

## МОДУЛЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WOLFRAM MATHEMATICA

*Халилов Т.Р.,*

*магистрант ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Караулова Т.Б., канд. физ.-мат. наук*

Ключевые слова. Wolfram Mathematica, математический анализ, символьные вычисления, интегралы, пределы, ряды.

Keywords. Wolfram Mathematica, mathematical analysis, symbolic computations, integrals, limits, series.

Цель данной работы – разработать и апробировать материалы для создания электронного учебно-методического комплекса по разделу «Математический анализ» дисциплины «Компьютерная математика» с использованием программного пакета Wolfram Mathematica. Данные материалы предназначены для студентов факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова, обучающихся по специальности «Прикладная математика».

**Материал и методы.** В качестве материалов работы использовались научные и методические публикации, официальная документация Wolfram Mathematica, система управления обучением учреждения образования «ВГУ имени П.М. Машерова». Методы исследования включают анализ литературы, сравнение и обобщение.

**Результаты и их обсуждение.** Учебная дисциплина «Компьютерная математика» изучается студентами специальности «Прикладная математика» на третьем курсе в течение пятого семестра. Данная дисциплина является дисциплиной компонента учреждения высшего образования. В её рамках классические разделы математического анализа и алгебры пересекаются с мощными средствами символьных, алгебраических и численных вычислений Wolfram Mathematica [1]. Это избавляет студентов от рутины подстановок при вычислении пределов, производных, интегралов и рядов и переносит фокус на автоматизированную обработку алгебраических выражений. За счёт такого подхода учащиеся быстрее осваивают методы программной реализации вычислительных алгоритмов и глубже понимают логику математических преобразований.

В результате проведённой работы создан демонстрационный модуль лабораторных работ по математическому анализу, представленный четырьмя тематическими разделами: «Пределы», «Производные», «Интегралы» и «Ряды» [2]. Каждый раздел содержит краткое изложение теоретических основ, набор заданий для самостоятельного решения и демонстрационные примеры их решения в среде Wolfram Mathematica, а также список ключевых вопросов, которые студенты должны знать для успешного усвоения темы. Методические комментарии и образцовые вычисления выполнены с помощью встроенных средств символьных и численных расчётов, что обеспечивает наглядное освоение алгоритмических приёмов и упрощает программную реализацию ключевых методов анализа.

Модуль характеризуется следующими преимуществами:

- последовательная проработка ключевых разделов математического анализа;
- автоматизированное выполнение вычислений в Mathematica с мгновенной визуальной проверкой решений;
- гибкая система контроля успеваемости студентов на основе встроенных отчётов.

**Заключение.** В ходе выполнения работы был создан модуль лабораторных работ по учебной дисциплине «Компьютерная математика», призванный помочь студентам при изучении дисциплины. В нем содержится необходимый теоретический материал, алгоритмы решения задач, выносимых на лабораторные работы, задания для лабораторных работ.

Разработанные материалы по учебной дисциплине «Компьютерная математика» успешно интегрированы в учебный процесс кафедры математики ВГУ имени П.М. Машерова. Лабораторный практикум обеспечивает эффективную поддержку сме-

шанного и дистанционного форматов обучения, формирует у студентов навыки самостоятельного решения задач с использованием современных вычислительных инструментов. Электронный ресурс расположен на сайте системы управления обучением ВГУ имени П.М. Машерова по адресу <https://newsdo.vsu.by/course/view.php?id=10489>.

1. Официальная документация Wolfram Mathematica [Электронный ресурс]. – URL: <https://reference.wolfram.com/language/ru/> (дата обращения: 14.09.2025).

2. Трошин, В.И. Математический анализ в Wolfram Mathematica / В.И. Трошин. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 480 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИСТЕРЕЗИСА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

**Хотьков В.Е.<sup>1</sup>, Супаков И.Е.<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>студент 2 курса, <sup>2</sup>выпускник ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь  
Научный руководитель – Кашевич И.Ф., канд. физ.-мат. наук, доцент

Ключевые слова. Сегнетоэлектрик, поляризация, гистерезис, Ландау – Халатников, Монте-Карло, Джилс – Атертон.

Keywords. Ferroelectric, polarization, hysteresis, Landau – Khalatnikov, Monte-Carlo, Jiles – Atherton.

Изучение сегнетоэлектрических материалов имеет критическое значение для разработки современных электронных компонентов, включая энергонезависимую память, сенсоры и актюаторы. Ключевой характеристикой этих материалов является гистерезисная зависимость поляризации от внешнего электрического поля, которая отражает сложные процессы доменной динамики и фазовых переходов [1]. Адекватное описание и прогнозирование этого поведения требует применения численного моделирования.

В современной физике конденсированного состояния существует несколько подходов к моделированию сегнетоэлектриков, от макроскопических феноменологических теорий до микроскопических статистических моделей. Каждый метод обладает уникальными преимуществами и недостатками, определяющими его применимость для решения конкретных научных или инженерных задач. Отсутствие единого универсального подхода обуславливает актуальность их сравнительного анализа для выбора оптимального инструмента исследования.

Цель работы – проведение сравнительного анализа ключевых численных методов моделирования гистерезиса в сегнетоэлектриках для определения их преимуществ, недостатков и областей оптимального применения.

**Материал и методы.** Для анализа были выбраны три фундаментально различных метода, реализованных в рамках программной платформы FerroSim: метод Ландау – Халатникова, Монте-Карло и Джилса – Атертона. В качестве объекта исследования рассматривался титанат бария ( $\text{BaTiO}_3$ ) как модельный сегнетоэлектрик.

**Результаты и их обсуждение.** Выбор метода моделирования является критическим шагом, который зависит от поставленной задачи, требуемой точности и доступных вычислительных ресурсов. Для систематизации и наглядного представления сильных и слабых сторон каждого подхода был проведён их сравнительный анализ (см. таблицу), а также сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными [2, 3].

Таблица – Сравнительный анализ методов моделирования

Критерий	Ландау–Халатникова	Монте-Карло	Джилса–Атертона
Физическая основа	Термодинамический потенциал Ландау	Микроскопическая модель Изинга	Феноменологическое разделение $P$