

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

17 января 2025 г.

Регистрационный № 13610/Гэ.



ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

по специальности

1-31 03 01 Математика (по направлениям)

направление специальности

1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность)

2025 г.

Программа государственного экзамена по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность) разработана на основе образовательного стандарта высшего образования для специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям) ОСВО 1-31 03 01-2021; учебных программ по учебным дисциплинам: Алгебра и теория чисел, № УД – 10348/уч. от 02.07.2021; Аналитическая геометрия № УД – 10183/уч. от 02.07.2021; Математический анализ № УД – 10480/уч. от 02.07.2021; Дискретная математика и теория графов № УД – 10363/уч. от 02.07.2021; Дифференциальные уравнения № УД – 11184/уч. от 08.07.2022; Уравнения математической физики № УД – 12551/уч. от 05.07.2023; Математическая логика УД – 11615/уч. от 08.07.2022; Теория булевых функций УД – 10763/уч. от 06.01.2022; Основы математической электроники № УД – 11601/уч. от 08.07.2022; Основы математической кибернетики № УД – 12543/уч. от 05.07.2023; Прикладная теория автоматов № УД – 12638/уч. от 05.07.2023; САПР аппаратно-программных систем № УД – 13605/уч. от 15.07.2024.

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;

С.Е. Бухтояров, доцент кафедры высшей алгебры и защиты информации, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

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;

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

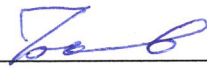
С.В. Тихонов, зав. кафедрой высшей алгебры и защиты информации, кандидат физ.-мат. наук, доцент;

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 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность) 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 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

В программу государственного экзамена включаются следующие учебные дисциплины: алгебра и теория чисел, аналитическая геометрия, математический анализ, дискретная математика и теория графов, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, математическая логика, теория булевых функций, основы математической электроники, основы математической кибернетики, прикладная теория автоматов, САПР аппаратно-программных систем.

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.

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 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность) должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции

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

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-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 личностно-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, аналитическая геометрия, дифференциальная геометрия и топология, математический анализ, теория функций комплексного переменного, функциональный анализ, теория вероятностей и математическая статистика, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, исследование операций, экстремальные задачи, вариационное исчисление отражают содержание образовательной программы высшего образования по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

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.

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.

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. Равенство матриц. 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. 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.

Тема 8. Линейные отображения

Линейное отображение, его ядро и образ. Ранг и дефект. 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.

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

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

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

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

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

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

6. Линейное отображение векторных пространств, его ядро и образ. Матрица линейного оператора. Матрица суммы и произведения линейных операторов. Теорема о сумме ранга и дефекта линейного оператора.

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

8. Евклидовы пространства. Длина вектора. Неравенство Коши-Буняковского. Ортогональный и ортонормированный базис. Ортогональное дополнение к подпространству.

Раздел 2. Учебная дисциплина «Аналитическая 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 «Дискретная математика и теория графов»

Тема 1. Комбинаторика

Предмет комбинаторики. Логические правила комбинаторики (суммы, произведения и биекции). Размещения и сочетания. Число r -размещений из n элементов. Число r -размещений с повторениями из n элементов. Число подмножеств конечного множества. Число r -сочетаний из n элементов. Биномиальная теорема и следствия из нее. Свойства биномиальных коэффициентов. Треугольник Паскаля. Число r -сочетаний с повторениями из n элементов. Метод включения и исключения, его применение.

Тема 2. Определение графа

Определение графа. Примеры графов. Способы задания графов. Лемма о рукопожатиях. Маршруты и их типы. Критерий двудольности графа.

Тема 3. Деревья

Эквивалентные определения деревьев. Деревья и остовы. Матричная теорема Кирхгофа о деревьях. Алгоритм нахождения минимального остова.

Тема 4. Паросочетания и независимость

Число паросочетания и число независимости. Оценки числа независимости. Теорема Холла о паросочетаниях.

Тема 5. Обходы графов

Эйлеровы графы. Критерий эйлеровости. Разбиение ребер графа на наибольшее число реберно-непересекающихся цепей. Гамильтоновы графы. Достаточные условия гамильтоновости.

Тема 6. Раскраска графов и планарность

Раскраска графов. Хроматическое число и его оценки. Теорема Брукса. Хроматический индекс. Теорема Визинга. Плоские и планарные графы. Критерий планарности Понтрягина-Куратовского.

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

1. Выборки, размещения, сочетания. Булеан. Бином Ньютона, следствия. Метод включения и исключения.

2. Определение графа. Способы задания графов. Лемма о рукопожатиях. Маршруты и их типы. Двудольные графы. **Критерий двудольности.**

3. **Эквивалентные определения дерева.**

4. Деревья и остовы. Матричная теорема Кирхгофа о числе остовных деревьев. Нахождение остова минимального веса.

5. Число независимости и число паросочетания графа. Оценки числа независимости. **Теорема Холла о паросочетаниях.**

6. Эйлеровы графы. **Критерий эйлеровости.** Покрытие ребер графа наименьшим числом реберно-непересекающихся цепей.

7. Гамильтоновы графы. Достаточные условия гамильтоновости.

8. Вершинная раскраска графов. Хроматическое число и его оценки. Теорема Брукса.

9. Реберная раскраска графов. Хроматический индекс. Теорема Визинга.

10. Плоские и планарные графы. Теорема Эйлера о плоских графах. **Критерий планарности Понтрягина-Куратовского (необходимость).**

Раздел 5. 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 5. 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 6. Учебная дисциплина «Уравнения математической физики»

Тема 1. Введение в уравнения математической физики

Основные определения дифференциальных уравнений с частными производными. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка.

Тема 2. Гиперболические уравнения

Решение задачи Коши для однородного уравнения колебаний струны методом характеристик. Формула Даламбера.

Тема 3. Параболические уравнения

Принцип минимума и максимума для уравнения теплопроводности. Единственность решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.

Тема 4. Эллиптические уравнения

Основные краевые задачи для уравнения Пуассона. Свойства гармонических функций.

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

1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка.
2. Решение задачи Коши для однородного уравнения колебаний струны. Формула Даламбера.
3. Принцип минимума и максимума для уравнения теплопроводности.
4. Теорема единственности решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.

5. Основные краевые задачи для уравнения Пуассона.
6. Свойства гармонических функций.

Раздел 7. Учебная дисциплина «Математическая логика»

Тема 1. Высказывания

Алгебра высказываний. Формулы. Равносильность формул. Функции алгебры высказываний, способы задания. Проблема минимизации. Исчисление высказываний. Аксиоматика, правила вывода. Выводимость формул исчисления высказываний. Теорема дедукции. Полнота и непротиворечивость исчисления высказываний.

Тема 2. Предикаты

Логика предикатов. Кванторы, коллизия переменных. Формулы, приведенные и нормальные формулы. Проблема разрешения. Исчисление предикатов. Аксиоматика, правила вывода. Выводимость формул исчисления предикатов.

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

1. Алгебра высказываний. Формулы, тавтологии. Равносильность формул. Функции алгебры высказываний, способы задания. Проблема минимизации.
2. Исчисление высказываний. Аксиоматика, правила вывода. Выводимость из гипотез. Теорема дедукции. Полнота и **непротиворечивость исчисления высказываний**. Независимость аксиоматики.
3. Логика предикатов. Кванторы, коллизия переменных. Формулы, приведенные и нормальные формулы. Проблема разрешения.
4. Исчисление предикатов. Аксиоматика, правила вывода. Выводимость формул исчисления предикатов. Закон двойственности.

Раздел 8. Учебная дисциплина «Теория булевых функций»

Тема 1. Булевы функции

Определение, способы задания. Задача минимизации булевых функций в классе нормальных форм. Методы минимизации: метод Квайна, метод Квайна-Мак-Класки, метод карт Карно, метод Петрика.

Тема 2. Полнота системы булевых функций

Замыкание. Основные замкнутые классы булевых функций. Полнота системы булевых функций. Теорема Поста о функциональной полноте.

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

1. Определение булевой функции, способы задания. Задача минимизации функций в классе нормальных форм. Методы минимизации.
2. Полнота системы булевых функций. Основные замкнутые классы булевых функций. **Теорема Поста о функциональной полноте.**

Раздел 9. Учебная дисциплина «Основы математической электроники»

Тема 1. Комбинационные логические элементы

Принцип работы МОП транзистора. Последовательное и параллельное соединение МОП транзисторов. Концепция построения КМОП элементов. Базовые логические элементы. Буфер с тремя состояниями. Одноразрядные сумматоры. Сумматор. Полусумматор. Мультиплексор. Наращивание размерности. Мультиплексор как универсальный логический модуль. Дешифратор. Способы построения: линейный, пирамидальный, прямоугольный. Наращивание размерности. Демультиплексор, шифратор, преобразователи кодов и цифровые компараторы.

Тема 2. Последовательностные устройства

Защелки и триггеры. Ячейка хранения с двумя устойчивыми состояниями. Метастабильность ячейки памяти. D, T, JK триггеры. Регистры. Параллельные регистры. Последовательные (сдвигающие) регистры. Последовательно-параллельные и параллельно-последовательные регистры. Применение сдвигающего регистра для передачи данных, порядок следования битов. Асинхронные двоичные счетчики: суммирующие, вычитающие. Синхронные счетчики с двоичным и произвольным модулем счета. Счетчики с недвоичным кодированием. Счетчики "1 из N". Распределители тактов. Счетчик Джонсона.

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

1. Комбинационные логические элементы. Виды, способы построения.
2. Последовательностные устройства: триггеры, регистры, счетчики.

Раздел 10. Учебная дисциплина «Основы математической кибернетики»

Тема 1. Линейное программирование

Теорема об улучшении опорного плана при решении задач линейного программирования симплекс-методом. Теоремы об оптимальности плана. Решение задач линейного перепрограммирования с помощью искусственного базиса. Двойственные задачи. Теорема двойственности.

Тема 2. Методы решения экстремальных комбинаторных задач

Транспортная задача и ее свойства. Решение транспортной задачи методом потенциалов. Построение кратчайших путей во взвешенных ориентированных графах. Алгоритм Дейкстры. Алгоритм Флойда. Потoki в сетях. Теорема Форда-Фалкерсона о соотношении между максимальной величиной потока и минимальной пропускной способностью разреза в сети, следствия из нее. Алгоритм Форда-Фалкерсона построения потока максимальной величины в сети. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм решения задачи о назначениях. Метод ветвей и границ. Задача коммивояжера и ее решение с помощью метода ветвей и границ. Алгоритм Литтла. Динамическое программирование. Задача о рюкзаке.

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

1. Теорема об улучшении опорного плана при решении задач линейного программирования симплекс-методом. Теоремы об оптимальности плана. Решение задач линейного программирования с помощью искусственного базиса.
2. Двойственные задачи. **Теорема двойственности.**
3. Транспортная задача и ее свойства. Решение транспортной задачи методом потенциалов.
4. Построение кратчайших путей во взвешенных ориентированных графах. Алгоритм Дейкстры. Алгоритм Флойда.
5. Потоки в сетях. Теорема Форда-Фалкерсона. Алгоритм Форда-Фалкерсона.
6. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм решения задачи о назначениях.
7. Метод ветвей и границ. Задача коммивояжера и ее решение с помощью метода ветвей и границ. Алгоритм Литтла.
8. Динамическое программирование. Задача о рюкзаке.

Раздел 11. Учебная дисциплина «Прикладная теория автоматов»

Тема 1. Абстрактные автоматы

Определение абстрактного автомата. Автоматы Мили и Мура. Реакция автоматов Мили и Мура на входное слово. Эквивалентность автоматов. Преобразование автомата Мили в автомат Мура. Преобразование автомата Мура в автомат Мили. Табличный и графический способы задания автомата. Граф-схема алгоритма (ГСА). Формулы переходов. Логическая схема алгоритма (ЛСА). Матричная схема алгоритма. Переход от ГСА к автомату Мили. Переход от ГСА к автомату Мура.

Тема 2. Минимизация абстрактного автомата

Постановка задачи минимизации. Минимизация полных автоматов: метод Ауфенкампа и Хона для минимизации автомата Мили и автомата Мура; минимизация абстрактных автоматов с помощью треугольной таблицы. Минимизация частичного автомата. Покрывающая последовательность, покрывающее состояние, покрывающий автомат, совместимые состояния, класс совместимости, максимальный класс совместимости, замкнутый класс совместимости, замкнутое покрытие автомата, максимальная группировка, минимизация частичных автоматов методом треугольной таблицы.

Тема 3. Структурный синтез автомата

Элементная база структурного синтеза автомата. Функциональные узлы комбинационного типа. Функциональные узлы последовательного типа: элементы с памятью; JK, RS, D, T триггеры. Таблица переходов триггера. Минимизация функций активации методом карт Карно. Методы структурного синтеза. Кодирование состояний, входных и выходных состояний абстрактного автомата. Канонический метод структурного синтеза. Графический метод структурного синтеза.

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

1. Абстрактные автоматы Мили и Мура. Определение, способы задания. Эквивалентные автоматы.
2. Минимизация абстрактных автоматов. Методы минимизации полных и частичных автоматов.
3. Структурный синтез автомата. Канонический и графический методы структурного синтеза.

Раздел 12. Учебная дисциплина «САПР аппаратно-программных систем»

Тема 1. Схемотехническое моделирование в САПР

Общий подход к схемотехническому моделированию. Графический редактор схем. Особенности обработки результатов с помощью графического постпроцессора. Моделирование МОП транзисторов. Схемы включения МОП-транзисторов для моделирования ВАХ. Моделирование цифровых компонентов. Проверка функционирования цифровых компонентов. Моделирование аналоговых компонентов по постоянному току. Типовые схемы включения аналоговых компонентов. Дифференциальная пара, токовое зеркало, операционный усилитель. Моделирование аналоговых компонентов в частотной и временной области. Моделирование шумовых параметров схем.

Тема 2. Топологическое проектирование в САПР

Топология схемы, набор топологических слоев, топологические параметры и проектные нормы, процесс проектирования топологии, этапы верификации топологии. Маршрут проектирования топологии в САПР. Библиотеки для проектирования, дизайн-киты. Основные этапы создания топологии в САПР. Модули автоматизированного топологического проектирования. Комплекс программ верификации топологии САПР. Средства верификации DRC, LVS, экстракция паразитных элементов. Топология для согласования параметров компонентов. Правила построения элементов с согласованными параметрами. Проектирование топологии аналогово-цифровых схем. Проектирование шин питания.

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

1. Схемотехническое моделирование в САПР.
2. Топологическое проектирование в САПР.

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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/187793>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/183752>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/238481>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/189446>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/298499>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/242861>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/332675>. – Дата доступа: 16.01.2025.
10. Математический анализ. Задачи и упражнения : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим специальностям : в 3 ч. – Минск : Вышэйшая школа, 2022. (Для студентов учреждений высшего образования). Ч. 1 / И. Л. Васильев [и др.]. – 2022. – 293 с.
11. Математический анализ. Задачи и упражнения : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по математическим специальностям : в 3 ч. – Минск : Вышэйшая школа, 2023. (Для студентов учреждений высшего образования). Ч. 2 / С. А. Бондарев [и др.]. – 2023. – 355 с.

12. Бровка, Н. В. Практикум по математическому анализу : учебное пособие : в 3 ч. Ч. 1 / Н. В. Бровка, А. В. Ляцкая, А. П. Карпова – Минск : БГУ, 2023. – 455 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/303294>. – Дата доступа: 16.01.2025.
13. Ерусалимский, Я. М. Дискретная математика. Теория и практикум / Я. М. Ерусалимский. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 476 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/319427>. – Дата доступа: 16.01.2025.
14. Шевелев, Ю. П. Дискретная математика : учебное пособие для вузов / Ю. П. Шевелев. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 592 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/399194>. – Дата доступа: 16.01.2025.
15. Лекции по теории графов : учебное пособие для студ., обуч. по спец. "Математика" и "Прикладная математика" / В. А. Емеличев [и др.]. – Изд. стер. – Москва : URSS : ЛЕНАНД, 2021. – 383 с.
16. Папшев, С. В. Дискретная математика. Курс лекций для студентов естественнонаучных направлений подготовки : учебное пособие / С. В. Папшев. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. – 189 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/206210>. – Дата доступа: 16.01.2025.
17. Бибииков, Ю. Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений / Ю. Н. Бибииков. – 2-е изд., стер. – Москва : "Лань", 2022. – 304 с.
18. Филиппов, А. Ф. Введение в теорию дифференциальных уравнений: Учебник / А. Ф. Филиппов. – 5-е изд. – Москва : МГУ : Ленард, 2024. – 248с.
19. Корзюк, В. И. Уравнения математической физики: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по математическим специальностям / В. И. Корзюк. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва: URSS: ЛЕНАНД, 2021. – 479 с.
20. Палин, В. В. Методы математической физики. Лекционный курс: учебное пособие для вузов, для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям / В. В. Палин, Е. В. Радкевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2021. – 222 с.
21. Карчевский, М. М. Лекции по уравнениям математической физики / М. М. Карчевский. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 164 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/321200>. – Дата доступа: 16.01.2025.
22. Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. – Москва : Техносфера, 2020. – 780 с.
23. Бакалов, В. П. Теория электрических цепей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. П. Бакалов, Б. И. Крук ; под ред. В. П. Бакалова. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2023. – 537 с.
24. Новиков, Ю. Н. Электрические цепи и сигналы. Базовые сведения, методы анализа процессов в цепях : учебник [для вузов] / Ю. Н. Новиков. – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 353 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/271307>. – Дата доступа: 16.01.2025.
25. Кузнецов А.В. Высшая математика. Математическое программирование / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 352 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211070>. – Дата доступа: 16.01.2025.

26. Горлач, Б. А. Исследование операций / Б. А. Горлач. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211085>. – Дата доступа: 16.01.2025.

27. Сборник задач и упражнений по высшей математике. Математическое программирование / А. В. Кузнецов. [и др.]. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167811>. – Дата доступа: 16.01.2025.

28. Атрощенко, В. А. Теория автоматов : учебное пособие / В. А. Атрощенко, Н. Д. Чигликова, Н. О. Сальникова. – Краснодар : КубГТУ, 2022. – 255 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/318974>. – Дата доступа: 16.01.2025.

29. Руднева, Л. Ю. Теория конечных автоматов. Практикум : учебное пособие / Л. Ю. Руднева, И. Ю. Зайцев, М. М. Клягин. – Москва : РТУ МИРЭА, 2022. – 96 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/265667>. – Дата доступа: 16.01.2025.

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. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/149209>. – Дата доступа: 16.01.2025.

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. – 152 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/149208>. – Дата доступа: 16.01.2025.

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

4. Милованов, М. В. Алгебра и аналитическая геометрия. Т. 1. / М. В. Милованов, Р. И. Тышкевич, А. С. Феденко. – Минск : Амалфея, 2001. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13295>. – Дата доступа: 16.01.2025.

5. Милованов М.В. Алгебра и аналитическая геометрия. Т. 2. / М. В. Милованов [и др.] – Минск : Амалфея, 2001. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13296>. – Дата доступа: 16.01.2025.

6. Сборник задач по алгебре и аналитической геометрии: Учеб. пособие для студ. мат. и физических спец. ун-тов / А. А. Бурдун [и др.] ; под ред. А. С. Феденко. – 2-е изд. – Минск : Універсітэцкае, 1999. – 302 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13294>. – Дата доступа: 16.01.2025.

7. Монахов, В. С. Алгебра и теория чисел: практикум. // В. С. Монахов, А. В. Бузланов. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/13297>. – Дата доступа: 16.01.2025.

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. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/210164>. – Дата доступа: 16.01.2025.

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 др.]. – Санкт-Петербург : Изд-во С.- 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. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/2336>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Минск : БГУ, 2013. – 56 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/50318>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/98210>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/105019>. – Дата доступа: 16.01.2025.
17. Кононов, С. Г. Аналитическая геометрия : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по математическим спец. / С. Г. Кононов. – Минск : БГУ, 2014. – 238 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/113440>. – Дата доступа: 16.01.2025.
18. Кострикин, А.И. Линейная алгебра и геометрия: учебное пособие / А. И. Кострикин, Ю. И. Манин. – Москва : Наука, 1986. – 303 с.
19. Постников, М. М. Лекции по геометрии. Семестр I. Аналитическая геометрия: учебное пособие / М. М. Постников. – Москва : Наука, 1979. – 336 с.
20. Кротов, В. Г. Математический анализ : учеб. пособие для студ. уво по математическим спец. / В. Г. Кротов. – Минск : БГУ, 2017. – 375 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/191394>. – Дата доступа: 16.01.2025.
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. / под ред. Л. Д. Кудрявцева. – Москва : Наука, 1984 – 1993. – 3 т.
24. Зверович, Э. И. Вещественный и комплексный анализ: в 6 ч. Ч. 6 / Э. И. Зверович. – Минск : Вышэйшая школа, 2008. – 344 с.
25. Кожухов, С. Ф. Сборник задач по дискретной математике : учебное пособие / С. Ф. Кожухов, П. И. Совертков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 324 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/212675>. – Дата доступа: 16.01.2025.
26. Ожиганов, А. А. Теория автоматов : учебное пособие / А. А. Ожиганов. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. – 84 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/40714>. – Дата доступа: 16.01.2025.
27. Князьков, В. С. Введение в теорию автоматов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. – 2-е изд. – Москва : ИНТУИТ, 2016. – 89 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100715>. – Дата доступа: 16.01.2025.
28. Новиков, Ф. А. Дискретная математика для программистов: Учебник для вузов / Ф. А. Новиков. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2009. – 384 с.
29. Тишин, В. В. Дискретная математика в примерах и задачах / В. В. Тишин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. – 352 с.
30. Гаврилов, Г. П. Задачи и упражнения по курсу дискретной математики / Г. П. Гаврилов, А. А. Сапоженко – Москва : Наука, 1992. – 367 с.
31. Супрун, В. П. Основы математической логики : [учеб. пособие] / В. П. Супрун. – Москва : URSS : Ленанд, 2017. – 197 с.
32. Амелькин, В. В. Дифференциальные уравнения : учеб. пособие / В. В. Амелькин. – Минск : БГУ, 2012. – 288 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43871>. – Дата доступа: 16.01.2025.
33. Прохорова, Р. А. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. пособие / Р. А. Прохорова. – Минск : БГУ, 2017. – 335 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/205697>. – Дата доступа: 16.01.2025.
34. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики: учебник для студ. физико-математических спец. ун-тов / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – 7-е изд. – Москва : Изд-во Московского ун-та: Наука, 2004. – 798 с.
35. Иванов, С. В. Уравнения в частных производных. Метод разделения переменных / С. В. Иванов. – Москва: URSS: Ленанд, 2018. – 197 с.
36. Владимиров, В. С. Уравнения математической физики: Учебник для студ. вузов / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 399 с.
37. Корзюк, В. И. Уравнения математической физики: метод. указания и задания для студентов мех.-мат. фак.: в 3 ч. Ч. 1 / В. И. Корзюк, И. С. Козловская. – Минск: БГУ, 2019. – 31 с. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/233790>. – Дата доступа: 16.01.2025.

38. Корзюк, В. И. Уравнения математической физики: метод. указания и задания для студентов мех.-мат. фак.: в 3 ч. Ч. 2 / В. И. Корзюк, И. С. Козловская. – Минск: БГУ, 2020. – 54 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/249214>. – Дата доступа: 16.01.2025.
39. Корзюк, В. И. Уравнения математической физики: метод. указания и задания для студентов мех.-мат. фак.: в 3 ч. Ч. 3 / В. И. Корзюк, И. С. Козловская. – Минск: БГУ, 2021. – 48 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257071>. – Дата доступа: 16.01.2025.
40. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника / Е. П. Угрюмов. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
41. Уэйкерли, Дж. Ф. Проектирование цифровых устройств. Т. 1, 2. / Дж. Ф. Уэйкерли. – Москва : Постмаркет, 2002. – 1087 с.
42. Рабаи, Ж. М. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования / Ж. М. Рабаи, А. Чандракасан, Б. Николич. – 2-е изд. – Москва : ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 912 с.
43. Садов, В. С. Интегральная электроника. Конспект лекций / В. С. Садов. – Минск : БГУ, 2007. – 129 с.
44. Ашманов, С. А. Линейное программирование / С. А. Ашманов. – Москва : Наука, 1981. – 340 с.
45. Вентцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – Москва : Советское радио, 1972. – 552 с.
46. Данциг, Д. Линейное программирование, его обобщения и применения / Д. Данциг. – Москва : Прогресс, 1966. – 602 с.
47. Методы оптимизации: теория и алгоритмы: учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Черняк [и др.] – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2017. – 357 с.
48. Кудрявцев, В. Б. Теория автоматов : учебник для вузов / В. Б. Кудрявцев, С. В. Алешин, А. С. Подколзин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2023. – 320 с. – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/513152>. – Дата доступа: 16.01.2025.
49. Ожиганов, А. А. Теория автоматов : учебное пособие / А. А. Ожиганов. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. – 84 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/40714>.
50. Князьков, В. С. Введение в теорию автоматов : учебное пособие / В. С. Князьков, Т. В. Волченская. – 2-е изд. – Москва : ИНТУИТ, 2016. – 89 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100715>. – Дата доступа: 16.01.2025.
51. Воронцов, И. В. Прикладная теория цифровых автоматов: Лабораторный практикум / И. В. Воронцов, С. А. Федосов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 112 с.
52. Постников, А. И. Прикладная теория цифровых автоматов : учеб. пособие / А. И. Постников, О. В. Непомнящий, Л. В. Макуха. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. – 206 с.
53. Ушаков, Д. М. Введение в математические основы САПР : курс лекций. / Д. М. Ушаков. – 2-е изд., эл. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 209 с. – Режим доступа: <https://ibooks.ru/bookshelf/392290/reading>. – Дата доступа: 16.01.2025.

54. Потапов В. И. Вычислительная техника в системах автоматического управления и САПР : учеб. пособие / В.И. Потапов, А.Г. Янишевская, А.В. Блохин. – Омск : ОмГТУ, 2020. – 192 с. – Режим доступа: <https://ibooks.ru/bookshelf/381415/reading>. – Дата доступа: 16.01.2025.

55. Проектирование электронных устройств на основе современных САПР : учебное пособие / А. А. Соловьев [и др.]. – Москва : РТУ МИРЭА, 2024. – 147 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/420989>. – Дата доступа: 16.01.2025.