

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

17 января 2025 г.

Регистрационный № 13595/гэ.



ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

по специальности

1-31 03 08 Математика и информационные технологии (по направлениям)

направления специальности

1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии
(веб-программирование и интернет-технологии)

1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии
(математическое и программное обеспечение мобильных устройств)

2025 г.

Программа государственного экзамена по специальности 1-31 03 08 Математика и информационные технологии (по направлениям), направления специальности 1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии (веб-программирование и интернет-технологии), 1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии (математическое и программное обеспечение мобильных устройств) разработана на основе образовательного стандарта высшего образования для специальности 1-31 03 08 Математика и информационные технологии (по направлениям) ОСВО 1-31 03 08-2021; учебных программ по учебным дисциплинам: Алгебра и теория чисел, № УД – 10349/уч. от 02.07.2021; Геометрия № УД – 10180/уч. от 02.07.2021; Математический анализ № УД – 10480/уч. от 02.07.2021; Функциональный анализ № УД – 12314/уч. от 05.07.2023; Теория вероятностей и математическая статистика № УД – 12468/уч. от 29.06.2023; Дифференциальные уравнения № УД – 11173/уч. от 08.07.2022; Численные методы № УД – 10903/уч. от 01.07.2022; Веб-программирование УД – 10443/уч. от 02.07.2021; Операционные системы и сети УД – 10168/уч. от 02.07.2021; Базы данных № УД – 11150/уч. от 08.07.2022; Анализ и проектирование информационных систем № УД – 11544/уч. от 20.12.2022; Системная архитектура и управление проектами УД – 12443/уч. от 05.07.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

С.М. Босяков, декан механико-математического факультета, доктор физ.-мат. наук, профессор;

Д.Ф. Базылев, зав. кафедрой геометрии, топологии и методики преподавания математики, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

Н.В. Бровка, зав. кафедрой теории функций, доктор пед. наук, профессор;

А.Л. Гладков, зав. кафедрой интеллектуальных методов моделирования, доктор физ.-мат. наук, профессор;

Л.Л. Голубева, зав. кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

М.В. Игнатенко, зав. кафедрой веб-технологий и компьютерного моделирования, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

В.Г. Кротов, профессор кафедры теории функций, доктор физ.-мат. наук, профессор;

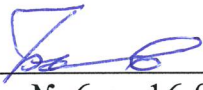
С.В. Тихонов, зав. кафедрой высшей алгебры и защиты информации, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

Н.Б. Яблонская, доцент кафедры общей математики и информатики, кандидат физ.-мат. наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Советом механико-математического факультета
(протокол № 4 от 17.12.2024);

Председатель Совета

механико-математического факультета  С.М. Босяков
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 08 Математика и информационные технологии (по направлениям), направления специальности 1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии (веб-программирование и интернет-технологии), 1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии (математическое и программное обеспечение мобильных устройств) разработана в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта I ступени 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 08 Математика и информационные технологии (по направлениям), направления специальности 1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии (веб-программирование и интернет-технологии), 1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии (математическое и программное обеспечение мобильных устройств).

В программу государственного экзамена включаются следующие учебные дисциплины: алгебра и теория чисел, геометрия, математический анализ, функциональный анализ, теория вероятностей и математическая статистика, дифференциальные уравнения, численные методы, веб-программирование, операционные системы и сети, базы данных, анализ и проектирование информационных систем, системная архитектура и управление проектами.

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:

- определения математических понятий, участвующих в формулировках теорем, которые он излагает;
- точные формулировки математических теорем;
- формулировки лемм и теорем, используемых при доказательствах;
- методы решения научно-технических и информационных задач;
- основные информационные технологии.

уметь:

- применять теорию к решению задач и иллюстрировать определения математических понятий и формулировки теорем простыми примерами;

- проверять выполнимость условий теорем, применяемых при доказательствах;
- применять современные информационные технологии и методы реализации решения прикладных задач.

владеть:

- способами использования математического аппарата для проведения исследований в области математики;
- современными вычислительными средствами.

Освоение образовательной программы высшего образования по специальности 1-31 03 08 Математика и информационные технологии (по направлениям), направления специальности 1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии (веб-программирование и интернет-технологии), 1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии (математическое и программное обеспечение мобильных устройств) должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

базовые профессиональные компетенции

БПК-2. Использовать понятия и методы вещественного, комплексного и функционального анализа и применять их для изучения моделей окружающего мира;

БПК-5. Применять основные алгебраические и геометрические понятия, конструкции и методы для решения теоретических и прикладных математических задач;

БПК-6. Применять современные технологии и базовые конструкции языков программирования для реализации алгоритмических прикладных задач и разработки веб-проектов;

БПК-7. Строить и анализировать дифференциальные модели реально происходящих явлений и процессов.

БПК-8. Строить и анализировать дифференциальные модели.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

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

В ходе подготовки, экзаменующиеся имеют право использовать учебные программы соответствующих дисциплин. 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 на государственном экзамене обучающемуся при освоении содержания образовательных программ высшего образования I ступени отводится не менее 30 минут не более одного астрономического часа, на сдачу государственного экзамена отводится до 30 минут.

СТРУКТУРА ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Вопросы экзаменационного билета по учебным дисциплинам: алгебра и теория чисел, геометрия, математический анализ, функциональный анализ, теория вероятностей и математическая статистика, дифференциальные уравнения, численные методы, веб-программирование, операционные системы и сети, базы данных, анализ и проектирование информационных систем, системная архитектура и управление проектами отражают содержание образовательной программы высшего образования по специальности 1-31 03 08 Математика и информационные технологии (по направлениям), направления специальности 1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии (веб-программирование и интернет-технологии), 1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии (математическое и программное обеспечение мобильных устройств).

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов, позволяющие оценить полученные в процессе обучения знания и практические навыки. Вопросы, выделенные жирным шрифтом, излагаются с доказательствами.

Характеристика теоретической части: формулировка вопроса в экзаменационном билете является краткой (в виде постановки вопроса).

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

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Раздел 1. Учебная дисциплина «Алгебра и теория чисел»

Тема 1. Арифметика целых чисел

Делимость целых чисел и ее свойства. Теорема о делении с остатком. Наибольший общий делитель. Алгоритм Евклида и запись НОД в виде целочисленной линейной комбинации. Взаимно простые числа, критерий взаимной простоты. Наименьшее общее кратное. Простые и составные числа, бесконечность множества простых чисел. Основная теорема арифметики.

Тема 2. Поле комплексных чисел

Определение комплексных чисел. Алгебраическая форма комплексного числа. Комплексное сопряжение. Комплексная плоскость. Модуль и аргумент комплексного числа. Тригонометрическая форма комплексного числа. Умножение и деление комплексных чисел в тригонометрической форме. Формула Муавра. Извлечение корня из комплексного числа.

Тема 3. Многочлены

Кольцо многочленов от одной переменной над полем. Степень многочлена и ее свойства. Теорема о делении с остатком для многочленов. Теорема Безу и следствия из нее. Неприводимые многочлены. Теорема о разложении многочлена на неприводимые множители. Значение многочлена в точке, корень многочлена. Кратность корня многочлена.

Тема 4. Матрицы и операции над ними

Понятие матрицы размера $m \times n$. Виды матриц: квадратная матрица, диагональная матрица, верхняя и нижняя треугольная матрица, единичная матрица, нулевая матрица, вектор-строка, вектор-столбец. Операции над матрицами: сложение и умножение матриц, умножение матрицы на скаляр, транспонирование. Свойства операций над матрицами. Обратная матрица, критерий существования и методы ее вычисления.

Тема 5. Определители

Определители второго и третьего порядков. Определитель квадратной матрицы произвольного порядка и его свойства. Определитель транспонированной матрицы. Миноры и алгебраические дополнения. Теорема Лапласа. Разложение определителя по строке и столбцу. Определитель произведения квадратных матриц.

Тема 6. Системы линейных уравнений

Матричная запись системы линейных уравнений. Теорема Кронекера-Капелли. Методы Гаусса и Крамера. Однородные системы, условие существования нетривиального решения. Фундаментальная система решений.

Тема 7. Векторные пространства

Определение и примеры. Система образующих, конечномерные пространства. Линейная зависимость и независимость векторов. Базис, размерность. Координаты вектора, их изменение при изменении базиса. Матрица перехода от одного базиса к другому, преобразование координат вектора. Сумма и пересечение подпространств. Ранг матрицы.

Тема 8. Линейные отображения

Линейное отображение, его ядро и образ. Алгебраические действия над линейными отображениями: сумма, умножение на константу, композиция. Линейный оператор и его матрица. Изменение матрицы оператора при переходе к другому базису. Матрица композиции и суммы линейных операторов.

Тема 9. Билинейные и квадратичные формы

Билинейная форма на векторном пространстве, ее матрица. Изменение матрицы билинейной формы при изменении базиса, ранг формы. Квадратичная форма и ее матрица. Канонический вид билинейной и квадратичной формы. Алгоритм Лагранжа приведения квадратичной формы к каноническому виду. Нормальный вид вещественной и комплексной квадратичных форм. Закон инерции вещественных квадратичных форм. Знакоопределенные квадратичные формы, критерий Сильвестра.

Тема 10. Евклидовы пространства

Евклидовы пространства. Длина вектора. Неравенство Коши-Буняковского. Угол между векторами. Ортогональный и ортонормированный базис. Ортогональное дополнение к подпространству. Разложение пространства в прямую сумму подпространства и его ортогонального дополнения.

Тема 11. Группы

Определение группы, подгруппы. Гомоморфизм, изоморфизм. Порядок элемента группы. Циклические подгруппы. Циклические группы, их классификация. Смежные классы по подгруппе, индекс подгруппы. Теорема Лагранжа и следствия из нее. Нормальная подгруппа. Факторгруппа. Основная теорема о гомоморфизмах групп.

Примерный перечень вопросов по Разделу 1. для подготовки к государственному экзамену:

1. Теорема о делении с остатком для целых чисел. Алгоритм Евклида. Простые и составные числа, бесконечность множества простых чисел. Основная теорема арифметики.

2. Комплексные числа. Алгебраическая и тригонометрическая форма комплексного числа. **Умножение комплексных чисел в тригонометрической форме.** Формула Муавра.

3. Матрицы и операции над ними. Виды матриц. Обратная матрица, критерий существования и методы ее вычисления.

4. Определители, их основные свойства. Теорема Лапласа. Разложение определителя по элементам строки (столбца). Определитель произведения матриц.

5. Системы линейных уравнений. **Теорема Кронекера-Капелли.** Методы Гаусса и Крамера. Системы однородных линейных уравнений.

6. Многочлены от одной переменной. Теорема о делении многочленов с остатком, теорема Безу. Корень многочлена, кратность корня, число корней многочлена. Неприводимые многочлены. Теорема о разложении многочлена в произведение неприводимых многочленов.

7. Векторные пространства. Линейная зависимость и независимость векторов. Базис, размерность, координаты вектора. Матрица перехода от одного базиса к другому. Ранг матрицы.

8. Линейное отображение векторных пространств, его ядро и образ. Матрица линейного оператора. Матрица суммы и произведения линейных операторов. Собственное число и собственный вектор оператора. Характеристический многочлен оператора и матрицы.

9. Билинейные и квадратичные формы. Канонический вид квадратичной формы. **Алгоритм Лагранжа приведения квадратичной формы к каноническому виду.**

10. Определение группы, подгруппы. Гомоморфизм, изоморфизм. Циклические подгруппы. Циклические группы, их классификация. Смежные классы, индекс подгруппы. Теорема Лагранжа и следствия из нее.

11. Евклидовы пространства. Длина вектора. **Неравенство Коши-Буняковского.** Ортогональный и ортонормированный базис. Ортогональное дополнение к подпространству. Разложение пространства в прямую сумму подпространства и его ортогонального дополнения.

Раздел 2. Учебная дисциплина «Геометрия»

Тема 1. Векторы

Понятие вектора в пространстве E^3 . Линейно зависимые и линейно независимые системы векторов, базисы и аффинные реперы. Координаты векторов и точек, скалярное, векторное и смешанное произведения векторов.

Тема 2. Аффинная геометрия

Уравнения прямых на плоскости E^2 , прямых и плоскостей в пространстве E^3 . Понятие аффинного пространства A^n , аффинные реперы в A^n . k -мерные плоскости в A^n , способы их задания, взаимное расположение двух плоскостей. Группы аффинных преобразований плоскости E^2 и пространства E^3 , аффинная геометрия.

Тема 3. Евклидовы пространства

Понятие евклидова точечного пространства E^n , ортогональность плоскостей в E^n . Расстояние между двумя плоскостями. Группы движений плоскости E^2 и пространства E^3 , евклидова геометрия.

Тема 4. Кривые и поверхности второго порядка

Эллипсы, гиперболы, параболы. Эллипсоиды, гиперболоиды, параболоиды, цилиндры и конусы второго порядка в пространстве E^3 . Фигуры второго порядка в пространствах A^n и E^n .

Примерный перечень вопросов по Разделу 2. для подготовки к государственному экзамену:

1. Векторы в пространстве E^3 , скалярное, векторное и смешанное произведения.

2. Уравнения прямых на плоскости E^2 , прямых и плоскостей в пространстве E^3 .

3. Эллипс, гипербола, парабола, их уравнения и свойства.

4. Кривые второго порядка на плоскости E^2 .

5. Понятие аффинного пространства A^n , примеры. Плоскости в A^n , их уравнения и взаимное расположение.

6. Понятие евклидова точечного пространства E^n . Ортогональность плоскостей в E^n . Расстояние от точки до плоскости.

Раздел 3. Учебная дисциплина «Математический анализ»

Тема 1. Множества и функции

Понятие множества, отношения включения и равенства множеств, операции над множествами. Отношения, отношение эквивалентности. Общее понятие функции, образы и прообразы элементов и множеств. Композиция, сюръекция, инъекция, биекция, обратная функция. Мощность множества.

Тема 2. Числа и последовательности

Множество вещественных чисел, его важнейшие подмножества. Точные границы числовых множеств. Определение предела последовательности. Предел монотонной последовательности, число Эйлера. Критерий Коши сходимости последовательности. Различные формы полноты множества вещественных чисел. Частичные пределы последовательности, верхний и нижний пределы.

Тема 3. Функции одной переменной и ряды

Определение предела функции в точке. Пять замечательных пределов. Определение непрерывности функции в точке и на множестве. Основные теоремы о функциях непрерывных на отрезке (Вейерштрасса и Больцано-Коши). Понятие равномерной непрерывности, теорема Кантора. Определение производной и дифференциала функции одной переменной, таблица производных. Основные теоремы о дифференцируемых функциях (Ферма, Лагранжа, Коши). Правила Лопиталя. Формула Тейлора с остатками Пеано и Лагранжа. Исследование функции с помощью производной (экстремумы, монотонность, выпуклость). Понятие первообразной и неопределенного интеграла, таблица интегралов. Определение интеграла Римана. Суммы Дарбу, критерий интегрируемости, классы интегрируемых функций. Формула Ньютона-Лейбница. Несобственные интегралы первого и второго рода. Понятие числового ряда. Абсолютная и условная сходимость числовых рядов. Признаки сходимости положительных рядов (Даламбера, Коши, Раабе, Гаусса). Признаки Дирихле и Абеля. Ряд Фурье, условия сходимости ряда Фурье (в точке и равномерной). Свойства суммы функционального ряда (непрерывность, дифференцируемость, интегрируемость).

Тема 4. Функции многих переменных

Понятие дифференцируемости функций многих переменных. Частные производные, производная по направлению, градиент и его геометрический смысл. Матрица Якоби. Теоремы о неявной и обратной функции. Экстремумы функций многих переменных. Необходимое условие, достаточные условия существования экстремума.

Тема 5. Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы

Определение интеграла Римана на евклидовых пространствах. Определение криволинейных интегралов 1-го и 2-го рода. Формула Грина.

Примерный перечень вопросов по Разделу 3. для подготовки к государственному экзамену:

1. Множество вещественных чисел. Важнейшие подмножества в $\mathbb{R}$ и их мощность. Теорема Кантора о несчетности множества вещественных чисел.

2. Числовые множества и их границы. Теорема Дедекинда о существовании точных границ.

3. Предел последовательности и его свойства (единственность, операции над последовательностями, предельный переход в неравенствах). **Теорема о пределе монотонной последовательности.** Число Эйлера.

4. Критерий Коши сходимости последовательности. Предельная точка множества в $\mathbb{R}$, лемма Больцано-Вейерштрасса о существовании предельной точки.

5. Теорема Кантора о стягивающейся последовательности отрезков. **Лемма Бореля-Лебега о покрытиях отрезка интервалами.**

6. Предел функции в точке и непрерывность. Основные теоремы о непрерывных функциях (две теоремы Больцано-Коши, две теоремы Вейерштрасса).

7. Производная и дифференцируемость, правила дифференцирования. Производная композиции, производная обратной функции.

8. Теоремы Ферма, Ролля, **Лагранжа (о конечных приращениях)**, Коши (об отношении приращений).

9. **Правила Лопиталя раскрытия неопределенностей.**

10. Формула Тейлора с остатками в форме Пеано и Лагранжа.

11. Определение интеграла Римана для функций одной переменной. Необходимое условие интегрируемости. Суммы Дарбу и их свойства, критерий интегрируемости. Классы интегрируемых функций.

12. Дифференцируемость интеграла с переменным верхним пределом. **Существование первообразной для непрерывной функции, формула Ньютона-Лейбница.** Интегрирование по частям и замена переменных в определенном интеграле.

13. Понятие числового ряда, сходящиеся и расходящиеся ряды. Критерий Коши сходимости числовых рядов. Признаки сходимости положительных рядов (Коши с корнем, Даламбера, Гаусса).

14. Абсолютная и условная сходимость числовых рядов. **Признаки Дирихле и Абеля.**

15. Функциональные ряды и последовательности. Равномерная сходимость. Критерий Коши равномерной сходимости. Признаки Вейерштрасса, Абеля и Дирихле для равномерной сходимости.

16. Интегральные представления частичных сумм тригонометрического ряда Фурье. Лемма Римана-Лебега. Принцип локализации. Условия сходимости рядов Фурье (в точке и равномерной).

17. Дифференцируемость и частные производные функции многих переменных, производная по направлению, градиент. Производные высших порядков, теорема Шварца о равенстве смешанных производных.

18. Локальные экстремумы функций одной и многих переменных. Необходимые условия и достаточные условия локального экстремума функции.

19. Теоремы о неявной и обратной функциях, условия их дифференцируемости и формулы для производных.

20. Мера Жордана в R^n и ее свойства: монотонность, аддитивность, субаддитивность.

21. Интеграл Римана в R^n и его свойства. Сведение интеграла к повторному (теорема Фубини), замена переменной в кратном интеграле.

22. Криволинейные интегралы и их основные свойства. Формула Грина.

Раздел 4. Учебная дисциплина «Функциональный анализ»

Тема 1. Мера и интеграл Лебега

Кольца, алгебры, σ -алгебры множеств. Мера на кольце множеств. σ -аддитивная мера на кольце множеств. Борелевские множества, продолжение меры по Лебегу. Измеримые множества. Измеримые функции. Интеграл Лебега.

Тема 2. Метрические и нормированные пространства

Сходящаяся последовательность, последовательность Коши в метрических пространствах. Сходимость функциональных последовательностей: точечная сходимость, сходимость почти всюду, равномерная сходимость. Отображения: непрерывные, равномерно непрерывные, удовлетворяющие условию Липшица. Полное метрическое пространство. Принцип сжимающих отображений. Пополнение метрического пространства. Всюду плотное множество. Норма на векторном пространстве. Банахово пространство. Пространства суммируемых функций.

Тема 3. Линейные операторы

Линейный ограниченный оператор. Норма линейного ограниченного оператора. Линейные интегральные операторы. Образ, ядро, график линейного оператора. Обратимый оператор. Собственные значения и собственные векторы линейного оператора. Спектр линейного оператора.

Тема 4. Гильбертовы пространства

Скалярное произведение. Гильбертово пространство. Ортогональные векторы. Проекция вектора. Базис в нормированном векторном пространстве, в гильбертовом пространстве. Ряд Фурье по ортонормированной системе в гильбертовом пространстве.

Примерный перечень вопросов по Разделу 4. для подготовки к государственному экзамену:

1. Полные метрические пространства. Принцип вложенных шаров. Теорема Бэра.

2. Неравенства Юнга, Гельдера, Минковского. Пространства $L_p[0,1]$ их полнота.

3. Принцип сжимающих отображений.

4. Применение принципа сжимающих отображений к интегральным уравнениям в пространствах $C[a,b]$ и $L_2(T,\mu)$.

5. Векторные пространства. Понятие топологического векторного пространства. Норма и полунорма. Нормированные пространства.

6. Линейные ограниченные операторы. Норма оператора. Интегральные операторы в пространствах $C[0,1]$ и $L_2[0,1]$.

7. Скалярное произведение. Гильбертовы пространства.

8. Теорема о проекции в гильбертовом пространстве.

9. Теорема об обратимости оператора, близкого к единичному.

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

Тема 1. Вероятность

Элементарное событие, случайное событие, пространство элементарных событий. Алгебра и σ -алгебра событий. Вероятностное пространство, вероятность. Классическое, конечное, дискретное, геометрическое вероятностные пространства. Условная вероятность, независимость событий. Формула полной вероятности. Формула Байеса. Схема Бернулли. Теоремы Пуассона и Муавра – Лапласа.

Тема 2. Случайные величины и независимость

Случайная величина, ее функция распределения. Дискретные и абсолютно непрерывные распределения. Нормальная случайная величина. Независимость случайных величин. Математическое ожидание, дисперсия, коэффициент корреляции. Неравенство Чебышева.

Тема 3. Последовательности случайных величин

Последовательности случайных величин. Виды сходимости случайных величин. Закон больших чисел для независимых и одинаково распределенных случайных величин с конечной дисперсией. Центральная предельная теорема для независимых и одинаково распределенных случайных величин.

Тема 4. Математическая статистика

Выборка, вариационный ряд выборки, статистика. Точечные оценки параметров. Несмещенность, состоятельность. Интервальные оценки параметров, доверительный интервал, коэффициент доверия. Статистическая гипотеза, статистический критерий, ошибки первого и второго рода. Линейная регрессия, метод наименьших квадратов.

Примерный перечень вопросов по Разделу 5. для подготовки к государственному экзамену:

1. Вероятностное пространство. Аксиоматика Колмогорова.

2. Условные вероятности. Теоремы умножения. Независимость событий, попарная и в совокупности.

3. Формулы полной вероятности и Байеса.

4. Схема независимых испытаний Бернулли. Теоремы Пуассона и Муавра – Лапласа.

5. Случайная величина. Функция распределения случайной величины.

6. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины.

Неравенство Чебышева.

7. Независимость случайных величин. Коэффициент корреляции.

8. Виды сходимости последовательностей случайных величин.

9. **Закон больших чисел для независимых и одинаково распределенных случайных величин с конечной дисперсией.**

10. Центральная предельная теорема для независимых и одинаково распределенных случайных величин.

11. Точечные и интервальные оценки параметров. Несмещенность, состоятельность точечной оценки. Доверительный интервал, коэффициент доверия.

12. Статистическая гипотеза, статистический критерий, ошибки первого и второго рода.

13. Линейная регрессия, метод наименьших квадратов.

Раздел 6. Учебная дисциплина «Дифференциальные уравнения»

Тема 1. Основные понятия

Обыкновенные дифференциальные уравнения, поле направлений, решение, интегральная кривая, задача Коши.

Тема 2. Уравнения 1-го порядка

Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка с разделяющимися переменными, линейные, Риккати и в полных дифференциалах.

Тема 3. Системы и уравнения n -го порядка

Фундаментальная система решений однородных линейных дифференциальных уравнений n -го порядка. Метод вариации произвольных постоянных для неоднородных линейных дифференциальных уравнений n -го порядка.

Тема 4. Особые точки и устойчивость

Особые точки автономных систем: узел, седло, фокус, центр. Устойчивость решений по Ляпунову, функции Ляпунова.

Примерный перечень вопросов по Разделу 6. для подготовки к государственному экзамену:

1. Критерий уравнения в полных дифференциалах.

2. Базис пространства решений линейного дифференциального уравнения n -го порядка.

3. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для систем дифференциальных уравнений.

4. Линейные однородные дифференциальные уравнения 2-го порядка. Колебательный характер решений.

5. Линейные уравнения в частных производных первого порядка. Задача Коши. Схема её решения.
6. Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера.
7. Особые точки автономных систем: узел, седло, фокус, центр.
8. Понятие устойчивости решений дифференциальных уравнений. Метод функций Ляпунова.

Раздел 7. Учебная дисциплина «Численные методы»

Тема 1. Приближение функций и численное интегрирование

Методы приближения функций. Интерполяция и аппроксимация. Приближенное вычисление интегралов.

Тема 2. Системы линейных алгебраических уравнений и проблема собственных значений

Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Условие сходимости и оптимальное значение итерационного параметра в методе простых итераций. Методы решения проблемы собственных значений.

Тема 3. Системы нелинейных уравнений

Метод простой итерации для численного решения нелинейных уравнений, условие сходимости. Метод Ньютона для решения нелинейных уравнений и систем (локальная сходимость, квадратичная скорость сходимости). Модификации метода Ньютона.

Тема 4. Численные методы решения дифференциальных задач.

Методы Эйлера и Рунге-Кутты для решения задачи Коши. Явные и неявные многошаговые численные методы, методы Адамса. Численные методы решения задачи Коши для жестких систем ОДУ.

Тема 5. Разностные схемы

Основные понятия теории разностных схем (сеточный шаблон, аппроксимация, устойчивость, сходимость). Разностные схемы для уравнений в частных производных. Канонический вид и условие сходимости двухслойных разностных схем. Связь аппроксимации, устойчивости и сходимости.

Примерный перечень вопросов по Разделу 7. для подготовки к государственному экзамену:

1. Метод простой итерации для решения нелинейных уравнений $f(x)=0$. **Теорема о сходимости метода простой итерации.**
2. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений в частных производных (сеточный шаблон, аппроксимация, устойчивость, сходимость).
3. Метод простых итераций для решения систем линейных алгебраических уравнений. Условие сходимости и оптимальное значение итерационного параметра.
4. Метод Ньютона и его модификации для решения нелинейных уравнений и систем. Локальность и квадратичная скорость сходимости метода Ньютона.

5. Методы Рунге-Кутты для численного решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

6. Методы численного решения задачи Коши для жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Раздел 8. Учебная дисциплина «Веб-программирование»

Тема 1. Интернет. Основные понятия

Основные понятия, технологии и протоколы, обеспечивающие работу глобальной сети. Web – дизайн и проектирование. Этапы создания сайта. Современные подходы к промышленному созданию веб-сервисов и приложений.

Тема 2. Язык разметки гипертекста HTML

Спецификация HTML5. Структура HTML-документа. Валидация HTML кода. Семантическая верстка. Основные тэги. Спецификация CSS3. Таблицы стилей, специфичность. Псевдостили и псевдоэлементы. Библиотеки и фреймворки, используемые при создании сайтов. Методологии верстки html страниц. Резиновая верстка, отзывчивый дизайн/адаптивная верстка. Ключевые различия.

Тема 3. JavaScript

Типы данных. Переменные. Функции и замыкания. Массивы. Объекты. Работа с DOM. События, делегирование. Способы назначения обработчиков событий. Асинхронность в JavaScript: Event Loop, Callback, Promise. Модули в JavaScript.

Тема 4. Использование библиотек для создания клиентских приложений

Основные концепции React.js: JSX, компоненты, иммутабельность, hook, Context API. Оптимизация производительности React.js приложений: причины и варианты решения. Минификация и сборка проекта. Размещение проекта в сети.

Тема 5. Создание серверных приложений

JavaScript на сервере. Технологии NodeJS Серверная технология PHP. Переменные, типы данных в PHP. Основные отличия синтаксиса PHP от JavaScript. Взаимодействие с клиентом, передача параметров.

Примерный перечень вопросов по Разделу 8. для подготовки к государственному экзамену:

1. Основные понятия в организации и передаче информации в Интернете. Протоколы интернет. Методы HTTP-запросов.

2. Как браузер интерпретирует и отображает файлы HTML. Понятие DOM. Способы отладки и профайлинга Frontend приложений в браузере (debugger, DevTools/ Performance, расширения React/Redux)

3. Семантика тегов в HTML5. Структура HTML документа. CSS – иерархия стилей, наследование. Специфичность стилей.

4. Методологии верстки html страниц. Резиновая верстка, отзывчивый дизайн/адаптивная верстка. Ключевые различия. Верстка с помощью библиотек.

6. Типы данных в JavaScript. Функции и замыкания в JavaScript. Классы в JavaScript.

5. Асинхронность в JavaScript: Event Loop, Callback, Promise.

7. События в JavaScript. Способы назначения обработчиков событий. Фазы всплытие/погружение событий. Делегирование событий.

8. Основные концепции React.js: JSX, компоненты, иммутабельность, hook, Context API. Оптимизация производительности React.js приложений: причины и варианты решения.

9. Серверная технология PHP. Переменные, типы данных в PHP. Основные отличия синтаксиса PHP от JavaScript.

Раздел 9. Учебная дисциплина «Операционные системы и сети»

Тема 1. Внутреннее устройство операционных систем

Структура операционной системы. Стандарт POSIX. Режимы выполнения программ. Понятие процесса и потока. Управление памятью. Операции ввода-вывода.

Тема 2. Файловые системы

Файловые системы Linux. Файловые системы Windows. Работа с файлами в Linux.

Тема 3. Безопасность в операционных системах

Методы обеспечения безопасности. Учетные записи. Права доступа.

Тема 4. Методы обеспечения многозадачности в ОС

Процессы, потоки, волокна. Межпроцессное взаимодействие. Синхронизация.

Тема 5. Взаимодействие ОС с аппаратным обеспечением

Виды драйверов в Linux. Процесс создания пользовательского драйвера.

Тема 6. Обзор ОС для мобильных устройств

Виды ОС для мобильных устройств, их история и функциональные возможности.

Тема 7. Введение в компьютерные сети

Типы компьютерных сетей. Классификация сетей. Аппаратные средства компьютерных сетей. Методы доступа к среде передачи данных.

Тема 8. Протоколы компьютерных сетей

Понятие протокола и интерфейса. Модель OSI. Стек протоколов TCP/IP. IP адреса и классы IP сетей. Маска подсети. IPv6.

Тема 9. Назначение адресов в сети

Ручное назначение адресов. Протоколы DHCP и DNS

Тема 10. Маршрутизация

Статическая и динамическая маршрутизация. Административное расстояние. Протоколы маршрутизации.

Тема 11. Трансляция адресов

Понятие NAT и PAT. Статическая и динамическая NAT. Настройка трансляции адресов на роутере.

Тема 12. Беспроводные сети

Достоинства и недостатки беспроводных сетей. Сети WiFi. Сети GSM. Сети WPAN: технологии Bluetooth и ZigBee.

Тема 13. Виртуальные локальные сети

Понятие VLAN. Виды VLAN. Способы создания VLAN.

Тема 14. Безопасность в компьютерных сетях

Классификация угроз компьютерным сетям. Понятие информационной безопасности. Стандарты и классы безопасности. Методы и средства обеспечения информационной безопасности.

Тема 15. Виртуальные частные сети

Понятие виртуальной частной сети (VPN). Основные компоненты VPN. Протоколы для работы в VPN. Защита данных в VPN.

Примерный перечень вопросов по Разделу 9. для подготовки к государственному экзамену:

1. Структура операционной системы.
2. Режимы выполнения программ операционной системой.
3. Понятие процесса и потока. Модель процесса.
4. Виды алгоритмов планирования процессов.
5. Модель OSI.
6. Стек протоколов TCP/IP.
7. Маршрутизация. Протоколы маршрутизации.

Раздел 10. Учебная дисциплина «Базы данных»

Тема 1. Базы данных

Проектирование структуры базы данных. Виды баз данных. Нормализация отношений в реляционной базе данных. Конструирование запросов к базе данных.

Примерный перечень вопросов по Разделу 10. для подготовки к государственному экзамену:

1. Отношения. Теоретико-множественные операции над отношениями.
2. Нормальные формы. Первая, вторая, третья нормальные формы. Приведение отношения к третьей нормальной форме.
3. Основные конструкции языка SQL. Создание объектов базы данных. Манипулирование данными.
4. Оператор SELECT. Использование условий поиска. Получение итоговых данных. Сортировка результатов запроса.

Раздел 11. Учебная дисциплина «Анализ и проектирование информационных систем»

Тема 1. Проектирование на основе анализа требований и тестирования

Методы установления требований. Предварительное тестирование на этапе анализа требований.

Тема 2. Принципы построения проекта

Разработка проектной документации. Диаграммы развертывания и размещения.

Тема 3. Диаграммы состояний и деятельности. Бизнес-процесс

Моделирование динамических аспектов системы. События, состояния и переходы. Жизненный цикл объекта.

Примерный перечень вопросов по Разделу 11. для подготовки к государственному экзамену:

1. Понятие проекта информационной системы. Особенности современных проектов информационной системы и их классификация.
2. Структура проекта информационной системы.
3. Процесс проектирования. Цель, задачи проектирования.
4. Методы проектирования информационных систем, их классификация.
5. Методология проектирования. Задачи методологии проектирования.

Раздел 12. Учебная дисциплина «Системная архитектура и управление проектами»

Тема 1. Инициация проекта и нахождение ценностной ниши

Ключевые сущности проектного управления (альфы) по SEMAT Essence и их состояния. Основные этапы V-диаграммы проекты. Использование Wardley Map, форсайта, и стратегии голубого океана для нахождения ценностных ниш.

Тема 2. Архитектура предприятия

Архитектурное представления предприятия на основе Achimate и Togaf. Практики управления операционным уровнем на основе ITIL и CMMI. Понятия бизнес-сервиса и его уровня SLA.

Тема 3. Проектное управление

Выбор между жесткими и гибкими методологиями управления проектом. Особенности и ключевые практики проектного управления по Kanban и Scrum. Оценка рисков и трудоемкости проекта. Управление проектными буферами и понятие критической цепи по Голдратту.

Тема 4. Техническая архитектура

Ключевые программные продукты уровня обработки потоковых данных, больших данных, поиска, OLAP / OLTP и аналитических баз данных, озер данных, размещением контейнеров.

Тема 5. Архитектура моделирования

Архитектура использование моделей машинного обучения в контексте управления финансовыми активами. Предварительная обработка данных, поиск факторов, портфельное управление и хеджирование, прогнозирование в условиях смены режимов рынка и неопределенности.

Примерный перечень вопросов по Разделу 12. для подготовки к государственному экзамену:

1. Основные понятия проектного управления по SEMAT Essence. V диаграмма проекта и проектные роли.

2. Гибкие и жесткие методологии проектного управления. Основные практики и понятия в Scrum и Kanban.
3. Моделирование предприятия с помощью Archimate.
4. Практики операционного уровня деятельности предприятия: ITIL и СММІ.
5. Юнит-экономика и ключевые продуктовые метрики.
6. Конкурентный анализ, использование форсайт-методов и Wardley Map для анализа рыночных возможностей. Стратегическая канва.
7. Оценка трудоемкости разработки программного обеспечения, работа с сетевым графиком проекта и проектными рисками.
8. Использование моделей машинного обучения для факторного инвестирования и ротации факторов, поиска преимуществ для хедж-фондов.
9. Обнаружение выбросов и аномалий в потоке финансовых данных. Использование VPIN и смежных методов для выявления информированного участника.
10. Hierarchical Risk Parity и смежные кластерные методы оптимизации инвестиционных портфелей.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Глухов, М. М. Алгебра : учебник для вузов / М. М. Глухов, В. П. Елизаров, А. А. Нечаев. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 608 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : <https://e.lanbook.com/book/187793>.
2. Проскуряков, И. В. Сборник задач по линейной алгебре : учебное пособие для вузов / И. В. Проскуряков. – 16-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 476 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : <https://e.lanbook.com/book/183752>
3. Каргаполов, М. И. Основы теории групп : учебное пособие для вузов / М. И. Каргаполов, Ю. И. Мерзляков. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 288 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : <https://e.lanbook.com/book/238481>
4. Мартынов, Л. М. Алгебра и теория чисел для криптографии : учебное пособие для вузов / Л. М. Мартынов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 456 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : <https://e.lanbook.com/book/189446>
5. Виноградов, И. М. Основы теории чисел : учебное пособие [для вузов] / И. М. Виноградов. – Изд. 15-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 176 с. <https://e.lanbook.com/book/298499>
6. Александров, П. С. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры : учебник для вузов / П. С. Александров. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 512 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/242861>.
7. Березкина, Л. Л. Аналитическая геометрия и линейная алгебра : учебник / Л. Л. Березкина. – Минск : РИВШ, 2022. – 412 с.
8. Зорич, В. А. Математический анализ : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 01.05.01 Фундаментальные математика и механика и направлениям 01.03.01 Математика, 01.03.03 Механика и математическое моделирование, 02.03.01 Математика и компьютерные науки : в 2 ч. / В. А. Зорич. – Изд. 12-е, стер. – Москва : МЦНМО, 2023. – 564 с.
9. Демидович, Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу : учебное пособие [для студентов физических и механико-математических специальностей вузов] / Б. П. Демидович. – Изд. 24-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2022. – 623 с. – <https://reader.lanbook.com/book/332675>.
10. Васильев, И. Л. Математический анализ. Задачи и упражнения : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим специальностям : в 3 ч. / И. Л. Васильев и др. – Минск : Вышэйшая школа, 2022. – Ч. 1. – 2022. – 293 с.
11. Бондарев, С. А. Математический анализ. Задачи и упражнения : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим специальностям : в 3 ч. / С. А. Бондарев и др. – Минск : Вышэйшая школа, 2023. – Ч. 2. – 2023. – 355 с.

12. Бровка, Н. В. Практикум по математическому анализу : учебное пособие : в 3 ч. / Н. В. Бровка, А. В. Ляцкая, А. П. Карпова – Минск : БГУ, 2023. – Ч. 1. – 455 с. – <https://elib.bsu.by/handle/123456789/303294>.
13. Люстерник, Л. А. Краткий курс функционального анализа : учебное пособие / Л. А. Люстерник, В. И. Соболев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 272 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : – <https://e.lanbook.com/book/210290>.
14. 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>.
15. Филимоненкова, Н. В. Конспект лекций по функциональному анализу : учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 176 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система – URL : – <https://e.lanbook.com/book/212048>.
16. Филимоненкова, Н. В. Сборник задач по функциональному анализу : учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 240 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : – <https://e.lanbook.com/book/212057>.
17. 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.
18. 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.
19. Севастьянов, Б. А. Курс теории вероятностей и математической статистики : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Математика" и "Механика" / Б. А. Севастьянов. – Изд. стер. – Москва : URSS : ЛЕНАНД, 2022. – 255 с.
20. Бибиков, Ю. Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений / Ю. Н. Бибиков. – 2-е изд., стер. – Москва : "Лань", 2022. – 304 с.
21. Филиппов, А. Ф. Введение в теорию дифференциальных уравнений : Учебник / А. Ф. Филиппов. – 5-е изд. сер. Классический учебник МГУ. – М. : Ленард, 2024. – 248 с.
22. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : учебное пособие / Г. И. Марчук. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 608 с.
23. Фаддеев, Д. К. Вычислительные методы линейной алгебры : учебник / Д.К. Фаддеев, В.Н. Фаддеева. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 736 с.
24. Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики : учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – 8-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 672 с.
25. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учебное пособие / Б. П.

Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 400 с.

26. Гулин, А. В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 368 с.

27. Диков, А.В. Клиентские технологии веб-программирования : JavaScript и DOM : учебное пособие / А.В. Диков. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 124 с.

28. Татро, К. Создаем динамические веб-сайты на PHP = Programming PHP. Creating Dynamic Web Pages / Кевин Татро, Питер Макинтайр ; [пер. с англ. Е. Матвеева]. – 4-е междунар. изд. – Санкт-Петербург ; Москва ; Минск : Питер, 2021. – 541 с.

29. Таненбаум, Э. Современные операционные системы : перевод с английского / Э.Таненбаум. – 4-е изд. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, Питер принт, 2021. – 1119 с.

30. Колисниченко, Д. Linux. От новичка к профессионалу : [наиболее полное руководство : + материалы на www.bhv.ru] / Денис Колисниченко. – 8-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2023. – 685 с.

31. Давидовская, М.И. Операционная система LINUX : пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по математическим и физическим специальностям профиля образования «естественные науки, математика и статистика» / М. И. Давидовская. – Минск : БГУ, 2023. – 220 с.

32. Олифер, В. Компьютерные сети : принципы, технологии, протоколы : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» и по специальностям «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», «Автоматизированные машины, комплексы, системы и сети», «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»] / Виктор Олифер, Наталья Олифер. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер Прогресс книга, 2024. – 1007 с.

33. Таненбаум, Э. Компьютерные сети : перевод с английского / Эндрю Таненбаум, Ник Фимстер, Дэвид Уэзеролл. – 6-е изд. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2023. – 989 с.

34. Волк, В. К. Базы данных. Проектирование, программирование, управление и администрирование : учебник для вузов / В. К. Волк. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 352 с. <https://library.bsu.by:2896/book/193373>.

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

36. 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)" / В. В. Скакун ; БГУ. – Минск : БГУ, 2020. – 159 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/258089>.

37. Маран, М. М. Программная инженерия : учебное пособие для вузов / М. М. Маран. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 194 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/189470>.

38. Мартин, Р. Чистый Agile. Основы гибкости / Р. Мартин. – Санкт-Петербург; Москва ; Минск : Питер, 2022. – 270 с. – URL : <https://ibooks.ru/bookshelf/371720/reading>.

39. Мартин, Р. Идеальная работа. Программирование без прикрас / Р. Мартин. – Санкт-Петербург ; Москва ; Минск : Питер, 2022. – 380 с.

40. Безродный, А. А. Технологии проектирования информационных систем : учебное пособие для студ. учреждений высшего образования / А. А. Безродный. – Минск : РИВШ, 2024. – 415 с. – URL : <https://elib.bsu.by/handle/123456789/318898>.

41. Флегонтов, А. В. Моделирование информационных систем. Unified Modeling Language : учебное пособие / А. В. Флегонтов, И. Ю. Матюшичев. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 111 с. – URL : <https://reader.lanbook.com/book/206051>.

42. Левенчук, А. Практическое системное мышление / Левенчук Анатолий. – Редейро, 2023. – 430 с.

43. Дорф, Б. Стартап. Настольная книга основателя / Дорф Боб, Бланк Стив. – Альпина Паблишер, 2021. – 624 с.

44. Винс, Р. Математика управления капиталом. Методы анализа риска для трейдеров и портфельных менеджеров / Винс Ральф. – Интеллектуальная Литература, 2023. – 415 с.

Дополнительная литература

1. Беньш-Кривец, В. В. Лекции и семинары по алгебре : группы, кольца, поля. / В. В. Беньш-Кривец, Г. Е. Пунинский. – Минск : БГУ, 2015. – 152 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/149209>.

2. Беньш-Кривец, В. В. Лекции и семинары по алгебре : основные понятия алгебры и теории чисел. / В. В. Беньш-Кривец, Г. Е. Пунинский. – Минск : БГУ, 2015. – 116 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/149208>.

3. Винберг, Э. Б. Курс алгебры / Э. Б. Винберг. – Москва : Изд-во МЦНМО, 2019. – 592 с.

4. Милованов, М. В. Алгебра и аналитическая геометрия / М. В. Милованов, Р. И. Тышкевич, А. С. Феденко. – Минск : Амалфея, 2001. – Ч. 1. – 400 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13295>.

5. Милованов, М. В. Алгебра и аналитическая геометрия / М. В. Милованов, М. М. Толкачев, Р. И. Тышкевич, А. С. Феденко. – Минск : Амалфея, 2001. – Ч. 2. – 353 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13296>.

6. Бурдун, А. А. Сборник задач по алгебре и аналитической геометрии : Учеб. пособие для студ. мат. и физических спец. ун-тов / А. А. Бурдун, Е. А. Мурашко, М. М. Толкачев, А. С. Феденко ; Под ред. А. С. Феденко. – 2-е изд. – Минск : Універсітэцкае, 1999. – 302 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13294>.

7. Монахов, В. С. Алгебра и теория чисел : практикум : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В. С. Монахов, А. В. Бузланов. – Минск : Изд. центр БГУ, 2007. – 264 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13297>.

8. Фаддеев, Д. К. Задачи по высшей алгебре : учебник / Д. К. Фаддеев, И. С. Соминский. – 17-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 288 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : <https://e.lanbook.com/book/210164>.
9. Кострикин, А. И. Введение в алгебру : учебник для студ. ун-тов, обуч. по спец. "Математика" и "Прикладная математика". В 3 ч. : Ч. 1 : Основы алгебры / А. И. Кострикин. – Москва : МЦНМО, 2022. – 271 с.
10. Кострикин, А. И. Введение в алгебру : учебник для студ. ун-тов, обуч. по спец. "Математика" и "Прикладная математика". В 3 ч. : Ч. 2 : Линейная алгебра / А. И. Кострикин. – Москва : МЦНМО, 2022. – 367 с.
11. Кострикин, А. И. Введение в алгебру : учебник для студ. ун-тов, обуч. по спец. "Математика" и "Прикладная математика". В 3 ч. : Ч. 3 : Основные структуры алгебры / А. И. Кострикин. – Москва : МЦНМО, 2022. – 271 с.
12. Дыбкова, Е. В. Задачи по алгебре. Основы теории групп / Е. В. Дыбкова, И. Б. Жуков, А. А. Семенов, Р. А. Шмидт. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 1996. – 32 с.
13. Размыслович, Г. П. Геометрия и алгебра. В 5 ч. : Ч. 1 : Матрицы, определители, системы линейных уравнений : пособие для студентов факультета прикладной математики и информатики / Г. П. Размыслович. – Минск : БГУ, 2010. – 73 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/2336>.
14. Размыслович, Г. П. Геометрия и алгебра : пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики. В 5 ч. : Ч. 2 : Векторные пространства / Г. П. Размыслович; БГУ, Фак. прикладной математики и информатики, Каф. высшей математики. – Минск : БГУ, 2013. – 56 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/50318>.
15. Размыслович, Г. П. Геометрия и алгебра : учебные материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики. В 5 ч. : Ч. 3 : Линейные и билинейные отображения векторных пространств / Г. П. Размыслович. – Минск : БГУ, 2014. – 71 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/98210>.
16. Размыслович, Г. П. Геометрия и алгебра : учебные материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики. В 5 ч. : Ч. 4 : Полиномиальные и нормальные формы матриц. Евклидово и унитарное пространства / Г. П. Размыслович. – Минск : БГУ, 2014. – 65 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/105019>.
17. Кононов, С. Г. Аналитическая геометрия : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по математическим спец. / С. Г. Кононов ; БГУ. – Минск : БГУ, 2014. – 238 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/113440>.
18. Кострикин, А. И. Линейная алгебра и геометрия : учебное пособие / А. И. Кострикин, Ю. И. Манин. – М., Наука, 1986. – 303 с.
19. Постников, М. М. Лекции по геометрии. Семестр I. Аналитическая геометрия : учебное пособие / М. М. Постников. – М. : Наука, 1979. – 336 с.
20. Кротов, В. Г. Математический анализ : учеб. пособие для студ. уво по математическим спец. / В. Г. Кротов ; БГУ. – Минск : БГУ, 2017. – 375 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/191394>.

21. Кудрявцев, Л. Д. Краткий курс математического анализа. Т.1. Дифференциальное и интегральное исчисления функций одной переменной. Ряды : Учебник / Л. Д. Кудрявцев. – 5-е изд., перераб. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2021. – 444 с.
22. Кудрявцев, Л. Д. Краткий курс математического анализа. Т.2. Дифференциальное и интегральное исчисления функций многих переменных. Гармонический анализ : Учебник / Л. Д. Кудрявцев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 467 с.
23. Сборник задач по математическому анализу : в 3 т. / Л. Д. Кудрявцев [и др.] ; под ред. Л. Д. Кудрявцева. – М. : Наука, 1984–1994. – 3 т.
24. Антоневиц, А. Б. Функциональный анализ и интегральные уравнения : учебник для студ. мат. спец. вузов / А. Б. Антоневиц, Я. В. Радыно. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск : БГУ, 2006. – 431 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/28955>.
25. Радыно, Я. В. Задачи и упражнения по курсу "Функциональный анализ" : учеб.-метод. пособие для студ. мех.-мат. фак. / Я. В. Радыно, В. И. Чесалин, А. Г. Яблонская ; БГУ, Мех.-мат. фак., Каф. функционального анализа. – Минск : БГУ, 2013. – 40 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/57562>.
26. Антоневиц, А. Б. Функциональный анализ и интегральные уравнения : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по мат. спец. / А. Б. Антоневиц, М. Х. Мазель, Я. В. Радыно. – Минск : БГУ, 2011. – 319 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/14907>.
27. Ивченко, Г. И. Математическая статистика / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. – Москва : Высш. шк., 1984. – 248 с.
28. Лагутин, М. Б. Наглядная математическая статистика : учебное пособие / М. Б. Лагутин. – 10-е издание. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2024. – 472 с.
29. Лазакович, Н. В. Теория вероятностей : учебник / Н. В. Лазакович, С. П. Сташулёнок, О. Л. Яблонский. – 3-е изд., с изм. – Минск : БГУ, 2013. – 335 с. – <http://elib.bsu.by/handle/123456789/93935>.
30. Лазакович, Н. В. Курс теории вероятностей : электронное учебное пособие / Н. В. Лазакович, С. П. Сташулёнок, О. Л. Яблонский. – Минск : Электронная книга БГУ, 2003. – 322 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/10291>.
31. Лазакович, Н. В. Теория вероятностей : учебное пособие / Н. В. Лазакович, С. П. Сташулёнок. – Минск : БГУ, 2003. – 259 с.
32. Теория вероятностей : практикум : учеб. пособие для студ вузов по мат. спец. В 2 ч. : Ч. 1 / Н. В. Лазакович [и др.] ; под ред. Н. В. Лазаковича. – Минск : БГУ, 2011. – 147 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/38806>.
33. Теория вероятностей : практикум : учеб. пособие для студ вузов по мат. спец. В 2 ч. : Ч. 2 / Н. В. Лазакович [и др.] ; под ред. Н. В. Лазаковича. – Минск : БГУ, 2014. – 175 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/113437>.
34. Амелькин, В. В. Дифференциальные уравнения : учеб. пособие / В. В. Амелькин. – Минск : БГУ, 2012. – 288 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43871>.

35. Прохорова, Р. А. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. пособие / Р. А. Прохорова. – Минск : БГУ, 2017. – 335 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/205697>.
36. Волков, В. М. Численные методы : учеб.-метод. пособие для студ. учреждений высш. образования, обуч. по спец. 1-31 03 08 "Математика и инф. технологии (по напр.)". В 2 ч. : Ч. 1 / В. М. Волков. – Минск : БГУ, 2016. – 87 с.
37. Самарский, А. А. Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. – М. : Альянс, 2016. – 432 с.
38. Волков, В. М. Численный анализ и оптимизация / В. М. Волков, О. Л. Зубко, И. Н. Катковская, И. Л. Ковалева, В. Г. Кротов, П. Лима. – Минск : Белгослес, 2017. – 207 с.
39. Игнатенко, М. В. Методы вычислений. Интерполирование и интегрирование : курс лекций / М. В. Игнатенко. – Минск : БГУ, 2006. – 116 с.
40. Бахвалов, Н. С. Численные методы. Решения задач и упражнения : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 01.05.01 "Фундаментальная математика и механика" / Н. С. Бахвалов, А. А. Корнев, Е. В. Чижонков ; МГУ им. М. В. Ломоносова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Лаборатория знаний, 2016. – 352 с.
41. Грофф, Джеймс Р. SQL : полное руководство / Джеймс Р. Грофф, Пол Н. Вайнберг, Эндрю Дж. Оппель. – 3-е изд. – СПб. : Диалектика, 2019. – 960 с.
42. Дейт, К. Дж. Введение в систему баз данных / К. Дж. Дейт. – 8-е изд. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2017. – 1328 с.
43. Расолько, Г.А. Методы программирования. SQL : практикум для студентов мех.-мат. фак. Спец. 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)» / Г. А. Расолько, Ю. А. Кремень, Е. В. Кремень. – Мн. : БГУ, 2007. – 100 с.
45. Макконнелл, С. Профессиональная разработка программного обеспечения / С. Макконнелл. – СПб. : Символ, 2007. – 240 с.
46. Ларман, К. Применение UML и шаблонов проектирования / К. Ларман. – М. : Вильямс, 2000. – 490 с.
47. Рамбо, Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / Дж. Рамбо, М. Блаха. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2007. – 544 с.
48. Аниче, М. Простое объектно-ориентированное проектирование : чистый и гибкий код / М. Аниче. – СПб. : Питер, 2025. – 224 с.
49. Блинов, И. Н. Рациональный унифицированный процесс и язык UML : пособие по курсу "Анализ и проектирование распределенных систем" для студ. фак. прикладной математики и информатики / И. Н. Блинов. – Минск : БГУ, 2008. – 92 с. – URL : <http://elib.bsu.by/handle/123456789/1847>.
50. Сайтс, Р. Software dynamics / Р. Сайтс. – СПб. : Питер, 2024. – 512 с.
51. Мартин, Р. Чистый код : создание, анализ и рефакторинг / Роберт Мартин : Пер. с англ. Е. Матвеева. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2018. – 464 с.
52. Форд, Н. Эволюционная архитектура. Поддержка непрерывных изменений = Building Evolutionary Architectures. Support Constant Change / Нил Форд, Ребекка Парсонс, Патрик Куа : Пер. с англ. А. Демьяников. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2019. – 269 с.

53. Прадо, Маркос Лопез де. Машинное обучение : алгоритмы для бизнеса = Advances in Financial Machine Learning / Маркос Лопез де Прадо : Пер. с англ. А. Логунова, М. Панина. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2019. – 431 с.