Раздел 1. Учебные дисциплины «Дифференциальное и интегральное исчисление», «Линейная алгебра», «Функциональные последовательности и ряды, несобственный интеграл», «Ряды и функции комплексного аргумента» модуля «Высшая математика»

Тема 1. Способы задания функций и их исследование методами дифференциального исчисления

Явное задание функций, их исследование методами дифференциального исчисления. Неявное задание функций. Функции, задаваемые как сумма ряда, как предел функциональной последовательности, как интегралы, зависящие от параметра.

Тема 2. Типы интегралов, их использование в анализе и приложениях

Определение интеграла по Риману и Лебегу. Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы. Вычисление интегралов. Несобственные интегралы. Примеры использования интегралов при решении технических, физических, экономических и др. задач. Простейшие квадратурные формулы.

Тема 3. Системы линейных алгебраических уравнений. Структура множества решений. Аналитические и численные методы решения систем

Неоднородные системы. Критерий совместности линейных систем (теорема Кронекера-Капелли). Структура общего решения однородных и неоднородных систем. Обусловленность линейных систем. Основные прямые и итерационные методы решения систем.

Тема 4. Векторные пространства и линейные операторы в конечномерных векторных пространствах

Векторное пространство, его базис и размерность. Линейные операторы в конечномерных векторных пространствах и их матрицы. Подобие матриц. Критерий подобия. Нормальные формы матриц.

Тема 5. Функции от матриц

Функции матричного аргумента и их свойства. Функции от подобных матриц. Интерполяционный многочлен Лагранжа-Сильвестра.

Тема 6. Функциональные последовательности и ряды, их использование в анализе и приложениях

Сходимость рядов и последовательностей. Представление функций степенными рядами и тригонометрическими рядами Фурье. Ряды Фурье в гильбертовых пространствах, полные ортонормированные системы функций. Использование рядов при решении дифференциальных и интегральных уравнений.

Тема 7. Аналитические функции и их особые точки. Вычеты. Интегральная теорема Коши

Аналитическая функция. Особые точки. Вычисление вычетов в особых точках. Интегральная теорема Коши. Формула Коши для односвязных и многосвязных областей. Использование вычетов для вычисления интегралов.

Примерный перечень вопросов по разделу 1 для подготовки к государственному экзамену

1. Способы задания функций и их исследование методами дифференциального исчисления.
2. Типы интегралов, их использование в анализе и приложениях.
3. Системы линейных алгебраических уравнений. Структура множества решений. Аналитические и численные методы решения систем.
4. Векторные пространства и линейные операторы в конечномерных векторных пространствах.
5. Функции от матриц.
6. Функциональные последовательности и ряды, их использование в анализе и приложениях.
7. Аналитические функции и их особые точки. Вычеты. Интегральная теорема Коши.

Раздел 2. Учебные дисциплины «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ и интегральные уравнения» модуля «Дифференциальные уравнения и функциональный анализ»

Тема 1. Линейные дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами

Общее решение линейных однородных уравнений и систем. Структура решения неоднородных уравнений и систем, методы интегрирования. Задача Коши для линейных уравнений и систем.

Тема 2. Постановка основных краевых задач для уравнений в частных производных и методы их решения

Задача Коши для уравнения гиперболического типа, метод характеристик, формула Даламбера. Задача Коши для уравнения параболического типа, метод интегральных преобразований. Смешанные задачи для уравнений гиперболического, параболического типа, метод разделения переменных. Метод конечных разностей решения краевых задач для уравнений математической физики. Простейшие разностные схемы для уравнений математической физики.

Тема 3. Банаховы пространства. Принцип сжимающих отображений и его приложения

Банаховы пространства. Примеры. Пространство $C[a, b]$, $L_p[a, b]$. Сжимающие отображения в банаховых пространствах. Теорема Банаха. Применение принципа сжимающих отображений к решению алгебраических уравнений и интегральных уравнений второго рода.

Примерный перечень вопросов по разделу 2 для подготовки к государственному экзамену

1. Линейные дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами.
2. Постановка основных краевых задач для уравнений в частных производных и методы их решения.
3. Банаховы пространства. Принцип сжимающих отображений и его приложения

Раздел 3. Учебная дисциплина «Численные методы»

Тема 1. Приближение функций

Наилучшее среднеквадратичное приближение. Метод наименьших квадратов. Интерполирование. Основные представления интерполяционного многочлена и остатка интерполирования. Сплайн-интерполирование.

Тема 2. Существование и единственность решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения начальных задач

Постановка задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений n -го порядка. Существование и единственность решения задачи Коши для дифференциальных уравнений (теорема Пикара-Линделефа). Основные методы численного решения начальных задач. Практическая оценка погрешности численного решения.

Примерный перечень вопросов по разделу 3 для подготовки к государственному экзамену

1. Приближение функций.
2. Существование и единственность решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения начальных задач.

Раздел 4. Учебная дисциплина «Методы оптимизации» модуля «Математические методы принятия решений»

Тема 1. Симплекс-метод как основной метод решения задач линейного программирования.

Постановка задачи линейного программирования. Графический метод решения. Геометрическая интерпретация итерации симплекс-метода. Базисный план. Потенциалы, оценки. Критерий оптимальности. Двойственная задача к канонической и нормальной формам. Физический смысл двойственных переменных.

Тема 2. Метод множителей Лагранжа в нелинейном и выпуклом программировании.

Постановка задачи нелинейного программирования со смешанными ограничениями. Понятие регулярного плана. Функция Лагранжа (классическая). Классическое правило множителей Лагранжа. Выпуклые функции и множества. Задача выпуклого программирования. Седловая точка. Теорема Куна-Таккера. Условия Куна-Таккера в случае дифференцируемых функций.

Тема 3. Метод ветвей и границ, динамическое программирование для решения конечномерных экстремальных задач.

Определение метода ветвей и границ. Схемы одностороннего и полного ветвлений. Примеры применения. Понятие динамического программирования. Три этапа решения. Задача распределения ресурсов (постановка, уравнение Беллмана, решение). Другие примеры применения метода динамического программирования.

Примерный перечень вопросов по разделу 4 для подготовки к государственному экзамену

1. Симплекс-метод как основной метод решения задач линейного программирования.
2. Метод множителей Лагранжа в нелинейном и выпуклом программировании.
3. Метод ветвей и границ, динамическое программирование для решения конечномерных экстремальных задач.

Раздел 5. Учебная дисциплина «Дискретная математика и математическая логика» модуля «Дискретная математика и алгоритмы»

Тема 1. Графы. Основные классы графов. Базовые алгоритмы поиска на графах и их трудоемкость

Определение графа. Способы задания графов. Изоморфизм графов. Деревья и их свойства. Двудольные графы и критерий двудольности. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера. Гомеоморфные графы. Критерий планарности Понтрягина – Куратовского. Эйлеровы графы и критерий эйлеровости. Гамильтоновы циклы и цепи. Достаточные условия гамильтоновости графов. Базовые алгоритмы поиска на графах и их трудоемкость.

Примерный перечень вопросов по разделу 5 для подготовки к государственному экзамену

1. Графы. Основные классы графов. Базовые алгоритмы поиска на графах и их трудоемкость.

Раздел 6. Учебные дисциплины «Основы и методологии программирования», «Разработка кросс-платформенных приложений» модуля «Программирование»

Тема 1. Основные типы данных в языках программирования и операции над ними

Стандартные типы данных и их характеристики. Простые и структурированные типы. Порядковые, перечислимые, множественные типы. Массивы. Записи. Строковые типы. Классы и объекты. Пользовательские типы данных. Совместимость типов. Приведение типов. Ввод-вывод данных. Операции над данными.

Тема 2. Основные понятия объектно-ориентированного программирования. Реализация концепций ООП в различных языках программирования. Библиотеки классов

Классы и объекты. Инкапсуляция, наследование, полиморфизм. Виртуальные методы и абстрактные классы. Раннее и позднее связывание. Организация доступа к элементам класса. Конструкторы, деструкторы. Библиотеки классов.

Тема 3. Процессы и ресурсы. Взаимодействие и синхронизация вычислительных процессов

Понятие процесса и ресурса. Алгоритмы планирования процессов. Реализация механизмов взаимодействия процессов (критические секции, семафоры, мьютексы). Обработка тупиковых ситуаций: распознавание, обход и предотвращение тупиков.

Примерный перечень вопросов по разделу 6 для подготовки к государственному экзамену

1. Основные типы данных в языках программирования и операции над ними.
2. Основные понятия объектно-ориентированного программирования. Реализация концепций ООП в различных языках программирования. Библиотеки классов.
3. Процессы и ресурсы. Взаимодействие и синхронизация вычислительных процессов.

Раздел 7. Учебная дисциплина «Модели данных и СУБД» модуля «Информатика и компьютерные системы»

Тема 1. Проектирование БД. Структура и основные функции СУБД

Модели данных. Этапы проектирования БД. Нормализация отношений. Первая, вторая, третья и усиленная третья нормальные формы. Основные компоненты СУБД. Поддержка языков баз данных. Управление транзакциями. Журнализация и восстановление БД. Локальные и распределенные БД.

Примерный перечень вопросов по разделу 7 для подготовки к государственному экзамену

1. Проектирование БД. Структура и основные функции СУБД.

Раздел 8. Учебная дисциплина «Финансовые учреждения и ценные бумаги» модуля «Финансовая и страховая математика»

Тема 1. Определение и классификация финансовых рынков

Определение финансового рынка. Бартерный рынок. Рынок платежей наличными. Фондовый рынок. Фьючерсные и фондовые рынки. Рынки опционов. Рынки акций: создание акций, сделки по акциям, виды заказов на акции. Рынки облигаций.

Тема 2. Дисконтированные потоки платежей. Сравнение двух инвестиционных проектов

Критерий выбора наилучшего инвестиционного проекта. Определение дисконтированного периода возврата. Доход инвестиционного проекта в условиях инфляции.

Тема 3. Оценивание ценных бумаг. Формула Мэйкхэма

Цены и доходы ценных бумаг с фиксированным процентом. Вычисление стоимости ценной бумаги с помощью формула Мэйкхэма. Влияние срока погашения на доход.

Тема 4. Ценные бумаги денежного рынка

Казначейские билеты. Сертификаты депозита. Соглашение о перепродаже. Норма процента, предлагаемая Лондонским интербанком. Нормы процентов: спот-нормы и форвардные нормы.

Тема 5. Основные функции сложного процента

Сущность начисления сложных процентов. Различие между простой и сложной процентной ставкой. Номинальная и эффективная ставки процентов. Непрерывное начисление процентов и интенсивность.

Тема 6. Форвардные и фьючерсные контракты

Определение форвардного контракта. Длинная и короткая позиции. Цена доставки. Форвардная цена. Доход для длинной и короткой позиций. Определение фьючерсного контракта. Отличия фьючерсного контракта от форвардного. Цена фьючерсного контракта.

Тема 7. Опционы

Определение опциона. Американский и европейский опционы. Срок действия опциона. Опцион на покупку. Опцион на продажу. Цена исполнения опциона. Актив, лежащий в основе опциона. Принципы образования цены опциона. Формула Блэка-Шоулса для вычисления цены опциона.

Тема 8. Модель Блэка-Шоулса для определения цен опционов

Вывод Мертона для определения цены опциона. Решение уравнения Мертона. Риск и полезность.

Тема 9. Организация торговли фьючерсными контрактами

Спецификация фьючерсного контракта. Размер контракта. Объявление цен. Организация доставки. Пределы дневного изменения цены. Позиционные пределы.

Тема 10. Базисный риск и хеджирование

Базисный риск. Короткий хедж. Длинный хедж. Выбор контракта. Оптимальный коэффициент хеджирования. Прокрутка хеджей.

Тема 11. Форвардные контракты на ценные бумаги

Форвардные контракты на ценные бумаги, которые не предусматривают никакого дохода в течение контрактного периода. Форвардные контракты на ценные бумаги, которые предусматривают известный денежный доход в течение контрактного периода. Форвардные контракты на ценные бумаги, которые предусматривают известный дивидендный доход.

Тема 12. Фьючерсы

Фьючерсы на валюту. Фьючерсы на товары. Фьючерсы на индексы акций. Арбитраж индекса. Хеджирование, использующее фьючерсы на индексы.

Примерный перечень вопросов по разделу 8 для подготовки к государственному экзамену

1. Определение и классификация финансовых рынков.
2. Дисконтированные потоки платежей. Сравнение двух инвестиционных проектов.
3. Оценивание ценных бумаг. Формула Мэйкхэма.
4. Ценные бумаги денежного рынка.
5. Основные функции сложного процента.
6. Форвардные и фьючерсные контракты.
7. Опционы.
8. Модель Блэка-Шоулса для определения цен опционов.
9. Организация торговли фьючерсными контрактами.
10. Базисный риск и хеджирование.
11. Форвардные контракты на ценные бумаги.
12. Фьючерсы.

Раздел 9. Учебная дисциплина «Случайные процессы в финансовой математике»

Тема 1. Понятие о вероятности. Случайные величины, их распределения вероятностей и числовые характеристики

Простейшие вероятностные модели: классическая, дискретная, геометрическая. Аксиомы Колмогорова. Формулы полной вероятности и Байеса. Понятие случайной величины и ее распределения вероятностей. Функция распределения и ее свойства. Классификация случайных величин. Распределения, встречающиеся в финансовой математике.

Тема 2. Числовые характеристики случайных величин

Интеграл Лебега по вероятностной мере. Математическое ожидание, дисперсия, ковариация, характеристическая функция и их свойства.

Тема 3. Стационарные и марковские случайные процессы, их свойства и применения

Стационарные случайные процессы. Ковариационная функция, спектральная плотность и их свойства. Условия непрерывности и дифференцируемости в среднеквадратическом. Определение, классификация и свойства марковских случайных процессов. Цепь Маркова с дискретным временем: вероятности n -шаговых переходов, эргодическая теорема. Процессы, встречающиеся в финансовой математике.

Тема 4. Статистические оценки параметров, их свойства и методы построения

Понятие точечной оценки; состоятельность, несмещенность, вариация оценки. Методы построения точечных оценок и их свойства: метод моментов, метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, байесовский метод. Понятие интервальной оценки; методы построения: метод обратной функции, метод «стюдентизации», асимптотически наилучшие интервалы.

Тема 5. Производные финансовые инструменты: определение цены опционов методом преобразований Эшера

Нейтральные к риску преобразования случайных процессов. Определение цен при винеровском процессе, процессе Пуассона, при случайном блуждании. Опционы на несколько рискованных активов.

Тема 6. Кривые доходности и временная структура процентных ставок

Доходности и краткосрочные процентные ставки. Броуновское движение. Формула Ито. Многомерная формула. Теорема Гирсанова.

Примерный перечень вопросов по разделу 9 для подготовки к государственному экзамену

1. Понятие о вероятности. Случайные величины, их распределения вероятностей.
2. Числовые характеристики случайных величин.
3. Стационарные и марковские случайные процессы, их свойства и применения.
4. Статистические оценки параметров, их свойства и методы построения.
5. Определение цены опционов методом преобразований Эшера.
6. Кривые доходности и временная структура процентных ставок.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Альсевич, Л. А. Математический анализ. Последовательности. Функции. Интегралы: практикум: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим, физическим и экономическим специальностям / Л. А. Альсевич, С. Г. Красовский. – Минск: Вышэйшая школа, 2021. – 471 с.
2. Барков, И. А. Объектно-ориентированное программирование: учебник [для вузов] / И. А. Барков. – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 698 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/329549>.
3. Бауэрс, Н. Актуарная математика / Н. Бауэрс [и др.]. – М.: ЯНУС-К, 2001. – 644 с.
4. Бибииков, Ю. Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений: учебное пособие / Ю. Н. Бибииков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 304 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210617>.
5. Боровков, А. А. Теория вероятностей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 010100 «Математика» / А. А. Боровков. – Изд. стер. – Москва : URSS : Либроком, 2023. – 652 с.
6. Боровкова, В. А. Рынок ценных бумаг: для бакалавров и специалистов / В. А. Боровкова. – Санкт-Петербург: Питер: Мир книг, 2012. – 336 с.
7. Бунаков, П. Ю. Машинно-ориентированные языки программирования. Введение в ассемблер / П. Ю. Бунаков. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 144 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/302627>.
8. Волк, В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование : учебник для вузов / В. К. Волк. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 244 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/193373>.
9. Галанов, В.А. Рынок ценных бумаг: учебник / В. А. Галанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 414 с.
10. Ганичева, А. В. Основы теории функции комплексной переменной. Операционное исчисление : учебное пособие / А. В. Ганичева. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2021. – 145 с. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/173082>.
11. Геометрия и алгебра [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс для специальностей 1-31 03 03 «Прикладная математика (по направлениям)», 1-31 03 04 «Информатика», 1-31 03 05 «Актуарная математика», 1-31 03 06-01 «Экономическая кибернетика (по направлениям)», 1-98 01 01-01 «Компьютерная безопасность (по направлениям)» / БГУ, фак. прикладной математики и информатики, Каф.

высшей математики ; сост.: Г. П. Размыслович, А. В. Филипцов. – Минск : БГУ, 2020. – URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/242860>.

12. Гнеденко, Б. В. Курс теории вероятностей : учебник для студ. мат. спец. ун-тов / Б. В. Гнеденко ; [предисл. А. Н. Ширяева] ; МГУ им. М. В. Ломоносова. – Изд. 13-е. – Москва : URSS, 2022. – 448 с.

13. Игошин, В. И. Математическая логика: учебное пособие / В. И. Игошин. – Москва: ИНФРА-М, 2024. – 399 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2137011>.

14. Исследование операций в экономике : учебник для вузов / под редакцией Н. Ш. Кремера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2024. – 414 с.

15. Катаргин, Н. В. Сетевые модели в задачах экономики : учебник / Н. В. Катаргин, В. П. Невежин. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2020. – 168 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/126936>.

16. Кобылянский, В. Г. Операционные системы, среды и оболочки: учебное пособие / В. Г. Кобылянский. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2020. – 117 с.

17. Коган, Е. А. Теория функций комплексной переменной и операционное исчисление : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Е. А. Коган, Г. С. Жукова ; Финансовый ун-т при Правительстве Российской Федерации. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 179 с. – URL: <https://znanium.com/read?id=357377>.

18. Козловская, И. С. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс для специальностей: 1-31 03 04 «Информатика», 1-98 01 01 «Компьютерная безопасность (по направлениям)», направление специальности: 1-98 01 01-01 «Компьютерная безопасность (математические методы и программные системы)» / И. С. Козловская ; БГУ, фак. прикладной математики и информатики, каф. компьютерных технологий и систем. – Минск : БГУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257012>.

19. Конова, Е. А. Алгоритмы и программы. Язык C++: учеб. пособие для студ., обуч. по напр. «Прикладная информатика» / Е. А. Конова, Г. А. Поллак. – Изд. 7-е, стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2023. – 384 с. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/297002>.

20. Корзюк, В. И. Уравнения математической физики : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по математическим специальностям / В. И. Корзюк. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва : URSS : ЛЕНАНД, 2021. – 479 с.

21. Куликов, С. С. Работа с MySQL, MS SQL Server и Oracle в примерах : практическое пособие для программистов и тестировщиков / С. С. Куликов. – 2-е изд. – Минск: Четыре четверти, 2021. – 599 с.

22. Курош, А. Г. Курс высшей алгебры: учебник для вузов / А. Г. Курош – 25-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/383849>.

23. Курс высшей математики. Теория функций комплексной переменной. Лекции и практикум: учебное пособие / [кол. авт.: И. М. Петрушко и др.]; под общ. ред. И. М. Петрушко. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2024. – 363 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210425>.

24. Кэмпбелл, Л. Базы данных. Инжиниринг надежности = Database Reliability Engineering / Л. Кэмпбелл, Ч. Мейджорс; [пер. с англ. Е. Сандицкая]. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2020. – 303 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/367974>.

25. Лафоре, Р. Объектно-ориентированное программирование в C++ / Р. Лафоре. – 4-е изд. – Санкт-Петербург ; Москва ; Минск: Питер, 2022. – 923 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/376836>.

26. Лекции по теории графов : учебное пособие для студ., обуч. по спец. «Математика» и «Прикладная математика» / В. А. Емеличев [и др.]. – Изд. стер. – Москва : URSS : ЛЕНАНД, 2021. – 383 с.

27. Лялин, В. А. Рынок ценных бумаг. Учебник / В. А. Лялин, П. В. Воробьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2022. – 400 с.

28. Максимов, А. В. Оптимальное проектирование ассемблерных программ математических алгоритмов: лабораторный практикум : учебное пособие / А. В. Максимов, Е. А. Максимова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022 – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/209915>.

29. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики: учебное пособие / Г. И. Марчук. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 608 с. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система.– URL: <https://e.lanbook.com/book/210302>.

30. Медведев, Г. А. Диффузионные модели в финансовом анализе / Г. А. Медведев. – Мн.: БГУ, 2010. – 159 с.

31. Медведев, Г. А. Математические основы финансовой экономики / Г. А. Медведев. – Мн.: БГУ, 2011. – 303 с.

32. Методы оптимизации: электронный учебно-методический комплекс для специальностей: 1-31 03 03 «Прикладная математика (по направлениям)»; 1-31 03 04 «Информатика»; 1-31 03 05 «Актуарная математика»; 1-31 03 06-01 «Экономическая кибернетика (по направлениям)», 1-98 01 01-01 «Компьютерная безопасность (по направлениям)» / В. В. Альсевич [и др.]; БГУ, фак. прикладной математики и информатики, каф. методов оптимального управления. – Минск: БГУ, 2020. – 203 с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 202–203. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/243989>.

33. Насыров, Ф. С. Основы теории случайных процессов : учебник для использования в образовательном процессе образовательных организаций, реализующих программы высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата «Прикладная математика и информатика» / Ф. С. Насыров. – Старый Оскол : ТНТ, 2022. – 221 с.

34. Натансон, И. П. Теория функций вещественной переменной : учебник для вузов / И. П. Натансон. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. –

560 с. –Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/189430>.

35. Николаева, И. П. Рынок ценных бумаг: Учебник для бакалавров / И. П. Николаева. – 4-е изд., стер. – М.: Дашков и К, 2022. – 254 с.

36. Павловская, Т. А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня: для магистров и бакалавров: учебник для студентов высших учебных заведений, / Т. А. Павловская. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2020. – 460 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/376844>.

37. Палин, В. В. Методы математической физики. Лекционный курс : учебное пособие для вузов, для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям / В. В. Палин, Е. В. Радкевич ; МГУ им. М. В. Ломоносова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2021. – 222 с.

38. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – 4-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 512 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212129>.

39. Скакун, В. В. Системы управления базами данных : пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-98 01 01 «Компьютерная безопасность (по направлениям)», направление специальности 1-98 01 01-02 «Компьютерная безопасность (радиофизические методы и программно-технические средства)» [Электронный ресурс] / В. В. Скакун; БГУ. – Минск: БГУ, 2020. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/258089>.

40. Слабнов, В. Д. Численные методы: учебник для вузов / В. Д. Слабнов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 392 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/215762>.

41. Струк, Т. Г. Финансы и финансовый рынок : пособие / Т. Г. Струк. – Минск : БГУ, 2020. – 231 с.

42. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум, Т. Остин; [пер. с англ. Е. Матвеева]. – 6-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2024. – 811 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/361850>.

43. Теория функций комплексного переменного: учебник для студ. учреждений высшего образования по математическим специальностям / [В. Г. Кротов и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2024. – 448 с.

44. Тюгашев, А. А. Языки программирования. Учебное пособие. Стандарт третьего поколения / А. А. Тюгашев. – Санкт-Петербург : Питер, 2020. – 336 с. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/377711>.

45. Уорд, Б. Инновации SQL Server 2019. Использование технологий больших данных и машинного обучения / Б. Уорд. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 407 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1225362>.

46. Фалин, Г. И. Основы финансовой математики для актуариев : учебное пособие / Г. И. Фалин. – М.: МАКС Пресс, 2022. – 440 с. – URL: http://mech.math.msu.su/~falin/index_files/Page859.htm.

47. Финансовые рынки и инструменты : пособие / В. А. Котова ; акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. – Минск : Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2020. – 138 с.

48. Чеб, Е. С. Функциональный анализ и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 03 03 «Прикладная математика (по направлениям)», направление специальности: 1-31 03 03-01 «Прикладная математика (научно-производственная деятельность)» / Е. С. Чеб ; БГУ, Фак. прикладной математики и информатики, Каф. компьютерных технологий и систем. – Минск : БГУ, 2020. – <https://elib.bsu.by/handle/123456789/244161>.

49. Эльсгольц, Л. Э. Дифференциальные уравнения: учебник для физических и физико-математических факультетов университетов / Л. Э. Эльсгольц. – Изд. 9-е. – Москва: URSS: ЛЕНАНД, 2021. – 309 с.2.

Дополнительная литература

1. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.

2. Галанов, В. А. Рынок ценных бумаг / В. А. Галанов. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 379 с.

3. Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидс. – СПб.: Питер, 2007. – 366 с.

4. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1328 с.

5. Лиходед, Н. А. Методы распараллеливания гнезд циклов: курс лекций / Н. А. Лиходед. – Мн.: БГУ, 2008. – 100 с.

6. Малюгин, В. И. Рынок ценных бумаг: количественные методы анализа / В. И. Малюгин. – М.: Дело. – 2003. – 320 с.

7. Маманович, П. А. Рынок ценных бумаг: Учебное пособие / П. А. Маманович. – Мн: Современная школа, 2006. – 320 с.

8. Медведев, Г. А. Стохастические процессы финансовой математики / Г. А. Медведев. – Мн.: БГУ, 2005. – 243 с.

9. Медведев, А. Г. Оптимизация стратегий инвестирования: учеб. пособие / А.Г. Медведев. – Мн.: БГУ, 2005. – 255 с.

10. Медведев, Г. А. Математические модели финансовых рисков. Ч.2. Риски страхования / Г. А. Медведев. – Мн.: БГУ, 2001. – 293 с.

11. Медведев, Г. А. Математические модели финансовых рисков: Учебное пособие: В 2 ч. / Г. А. Медведев. – Мн.: БГУ, 1999. – Часть 1. Риски из-за неопределенности процентных ставок. – 239 с.

12. Пападимитриу, Х. Комбинаторная оптимизация: Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. – М.: Мир, 1971. – 512 с.

13. Терпугов, А. Ф. Математика рынка ценных бумаг / А. Ф. Терпугов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – 164 с.

14. Фалин, Г. И. Введение в математику финансов и инвестиций для актуариев / Г.И. Фалин, А.Г. Фалин. – М.: МАКС Пресс, 2016 – 248 с.