

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Н. Здрок

« 9 » декабря 2020 г.

Регистрационный № УД-9222/уч.



**ПРОГРАММА КОМПЛЕКСНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

1-31 03 06 Экономическая кибернетика (по направлениям)

направления специальности

1-31 03 06-01 Экономическая кибернетика (математические методы и
компьютерное моделирование в экономике)

специализации

1-31 03 06-01 01 Эконометрическое моделирование, анализ и
прогнозирование;

1-31 03 06-01 02 Методы оптимизации в управлении и экономике.

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 06 -2013 и учебного плана №G31-166/уч., №G31и-191/уч. от 30.05.2013;

типовых программ по дисциплинам «Алгоритмы и структуры данных» (ТД-G.510/тип. от 20.06.2015 г.), «Вычислительные методы алгебры» (ТД-G.511/тип. от 20.06.2015 г.), «Геометрия и алгебра» (ТД-G.514/тип. от 20.06.2015 г.), «Дискретная математика и математическая логика» (ТД-G.516/тип. от 20.06.2015 г.), «Дифференциальные уравнения» (ТД-G.515/тип. от 20.06.2015 г.), «Имитационное и статистическое моделирование», «Исследование операций» (ТД-G.600/тип. от 04.07.2016 г.), «Математическая теория финансовых рисков» (ТД-G.280/тип. от 16.06.2010 г.), «Математическая экономика», (ТД-G.518/тип. от 03.05.2016 г.), «Математический анализ», «Методы оптимизации» (ТД-G.582/тип. от 03.05.2016 г.), «Методы финансово-экономического управления» (ТД-G.622/тип. от 02.02.2017 г.), «Методы численного анализа» (ТД-G.609/тип. от 04.07.2016 г.), «Модели данных и системы управления базами данных» (ТД-G.634/тип. от 20.02.2020 г.), «Моделирование финансового рынка», «Операционные системы» (ТД-G.532/тип. от 07.09.2015 г.), «Основы экономического анализа и бухгалтерского учета» (ТД-G.406/тип. от 30.04.2012 г.), «Программирование»; «Теория вероятностей и математическая статистика» (ТД-G.284/тип. от 16.06.2010 г.), «Уравнения в частных производных» (ТД-G.595/тип. от 03.05.2016 г.), «Функциональный анализ и интегральные уравнения» (ТД-G.545/тип. от 18.11.2015 г.), «Эконометрика» (ТД-G.629/тип. от 05.12.2018 г.).

СОСТАВИТЕЛИ:

Дмитрук Наталия Михайловна, заведующий кафедрой методов оптимального управления ФПМИ, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

Лобач Виктор Иванович, доцент кафедры математического моделирования и анализа данных ФПМИ, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

Малюгин Владимир Ильич, доцент кафедры математического моделирования и анализа данных ФПМИ, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

Репников Василий Иванович, заведующий кафедрой вычислительной математики ФПМИ, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

Сталевская Светлана Николаевна, доцент кафедры математического моделирования и анализа данных ФПМИ, кандидат физ.-мат. наук;

Харин Алексей Юрьевич, заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики ФПМИ, доктор физ.-мат.наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Советом факультета прикладной математики и информатики (протокол № 4 от 24 ноября 2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 2 от 07 декабря 2020 г.)

Заведующий кафедрой ММФД  / Богачев И.А. /

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Государственный экзамен является одной из обязательных составляющих итоговой аттестации студентов. Программа комплексного государственного экзамена по специальности 1-31 03 06 «Экономическая кибернетика», направления специальности 1-31 03 06-01 «Экономическая кибернетика (математические методы и компьютерное моделирование в экономике)» и специализации 1-31 06-01 01 «Эконометрическое моделирование, анализ и прогнозирование», 1-31 03 06-01 02 «Методы оптимизации в управлении и экономике» разработана в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта I ступени высшего образования и Правилами проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования.

Программа комплексного государственного экзамена определяет и регламентирует структуру и содержание комплексного государственного экзамена по специальности 1-31 03 06 Экономическая кибернетика (по направлениям).

В программу комплексного государственного экзамена включаются следующие учебные дисциплины обще профессионального и специального циклов: «Алгоритмы и структуры данных», «Вычислительные методы алгебры», «Геометрия и алгебра», «Дискретная математика и математическая логика», «Дифференциальные уравнения», «Имитационное и статистическое моделирование», «Исследование операций», «Математическая теория финансовых рисков», «Математическая экономика», «Математический анализ», «Методы оптимизации», «Методы финансово-экономического управления», «Методы численного анализа», «Модели данных и СУБД», «Моделирование финансового рынка», «Операционные системы», «Основы экономического анализа и бухгалтерского учета», «Программирование», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Уравнения в частных производных», «Функциональный анализ и интегральные уравнения», «Эконометрика».

Комплексный государственный экзамен проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии.

Цель проведения комплексного 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 комплексного государственного экзамена носит системный, междисциплинарный характер и ориентирована на выявление у выпускника обще профессиональных и специальных знаний и умений.

Выпускник должен:

знать:

- методы исследования функций одной и нескольких переменных с использованием аппарата дифференциального исчисления; принципы построения и использования интеграла при решении задач математики

- и прикладных задач; 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; условия существования и единственности решений задачи Коши; основные понятия теории устойчивости;
 - классификацию и методы приведения к каноническому виду уравнений второго порядка с двумя и многими независимыми переменными; методы решения и обоснования корректности задачи Коши для уравнения колебания струны и уравнения теплопроводности; постановку и методы решения смешанных задач для уравнений гиперболического и параболического типа; постановку и методы решения краевых задач для уравнений эллиптического типа; описание марковских стохастических процессов; построение социально-экономических моделей с помощью обыкновенных стохастических дифференциальных уравнений;
 - основные понятия и методы теории банаховых и гильбертовых пространств; основные понятия теории линейных ограниченных операторов;
 - классификацию и методы приведения к каноническому виду уравнений второго порядка с двумя и многими независимыми переменными; методы решения и обоснования корректности задачи Коши для уравнения колебания струны и уравнения теплопроводности; постановку и методы решения краевых задач для уравнений эллиптического типа;
 - аксиомы теории вероятностей; понятия случайных величин и их функций распределения; числовые характеристики случайных величин; методы построения точечных и интервальных оценок; методы проверки гипотез; методы построения математических моделей случайных процессов их исследования;
 - базовые понятия теории множеств; основные логические операции и равносильности; классические комбинаторные объекты; элементарные булевы функции и функции многозначной логики; основные понятия и факты теории графов; классические модели вычислений; сведения о классах сложности P и NP ;
 - базовые понятия теории приближенных методов; методы решения численных уравнений и систем таких уравнений; основные методы решения задач теории приближения и их использование в задачах численного интегрирования и дифференцирования; методы решения основных типов задач для функциональных уравнений;
 - основы теории оптимизации; методы линейного программирования; оптимизационные задачи на графах; основы теории игр; методы

- решения задач выпуклого и нелинейного программирования; основы теории вариационного исчисления;
- методы статистического и имитационного моделирования; метод Монте-Карло;
 - типы задач исследования операций, их особенности и свойства; методологию формализации и решения задач исследования операций; основные принципы принятия оптимальных решений; модели и методы решения задач исследования операций;
 - методы вычисления и анализа распределения сумм случайных величин; методы вычисления вероятности разорения страховой компании; основные принципы начисления страховых премий и их математические свойства;
 - основные разделы математической экономики; оптимальное поведение потребителя при заданных ценах и бюджете; показатели сравнительной статистики теории потребления и их взаимосвязь; оптимальное поведение фирмы при заданных ценах; оптимальное поведение фирмы в условиях несовершенной конкуренции; понятие экономического равновесия и условия его существования; основные динамические модели экономики;
 - количественные методы начисления процентов по различным ставкам; теорию финансовых рент; методы погашения долгосрочных задолженностей; способы определения эффективности различных финансовых операций с учетом всех источников получения доходов; основные измерители эффективности капиталовложений;
 - цели и задачи, принципы организации и функционирования, основные виды инструментов и основные категории участников финансового рынка; методы анализа основных видов финансовых активов; методы оптимального портфельного инвестирования на основе подхода «доходность-риск»; методы анализа рынка ценных бумаг на основе моделей равновесия, включая методы построения и анализа адекватности модели CAPM; элементы теории эффективного финансового рынка, включая гипотезы эффективности финансового рынка и методы их тестирования, а также методы анализа ценных бумаг в предположении рациональных ожиданий;
 - принципы и методы бухгалтерского учета и экономического анализа;
 - методы статистического оценивания параметров и проверки гипотез, используемые при построении эконометрических моделей регрессионного типа; методы статистического анализа, моделирования и прогнозирования стационарных экономических временных рядов и нестационарных экономических временных рядов с детерминированными и стохастическими трендами; методы статистического оценивания параметров и проверки гипотез, используемые при построении многомерных эконометрических моделей типа векторной авторегрессии, векторной модели коррекции ошибок и систем одновременных уравнений;

- основные понятия и принципы обработки информации, основы компьютерной обработки информации; принципы проектирования алгоритмов и их реализации; основные методы и средства эффективной разработки программного обеспечения; методы тестирования, отладки и верификации программ; особенности применения платформо-независимых языков; области применения и практическое использование декларативных языков;
- базовые алгоритмы планирования потоков и процессов; базовые способы и модели синхронизации параллельных потоков и процессов; базовые способы передачи данных между параллельными процессами; принципы организации виртуальной памяти;
- методы логического проектирования баз данных; способы создания баз данных, ориентированных на конкретную систему управления базами данных; механизмы доступа к данным с использованием средств систем управления базами данных и других интерфейсов; принципы администрирования баз данных;
- понятие размерности задачи и трудоемкости алгоритма; основные способы решения рекуррентных уравнений; основные подходы при разработке эффективных алгоритмов; способы организации структур данных и технологию их использования; виды поисковых деревьев; базовые алгоритмы на графах.

уметь:

- применять аппарат математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры при решении задач специальности;
- использовать методы Лагранжа, Коши, Эйлера при построении общего решения и решения задачи Коши линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами; исследовать устойчивость и асимптотическую устойчивость решений дифференциальных уравнений и систем;
- приводить к каноническому виду уравнения 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; применять параболические уравнения для описания случайных процессов; исследовать уравнения Колмогорова для марковских процессов; строить математические модели социально-экономических процессов, использующих уравнения с частными производными;
- использовать основные результаты функционального анализа в практической деятельности;
- 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; осуществлять статистическую проверку гипотез;
- решать базовые комбинаторные задачи; строить специальные представления булевых функций; исследовать на полноту системы булевых функций; исследовать на изоморфизм простейшие графы, определять связность, двудольность и планарность графов;
 - исследовать основные характеристики приближенных алгоритмов применительно к конкретной вычислительной задаче; использовать основные результаты теории методов численного анализа к решению на компьютере модельных и прикладных задач;
 - моделировать прикладные оптимизационные задачи; применять методы решения оптимизационных задач; проводить анализ решения;
 - использовать формальные методы при решении задач исследования операций; решать практические задачи принятия решений с использованием методов исследования операций;
 - моделировать случайные величины с заданным законом распределения вероятностей; строить имитационные модели сложных систем; применять метод Монте-Карло для приближенного вычисления интегралов, решения систем линейных уравнений;
 - строить математические модели, представлять их возможности и ограничения; использовать формальные методы при решении задач исследования операций; решать практические задачи принятия решений с использованием методов исследования операций;
 - строить и анализировать математические модели рисков страхования; применять основные принципы начисления страховых премий; вычислять вероятности разорения компаний;
 - моделировать оптимизационные экономические задачи; прогнозировать поведение потребителей и фирм в условиях совершенной и несовершенной конкуренции; применять математические методы оптимизации к экономическим задачам потребления и производства; определять с помощью математических методов равновесные цены; решать динамические задачи экономики;
 - начислять проценты и сравнивать наращенные суммы по различным ставкам; составлять планы погашения долгосрочных задолженностей и вносить в них коррективы; определять показатели эффективности различных финансовых операций; выбирать наилучшие варианты инвестиционных предложений;
 - вычислять и анализировать основные характеристики ценных бумаг и на их основе оценивать инвестиционную привлекательность активов; оценивать значения вероятностных характеристик ценных бумаг по реальным данным; вычислять оптимальную структуру портфелей финансовых активов при различных модельных предположениях; строить и проверять адекватность модели равновесия CAPM на основе методов эконометрического моделирования и анализа; осуществлять

- анализ ценных бумаг на основе альфа- и бета-коэффициентов; проверять гипотезы эффективности финансового рынка;
- составлять бухгалтерские проводки; заполнять регистры бухгалтерского учета; заполнять бухгалтерскую отчетность; анализировать данные бухгалтерского учета;
 - строить основные типы эконометрических моделей экономических и финансовых процессов; производить анализ адекватности построенных эконометрических моделей; применять эконометрические модели для анализа причинно-следственных связей между экономическими переменными, прогнозирования значений экономических переменных, построения и выбора вариантов (стратегий) экономической политики на основе экспериментов с моделью;
 - проектировать эффективные алгоритмы решения поставленной задачи; выбирать наиболее подходящие структуры данных, программные и технические средства реализации алгоритма; разрабатывать программные приложения с заданной функциональностью и операционным окружением;
 - разрабатывать и программировать многопоточные приложения; организовывать взаимодействие параллельных процессов и потоков; управлять виртуальной памятью процесса;
 - создавать логические модели баз данных; использовать средства систем управления базами данных для физического создания баз данных; создавать запросы на языке SQL для доступа и манипулирования данными;
 - сводить решение исходной задачи к решению подзадач и определять трудоемкость алгоритмов на основе рекуррентных соотношений; выбирать подходящие структуры данных при разработке эффективного алгоритма решения задачи; реализовывать поисковые деревья; строить графовые модели и применять базовые графовые алгоритмы;
- владеть:**
- навыками исследования функциональных зависимостей методами математического анализа; способами использования аппарата дифференциального и интегрального исчисления при проведении математических исследований;
 - навыками использования матричных методов для решения задач линейной алгебры;
 - навыками исследования моделей, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, уравнениями в частных производных;
 - методами математического моделирования различных физических процессов; методами математического моделирования социально-экономических процессов, использующих уравнения в частных производных;

- основными методами исследования множеств в банаховых и гильбертовых пространствах; методами доказательств и аналитического исследования операторных уравнений первого и 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 комбинаторного анализа и теории графов; методами исследования булевых функций; методами построения формальных грамматик и анализа языков; навыками программирования на языке машин Тьюринга;
- навыками отбора оптимальных алгоритмов для решения прикладных задач с использованием современной компьютерной техники; навыками программной реализации методов численного анализа и интерпретации полученных результатов;
- методологией решения задач организационного управления; математическим аппаратом решения задач исследования операций; информационными средствами и приложениями для построения математических моделей, анализа и решения задач по управлению целенаправленными процессами;
- приемами и методами построения математических моделей сложных систем; навыками моделирования разнообразных случайных элементов; методом Монте-Карло для решения различных прикладных задач;
- основными методами алгоритмизации практических задач; навыками разработки и сопровождения программ в конкретных средах разработки;
- методологией решения задач организационного управления; математическим аппаратом решения задач исследования операций; информационными средствами и приложениями для построения математических моделей, анализа и решения задач по управлению целенаправленными процессами;
- методами анализа математических моделей, используемых при страховании финансовых рисков;
- методами построения математических моделей экономических задач потребления, производства и равновесия; методами решения прикладных задач экономики;
- основными приемами разнообразных финансовых расчетов; аналитическими методами сравнения эффективности различных вариантов финансовых решений и выбирать среди них наилучший вариант;
- основами финансового анализа ценных бумаг; методами оптимизации структуры портфеля финансовых активов; методами построения моделей доходностей финансовых активов и их применения для анализа ценных бумаг и оптимального инвестирования; навыками инвестиционного анализа и управления портфельными рисками;

- навыками отражения хозяйственных операций на счетах бухгалтерского учета и составления бухгалтерской отчетности; навыками проведения анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятия;
- основами эконометрического анализа, моделирования и прогнозирования; навыками построения и использования эконометрических моделей с помощью стандартного эконометрического программного обеспечения; элементами экономического анализа моделируемых процессов, эконометрических моделей и результатов эконометрического моделирования;
- методами и технологиями разработки многопоточных приложений, системного программного обеспечения на платформе WinAPI;
- методами проектирования баз данных; CASE-средствами проектирования баз данных; языком SQL; методами управления транзакциями; методами доступа к базам данных из приложений; методами администрирования баз данных; методами восстановления баз данных;
- основными подходами для разработки эффективных алгоритмов: метод «разделяй и властвуй» и динамическое программирование; навыками реализации и использования структур данных.

Освоение образовательной программы «Экономическая кибернетика» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

социально-личностные компетенции:

- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

- ПК-2. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области экономической кибернетики.

- ПК-3. Быстро адаптироваться к новым теоретическим и научным достижениям в области экономической кибернетики.
- ПК-4. Профессионально ставить задачи, вырабатывать и принимать решения.
- ПК-5. Владеть современными методами математического и компьютерного моделирования систем и процессов, участвовать в исследованиях и разработке новых методов и технологий.
- ПК-6. Владеть и применять методы автоматизации научных исследований.
- ПК-7. Разрабатывать, анализировать и оптимизировать алгоритмы решения задач, связанных с математическим и компьютерным моделированием экономических систем.
- ПК-8. Эксплуатировать, сопровождать и разрабатывать соответствующие программные компьютерные системы.
- ПК-9. Работать с экономической литературой и нормативными документами, регулирующими деятельность субъектов экономики.
- ПК-11. Заниматься планированием научно-исследовательских работ, составлять договорную и отчетную документацию на научно-исследовательские работы по установленным формам.
- ПК-13. Анализировать и оценивать собранные данные.
- ПК-17. Владеть современными информационными технологиями и средствами телекоммуникаций.
- ПК-18. Владеть методами оптимизации и оптимального управления экономических систем.
- ПК-19. Владеть современными методами экономического анализа и математического моделирования экономических систем и процессов.
- ПК-20. Выявлять закономерности в функционировании экономических систем на основе статистического анализа экономических и финансовых данных.
- ПК-21. Владеть методами эконометрического анализа и прогнозирования экономических систем и процессов.
- ПК-22. Анализировать и прогнозировать состояние экономической деятельности субъектов экономики на микроуровне.
- ПК-23. Анализировать и прогнозировать поведение основных макроэкономических показателей.
- ПК-24. Владеть методами инвестиционного и финансового анализа, а также анализировать и прогнозировать динамику основных показателей финансовых рынков.
- ПК-25. Анализировать и прогнозировать конъюнктуру товарных рынков.
- ПК-27. Работать с научной, технической и патентной литературой.
- ПК-29. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.
- ПК-30. Разрабатывать новые информационные технологии на основе методов математической экономики, эконометрики и статистического анализа данных.
- ПК-34. Владеть методами организации малых предприятий.
- ПК-35. Составлять и анализировать бизнес-план предприятия.
- ПК-36. Владеть методами бухгалтерского, финансового и управленческого учета.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

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

В ходе подготовки экзаменуемые имеют право использовать учебные программы соответствующих дисциплин или одноязычные толковые, лингвострановедческие и терминологические словари, справочную литературу.

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: «Алгоритмы и структуры данных», «Вычислительные методы алгебры», «Геометрия и алгебра», «Дискретная математика и математическая логика», «Дифференциальные уравнения», «Имитационное и статистическое моделирование», «Исследование операций», «Математическая теория финансовых рисков», «Математическая экономика», «Математический анализ», «Методы оптимизации», «Методы финансово-экономического управления», «Методы численного анализа», «Модели данных и СУБД», «Моделирование финансового рынка», «Операционные системы», «Основы экономического анализа и бухгалтерского учета», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Уравнения в частных производных», «Функциональный анализ и интегральные уравнения», «Эконометрика» отражают содержание образовательной программы по специальности 1-31 03 06 «Экономическая кибернетика» (по направлениям).

Экзаменационный билет включает темы теоретического материала (2 вопроса), позволяющий оценить полученные в процессе обучения знания. В качестве вопросов экзаменационного билета используются названия тем, указанных в части «Содержание государственного экзамена» настоящей программы.

Характеристика теоретической части:

Первый вопрос билета содержит разделы фундаментальных математических знаний, необходимых для решения прикладных задач, второй – знания из области математического моделирования, анализа и управления в области экономики, бухгалтерского учета, а так же теории алгоритмов, программно-компьютерных технологий и алгоритмов, необходимые для исследования экономических (финансовых) процессов и систем на макро-уровне и микро-уровне.

Каждый экзаменационный вопрос затрагивает большой раздел или несколько разделов ранее изученных дисциплин. Отвечая на вопросы

государственного экзамена, студент должен продемонстрировать грамотное изложение соответствующего материала, видение того, какое место и значение занимает этот материал в комплексе полученных знаний, междисциплинарные знания.

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

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Раздел 1. Учебная дисциплина «Математический анализ»

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, и их функциональные свойства.

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. Типы интегралов, 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 4. Функции комплексного переменного.

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 комплексному государственному экзамену

1. Функции одной и нескольких переменных
2. Интегралы
3. Функциональные последовательности и ряды
4. Функции комплексного переменного

Раздел 2. Учебные дисциплины «Геометрия и алгебра» и «Вычислительные методы алгебры»

Тема 1. 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. Точные и приближенные методы решения систем. Обусловленность линейных систем. Основные прямые и итерационные методы решения систем.

Тема 2. 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.

Примерный перечень вопросов по разделу 2 для подготовки к комплексному государственному экзамену

5. Системы линейных алгебраических уравнений. Аналитические и численные методы решения систем
6. Векторные пространства и линейные операторы в конечномерных векторных пространствах

Раздел 3. Учебная дисциплина «Дифференциальные уравнения»

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. 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 комплексному государственному экзамену

7. Линейные дифференциальные уравнения и системы
8. Общая теория дифференциальных уравнений

Раздел 4. Учебная дисциплина «Функциональный анализ и интегральные уравнения»

Тема 1. 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 4 для подготовки к комплексному государственному экзамену

9. Принцип сжимающих отображений и его применение

Раздел 5. Учебная дисциплина «Теория вероятностей и математическая статистика»

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 её распределения вероятностей. Функция распределения и её свойства. Классификация случайных величин. Интеграл Лебега по вероятностной мере. Математическое ожидание, дисперсия, ковариация, энтропия, количество информации.

Тема 2. Законы больших чисел, центральная предельная теорема.

Понятие о случайной последовательности и видах её сходимости; соотношения между видами сходимости. Закон больших чисел: критерий, теоремы Маркова, Чебышева. Усиленный закон больших чисел: теорема Линдберга-Феллера и её следствия.

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.

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 наикратчайшие интервалы.

Тема 5. Методы статистической проверки гипотез.

Постановка задачи статистической проверки гипотез. Фундаментальная лемма Неймана-Пирсона. Риск принятия решений. Байесовское решающее правило.

Примерный перечень вопросов по разделу 5 для подготовки к комплексному государственному экзамену

10. Вероятность. Случайные величины, их распределения вероятностей и числовые характеристики
11. Законы больших чисел. Центральная предельная теорема
12. Основные понятия теории случайных процессов
13. Статистические оценки параметров, их свойства и методы построения
14. Методы статистической проверки гипотез

Раздел 6. Учебная дисциплина «Уравнения в частных производных»

Тема 1. 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.

Примерный перечень вопросов по разделу 6 для подготовки к комплексному государственному экзамену

15. Методы решения задачи Коши для дифференциальных уравнений с частными производными
16. Дифференциальные модели. Постановка краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными

Раздел 7. Учебная дисциплина «Исследование операций»

Тема 1. Матричные игры и методы их решения. Игры с природой.

Понятие конфликтной ситуации. Определение матричной игры. Принцип НЭША. Решение матричных игр в чистых стратегиях. Решение матричных игр в смешанных стратегиях. Геометрические методы решения матричных игр.

Тема 2. Сетевые графики и их анализ.

Параметры сетевых графиков. Алгоритмы нахождения минимального и максимального времени наступления событий. Алгоритм нахождения критического пути.

Примерный перечень вопросов по разделу 7 для подготовки к комплексному государственному экзамену

17. Математические модели конфликтных ситуаций и их анализ. Решение матричных игр.
18. Экстремальные задачи на графах, способы решения

Раздел 8. Учебная дисциплина «Методы оптимизации»

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). Примеры применения метода динамического программирования.

Примерный перечень вопросов по разделу 8 для подготовки к комплексному государственному экзамену

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

Раздел 9. Учебная дисциплина «Методы численного анализа»

Тема 1. Численные методы решения нелинейных уравнений, систем и задач оптимизации.

Итерационные методы решения нелинейных уравнений и систем: метод простой итерации, Ньютона и его видоизменения. Градиентные методы и метод Ньютона для решения задач нелинейной оптимизации.

Тема 2. Приближение функций. Основные способы приближения функций и соответствующие алгоритмы.

Существование и единственность элемента наилучшего приближения в линейных нормированных пространствах. Наилучшее среднее квадратичное приближение. Интерполирование: основные представления интерполяционного многочлена и остатка интерполирования. Сплайн-приближения.

Тема 3. Приближенное вычисление интегралов.

Основные типы квадратурных формул (интерполяционные квадратуры, квадратуры наивысшей алгебраической степени точности); практическая оценка погрешности квадратур. Простейшие кубатурные формулы.

Тема 4. Методы численного решения начальных и граничных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Одношаговые (Рунге-Кутта) и многошаговые (Адамса) методы решения начальной задачи, их простейшие характеристики; правило Рунге практической оценки погрешности; методы решения граничных задач: основанные на сведении к начальной задаче, проекционные, сеточные.

Примерный перечень вопросов по разделу 9 для подготовки к комплексному государственному экзамену

22. Численные методы решения нелинейных уравнений, систем и задач оптимизации
23. Приближение функций. Основные способы приближения функций и соответствующие алгоритмы
24. Приближенное вычисление интегралов
25. Методы численного решения начальных и граничных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений

Раздел 10. Учебная дисциплина «Дискретная математика и математическая логика»

Тема 1. Булевы функции и их представления.

Понятие булевой функции. Реализация булевых функций формулами. Совершенные дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы, полином Жегалкина. Замкнутые классы и полнота систем булевых функций. Важнейшие замкнутые классы булевых функций (классы функций, сохраняющих константы, классы самодвойственных, линейных и монотонных функций). Критерий полноты и примеры полных систем булевых функций.

Тема 2. Графы. Основные классы графов.

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. Раскраска графа. Хроматическое число и хроматический многочлен.

Тема 3. Алгоритмы и рекурсивные функции.

Классические модели алгоритмов: Машины Тьюринга и частично рекурсивные функции. Тезис Тьюринга. Операции суперпозиции, примитивной рекурсии и минимизации. Частично рекурсивные функции. Эквивалентность понятий функций, вычислимых по Тьюрингу, и частично рекурсивных функций (Теорема о классах \mathcal{C} и \mathcal{T}). Детерминированные и недетерминированные машины Тьюринга (одноленточные и k -ленточные). Временная сложность машин Тьюринга. Представление о классах P и NP . Проблема $P \stackrel{?}{=} NP$. Полиномиальная сводимость и NP -полные проблемы.

Примерный перечень вопросов по разделу 10 для подготовки к комплексному государственному экзамену

26. Булевы функции и их представления
27. Графы. Основные классы графов
28. Алгоритмы и рекурсивные функции

Раздел 11. Учебная дисциплина «Имитационное и статистическое моделирование»

Тема 1. Методы моделирования случайных элементов.

Базовые случайные величины (БСВ). Мультипликативный конгруэнтный метод и метод Макларена–Марсальи моделирования БСВ. Базовый алгоритм моделирования дискретной случайной величины. Методы моделирования непрерывных случайных величин (метод обратной функции, метод Неймана, метод суперпозиции). Оценка точности моделирования случайных величин на основе критериев Пирсона и Колмогорова.

Тема 2. Метод Монте–Карло и его применения.

Общая схема метода Монте–Карло. Вычисление интегралов методом Монте-Карло. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Монте-Карло. Решение уравнений в частных производных методом Монте-Карло. Методы понижения дисперсии.

Примерный перечень вопросов по разделу 11 для подготовки к комплексному государственному экзамену
29. Методы моделирования случайных элементов
30. Метод Монте – Карло и его применения

Раздел 12. Учебная дисциплина «Программирование»

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

Базовые типы данных и их характеристики. Простые и структурированные типы. Массивы. Записи. Строковые типы. Ссылочные типы. Классы и объекты. Пользовательские типы данных. Совместимость типов. Приведение типов. Ввод-вывод данных. Операции над данными. Работа со статическими и динамическими данными. Хранение и обработка объектов. Коллекции. Интерфейсы коллекций.

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.

Примерный перечень вопросов по разделу 12 для подготовки к комплексному государственному экзамену

31. Основные типы данных в языках программирования и операции над ними
32. Парадигмы программирования. Объектно-ориентированное программирование

Раздел 13. Учебная дисциплина «Алгоритмы и структуры данных»

Тема 1. Трудоемкость алгоритмов. Определение трудоемкости алгоритма на основе рекуррентных соотношений.

Понятие размерности задачи и трудоемкости алгоритма. Полиномиальные и экспоненциальные алгоритмы. Понятие рекуррентного соотношения и методы их решения. Оценка трудоемкости базовых алгоритмов поиска и внутренней сортировки на основе рекуррентных соотношений.

Тема 2. Организация поиска. Сбалансированные поисковые деревья. Хеш-таблицы. Базовые операции и их трудоемкость.

Структуры данных для выполнения словарных операций. Бинарные поисковые деревья. Инварианты сбалансированности. Сбалансированные поисковые деревья, поддержка инвариантов сбалансированности и их трудоемкость. Хеш-таблицы. Методы разрешения коллизий.

Тема 3. Базовые алгоритмы поиска на графах и их трудоемкость.

Способы задания графа (орграфа) в памяти компьютера. Алгоритмы поиска в глубину и ширину в графе и их приложения. Алгоритмы построения эйлерова цикла в эйлеровом графе. Алгоритмы построения кратчайших маршрутов. Алгоритмы построения минимального остовного дерева. Трудоемкость алгоритмов.

Примерный перечень вопросов по разделу 13 для подготовки к комплексному государственному экзамену

33. Трудоемкость алгоритмов. Определение трудоемкости алгоритма на основе рекуррентных соотношений
34. Организация поиска. Сбалансированные поисковые деревья. Хеш-таблицы. Базовые операции и их трудоемкость
35. Базовые алгоритмы поиска на графах и их трудоемкость

Раздел 14. Учебная дисциплина «Модели данных и системы управления базами данных»

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 14 для подготовки к комплексному государственному экзамену

36. Определение понятий «базы данных» и «СУБД». Модели и формы баз данных
37. Языки баз данных (SQL)

Раздел 15. Учебная дисциплина «Операционные системы»

Тема 1. Процессы и ресурсы. Взаимодействие и синхронизация вычислительных процессов.

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

Примерный перечень вопросов по разделу 15 для подготовки к комплексному государственному экзамену

38. Процессы и ресурсы. Взаимодействие процессов

Раздел 16. Учебная дисциплина «Математическая экономика»

Тема 1. Задачи максимизации прибыли фирмы в условиях совершенной и несовершенной конкуренции. Монополия и монополия.

Определение производственной функции (ПФ), ее свойства. Примеры ПФ. Неоклассическая задача фирмы и ее решение. Основные выводы. Функции спроса и предложения, их свойства. Поведение спроса и предложения при изменении цен. Совершенная и несовершенная конкуренция. Монополия и монополия. Функции цен. Задача фирмы в условиях несовершенной конкуренции и ее решение. Основные выводы.

Тема 2. Задача потребления. Основное уравнение теории ценности (уравнение Слуцкого).

Функция полезности и ее свойства. Неоклассическая задача потребления и ее решение. Оптимальное поведение потребителя. Показатели сравнительной статики. Их связь (теорема Слуцкого). Геометрическая интерпретация теоремы Слуцкого по Слуцкому и Хиксу. Эластичность спроса по отношению к ценам и бюджету. Их связь. Свойства эластичности.

Примерный перечень вопросов по разделу 16 для подготовки к комплексному государственному экзамену

39. Задача максимизации прибыли фирмы и ее решения

40. Задача потребления и ее решения

Раздел 17. Учебная дисциплина «Эконометрика»

Тема 1. Методы построения общей линейной статистической модели (ОЛСМ).

МНК-оценки параметров ОЛСМ и их свойства. Анализ адекватности ОЛСМ на основе тестовых статистик, тестов значимости коэффициентов регрессии и адекватности модели в целом. Анализ автокорреляции, гомоскедастичности и нормальности распределения остатков (тесты Льюнга – Бокса, Уайта, Жака – Бера).

Тема 2. Модели и методы анализа стационарных экономических временных рядов.

Стационарный в широком смысле временной ряд и его характеристики. Автокорреляционная и частная автокорреляционная функции стационарного

временного ряда. Определение и свойства модели авторегрессии и скользящего среднего ARMA (p,q) и ее частных случаев – моделей AR(p), MA(q). Методы оценивания параметров и тестирования адекватности модели ARMA (p,q)

Тема 3. Модели и методы анализа нестационарных временных рядов.

Модели нестационарных временных рядов с детерминированными и стохастическими трендами (TS- и DS-модели). Методы оценивания параметров и тестирования адекватности моделей с детерминированными трендами. Модель ARIMA и ее построение с помощью подхода Бокса – Дженкинса.

Тема 4. Коинтегрированные временные ряды и модель коррекции ошибок.

Определение коинтегрированных временных рядов. Модель коррекции ошибок и ее компоненты: долгосрочные и краткосрочные зависимости, неравновесные ошибки. Тестирование коинтегрированности и построение модели коррекции ошибок с помощью подхода Энгла-Грейнджера.

Примерный перечень вопросов по разделу 17 для подготовки к комплексному государственному экзамену

41. Методы построения общей линейной статистической модели
42. Модели и методы анализа стационарных и нестационарных экономических временных рядов
43. Коинтегрированные временные ряды и модель коррекции ошибок

Раздел 18. Учебная дисциплина «Моделирование финансового рынка»

Тема 1. Методы оптимального портфельного инвестирования.

Портфель ценных бумаг и его характеристики. Модельные предположения и задача оптимизации структуры портфеля рискованных ценных бумаг (задача Марковица). Свойства оптимальных портфелей. Оптимизация структуры портфеля при возможности безрискового кредитования и заимствования (задача Тобина). Свойства оптимальных комбинированных портфелей.

Тема 2. Модель CAPM для портфеля и отдельных ценных бумаг.

Модельные предположения, основное уравнение и свойства модели CAPM для портфеля ценных бумаг. Две формы представления модели CAPM для отдельных активов. Альфа- и бета-коэффициенты финансовых активов и их анализ. Построение и тестирование адекватности CAPM на основе эконометрических моделей и методов.

Примерный перечень вопросов по разделу 18 для подготовки к комплексному государственному экзамену

- 44. Методы оптимального портфельного инвестирования
- 45. Модель CAPM для портфеля и отдельных ценных бумаг

Раздел 19. Учебная дисциплина «Основы экономического анализа и бухгалтерского учета»

Тема 1. Основные понятия и план счетов бухгалтерского учета.

Бухгалтерский баланс, его содержание и структура. Счета и двойная запись. Классификация счетов, планы счетов. Оборотные и сальдовые ведомости. Основы учета хозяйственных процессов.

Примерный перечень вопросов по разделу 19 для подготовки к комплексному государственному экзамену

- 46. Основные понятия и план счетов бухгалтерского учета

Раздел 20. Учебная дисциплина «Методы финансово-экономического управления»

Тема 1. Определение параметров финансовых рент по заданным обобщающим характеристикам рент.

Вычисление величины члена ренты, продолжительности ренты и ставки процентов по заданным значениям наращенной суммы ренты или значению современной величины ренты.

Тема 2. Планирование погашения долгосрочной задолженности.

Планы погашения основной задолженности по различным схемам платежей. Планирование погашения долга в потребительском кредите. Лизинг, определение размера платежей в лизинговых операциях.

Примерный перечень вопросов по разделу 20 для подготовки к комплексному государственному экзамену

- 47. Финансовые ренты: их характеристики и вычисление
- 48. Погашение долгосрочных задолженностей

Раздел 21. Учебная дисциплина «Математическая теория финансовых рисков»

Тема 1. Модели риска. Принципы начисления страховых премий. Взаимодействие страховщиков. Теория разорения.

Модели индивидуального и коллективного риска для отдельного периода. Основные принципы начисления страховых премий, их математические свойства. Взаимодействие страховщиков с целью уменьшения взимаемых премий, понятие о перестраховании. Модель

динамики фонда страховой компании, подстроечный коэффициент, теорема о вероятности разорения.

Примерный перечень вопросов по разделу 21 для подготовки к комплексному государственному экзамену

49. Модели рисков. Принципы начисления страховых премий

50. Теорема о вероятности разорения

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *Ахо, А. В.* Структуры данных и алгоритмы / А. В. Ахо, Д. Э. Хопкрофт, Д. Д. Ульман. : Учеб.пособие/ пер. с англ. М. : Вильямс, 2000. – 384 с.
2. *Богданов, Ю.С.* Математический анализ / Ю.С.Богданов, О. А. Кастрица, Ю. Б.Сыроид– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 351 с.
3. *Богданов, Ю.С.* Курс дифференциальных уравнений / Ю. С. Богданов, С. А. Мазаник, Ю. Б.Сыроид– Мн.: Университетское, 1996. – 287 с.
4. *Воеводин, В.В.* Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
5. *Габасов, Р.* Методы оптимизации: Учебное пособие / Р. Габасов, Ф. М. Кириллова – Мн.: Изд-во БГУ, 1981. – 350 с.
6. *Гамма, Э.* Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования/ Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидс Дж. — СПб.: Питер, 2007. — 366 с. — (Серия "Библиотека программиста").
7. *Дейт К. Дж.* Введение в системы баз данных — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1328 с.
8. *Демидович Б.П.* Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М.: Наука, 1998. – 624с.
9. *Игошин В. И.* Теория алгоритмов: учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Игошин. ИНФРА-М, 2012. – 318 с.
10. *Иржавский, П. А.* Теория алгоритмов: учеб.пособие / П. А. Иржавский, В.М. Котов, А.Ю. Лобанов, Ю.Л. Орлович, Е.П. Соболевская – Минск :БГУ, 2013. – 159 с.
11. *Кормен, Т.* Алгоритмы : построение и анализ/ Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн.М. : Вильямс, 2005. 1296 с.
12. *Котов, В. М.* Алгоритмы и структуры данных: учеб.пособие /В.М. Котов, Е.П. Соболевская, А.А. Толстикова – Минск : БГУ, 2011. – 267 с. – (Классическое университетское издание).
13. *Крылов, В.И.* Вычислительные методы высшей математики / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырский– Мн.: Выш. школа, 1972.– 594 с.
14. *Крылов, В.И.* Вычислительные методы / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырский– Том 1, М.: Наука, 1972.– 594 с.
15. *Лиходед Н. А.* Методы распараллеливания гнезд циклов: курс лекций. - Минск : БГУ, 2008. – 100 с.
16. *Олифер, В.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/ В. Олифер, Н. Олифер — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2014. — 944 с. — (Серия«Классика computerscience»).
17. *Размыслович, Г. П.* Геометрия и алгебра / Г. П. Размыслович, М. М. Феденя, В. М. Ширяев – Мн.: Университетское, 1987.– 350 с.
18. *Размыслович, Г. П.* Сборник задач по геометрии и алгебре / Г. П. Размыслович, М. М. Феденя, В. М. Ширяев – Мн.: Университетское, 1999.– 384 с.

19. *Таненбаум Э.* Современные операционные системы — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 1120 с. — (Серия «Классика computerscience»).
20. *Таненбаум, Э.* Компьютерные сети/ Таненбаум Э., Уэзеролл Д. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2014. — 960 с. — (Серия "Классика computerscience").
21. *Таха Х.А.* Введение в исследование операций. М., С.–Петербург, Киев: Изд. Дом Вильямс, 2001. – 911 с.
22. *Харин, Ю.С.* Математическая и прикладная статистика / Ю. С. Харин, Е. Е. Жук – Мн.: БГУ, 2005. – 279 с.
23. *Харин, Ю.С.* Теория вероятностей / Ю. С. Харин, Н. М. Зуев – Мн.: БГУ, 2004. – 199 с.
24. *Ширяев А. Н.* Вероятность. В 2-х кн.– Москва: МЦНМО, 2004. – 928с.
25. *Яблонский С.В.* Введение в дискретную математику. – М.: Наука, 1979. – 272 с.

Перечень дополнительной литературы

1. *Богданов Ю.С.* Лекции по математическому анализу. – Мн.: изд-во БГУ, 1974, 1978. – Ч.1-2.
2. *Богданов, Ю.С.* Дифференциальные уравнения / Ю. С. Богданов, Ю. Б. Сыроид– Мн.: Выш. школа, 1983. – 239 с.
3. *Вагнер Г.* Основы исследования операций: в 3-х томах. М.: Мин, 1972-73.– 335 с., – 487 с., – 501 с.
4. *Вентцель Е. С.* Исследование операций. М.: Сов. Наука, 1972. – 550 с.
5. *Воробьев Н.Н.* Теория игр. Ленинград: ЛГУ, 1975. – 324.
6. *Дегтярев Ю.И.* Исследование операций. М.: Высшая школа, 1986. – 319с.
7. *Емеличев, В. А.* Лекции по теории графов/ В. А. Емеличев, О. И. Мельников, В. И. Сарванов, Р. И. Тышкевич. – М.: Наука, 1990. – 383 с.
8. *Зорич В. А.* Математический анализ.– М.: Наука, 1997, 1998. – Ч.1-2
9. *Ильин, В.А.* Математический анализ / В.А. Ильин, В.А. Садовничий, Бл. Х. Сендов. –М.: изд-во Моск. ун-та, 1985, 1987. – Ч.1–2.
10. *Краснов, М. Л.* Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. / М.Л. Краснов, А.И. Киселёв, Г.И. Макаренко – М.: Наука, 1981. – 303с.
11. *Кудрявцев Л.Д.* Курс математического анализа.– М.: Высш. шк.: 1988, 1988, 1989.– Т.1-3.
12. *Липский В.* Комбинаторика для программистов. – М.: Мир, 1988. – 214с.
13. *Рейнгольд, Э.* Комбинаторные алгоритмы теория и практика/ Э. Рейнгольд, Ю. Нивергельт, Н. Део. – М.: Мир, 1980. – 476 с.
14. *Пападимитриу, Х.* Комбинаторная оптимизация: Алгоритмы и сложность/ Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. –М.: Мир, 1971. –512 с.
15. *Сидоров, Ю.В.* Лекции по теории функций комплексного переменного / Ю.В. Сидоров, М.В. Федорюк, М.И. Шабунин. –М.: Наука, 1989. – 408с.
16. *Стенли Р.* Перечислительная комбинаторика. М.: Мир, 1990. – 440 с.

17. *Танаев, В.С.* Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. В.Шкурба – М.: Наука, 1975.– 256 с.
18. *Тер-Крикоров, А. М.* Курс математического анализа /А. М. Тер-Крикоров, М. И.Шабунин– М.: Наука, 1997. – 720с.
19. *Тышкевич, Р.И.* Линейная алгебра и аналитическая геометрия / Р. И. Тышкевич, А. С. Феденко – Мн.: Выш. школа, 1976. – 544 с.
20. *Форд, Л.* Потоки в сетях / Форд Л., ФалкерсонД. – Мир, 1966.– 276 с.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
КОМПЛЕКСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
