УДК 372.853

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН ДЛЯ ФИЗИКОВ-ИНФОРМАТИКОВ: ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ**

**Е.Г. Агапова**

*Тихоокеанский государственный университет (г. Хабаровск)*

[*000614@togudv.ru*](mailto:000614@togudv.ru)

*В статье представлены методические предложения по трансформации преподавания математических дисциплин для студентов-физиков, специализирующихся в области информационных систем. Разработана и апробирована методика, объединяющая: профессионально-ориентированную адаптацию содержания через физические приложения (квантовые вычисления, анализ big data, моделирование сложных систем); инновационные образовательные технологии (VR-лаборатории, геймификация, автоматизированные системы проверки); междисциплинарные связи между математикой, физикой и computer science; формирование цифровых компетенций (HPC, машинное обучение, визуализация); современные оценочные инструменты (GitHub-портфолио, автоматическое тестирование кода). Приведены примеры модернизации ключевых математических дисциплин: математический анализ, линейная алгебра, численные методы и др. Материалы статьи могут быть полезны преподавателям физико-математических дисциплин, разработчикам образовательных программ, а также исследователям в области методики преподавания точных наук.*

Цифровая трансформация физических исследований требует принципиально новой математической подготовки специалистов [1]. Традиционное преподавание математических дисциплин в физических вузах сталкивается с тремя ключевыми проблемами: отрыв от практики – абстрактное изложение без связи с современными физическими задачами; дефицит цифровых навыков – недостаточное владение computational-инструментами; устаревшая оценка – ориентация на теоретические знания вместо прикладных компетенций. Электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК) устаревают и нуждаются в модернизации. Коломина, Ивашиненко описали процесс обновления ЭУМК по дисциплине «Уравнения математической физики» для бакалавров направления «Прикладная математика и информатика» [2]. Важными аспектами являются использование современных технологий как инструмента для решения задач и организации образовательного процесса в диалоговом режиме общения [3].

Данная работа предлагает системное решение через модернизацию всего цикла математических дисциплин с акцентом на потребности физиков-информатиков. Математические дисциплины изначально имеют приложения к решению физических задач, как естественнонаучные предметы. В данной статье приводятся ключевые выдержки и методические решения по конкретным темам, демонстрирующие реализацию пяти основных аспектов преобразования математических дисциплин для физиков-информатиков. Акцент сделан на конкретных примерах профессионально-ориентированной адаптации содержания, отдельных кейсах внедрения инновационных образовательных технологий, типовых схемах междисциплинарной интеграции, фрагментах формирования цифровых компетенций, образцах современных оценочных инструментов. Каждый пример иллюстрирует, как традиционные математические темы могут быть переосмыслены в контексте подготовки специалистов для современных физических исследований и разработки информационных систем.

Модернизация раздела «Линейная алгебра и аналитическая геометрия» состоит в том, что с точки зрения профессионально-ориентированной адаптации действия над матрицами можно рассмотреть, как матрицы плотности в квантовых вычислениях (кубиты). А линейные операторы, как линейные преобразования в обработке изображений телескопов (PCA для снижения шумов). С точки зрения внедрения инновационных образовательных технологий использовать инструменты: VR-визуализация - интерактивное исследование собственных векторов в 3D-пространстве (гармонический осциллятор) или геймификацию – квест "Диагонализация спасения" (подбор базиса для декомпозиции матриц детектора) или AI-ассистент - ChatGPT для генерации персональных задач на SVD-разложение. В табл. приведены междисциплинарные связи между тремя дисциплинами при изучении соответствующих тем рассматриваемых разделов.

**Междисциплинарные связи при изучении тем математических дисциплин.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тема/раздел | Математика | Физика | Программирование |
| Тензорные вычисления/ Линейная алгебра и аналитическая геометрия | Тензорное произведение | Общая теория относительности | Ускорение на GPU (PyTorch) |
| Свертка тензоров | Квантовая теория поля | Автоматическое дифференцирование |
| Дифференциальные уравнения/ Математический анализ | Решение ОДУ | Моделирование динамики плазмы | Оптимизация кода на Numba |
| Уравнения в частных производных | Теплопередача в реакторах | Параллельные вычисления (MPI) |
| Комбинаторика/ Дискретная математика | Генерация перестановок | Статистическая физика | Оптимизация алгоритмов |
| Метод включений-исключений | Квантовая запутанность | Параллельные вычисления |
| Теория доказательств/ Математическая логика | Конструктивные доказательства | Верификация квантовых программ | Доказательные ассистенты (Coq) |
| Логика Хоара | Условия корректности физических симуляций | Формальная верификация |
| Методы Монте-Карло/ Численные методы | Статистическое моделирование | Квантовая хромодинамика | Параллельные вычисления (CUDA) |
| Цепи Маркова | Моделирование материалов | Оптимизация алгоритмов |
| Регрессионный анализ/ Теория вероятностей и математическая статистика | Метод наименьших квадратов | Калибровка детекторов | Ускорение на GPU (CuPy) |
| Нелинейная регрессия | Спектроскопия | Автоматическое дифференцирование |

Модернизированная тема «Ряды и приближения» в разделе «Математический анализ» рассматривается в физическом контексте как аппроксимация решений уравнений Шрёдингера для квантовых систем. Визуализация интегрирования в 3D-пространстве (например, расчёт массы неоднородного объекта); интерактивные тренажёры: графический интерфейс для подбора пределов интегрирования (Plotly Dash); автоматическая проверка решений через Wolfram Alpha API позволят обучающимся более наглядно изучить тему «Кратные интегралы».

С точки зрения профессионально-ориентированной адаптации тема «Теория графов» раздела «Дискретная математика» модернизированного математического курса рассматривается как моделирование кристаллических решеток (топология графов); анализ сетей взаимодействий в квантовых системах. Геймификация в виде квеста "Логические врата" (построение схем из NAND-элементов); использование VR-лаборатории как визуализации булевых функций в 3D-пространстве и использование AI-ассистента как генерации персональных задач на минимизацию ДНФ через ChatGPT API способствуют визуальному изучению темы «Булева алгебра».

Тема «Логические исчисления» в модернизированном разделе «Математическая логика» рассматривается в физическом контексте как верификация квантовых алгоритмов (логика линейных операторов) и логический анализ условий корректности физических моделей. В качестве инновационных образовательных технологий при изучении темы «Теория моделей» можно рассмотреть: интерактивный симулятор – визуализацию моделей для различных аксиоматик (HOL Light); геймификацию - квест "Поиск противоречий" в физических теориях или AI-ассистент – генерацию индивидуальных задач на полноту теорий через GPT-4.

Тема «Решение дифференциальных уравнений» в модернизированном разделе «Численные методы» рассматривается в физическом контексте как моделирование динамики плазмы в термоядерных реакторах (ITER); численное решение уравнений Навье-Стокса для аэродинамических расчетов. Использование VR-лаборатории в качестве интерактивного построения сеток для сложных геометрий, геймификация в виде соревнования "Оптимизация сетки" (минимизация ошибки при заданных ресурсах) и AI-ассистента в виде генерации адаптивных задач на основе успеваемости студента позволяют более наглядному изучению темы «Методы конечных элементов».

Тема «Статистические методы анализа данных» в модернизированном разделе «Теория вероятностей и математическая статистика» рассматривается в физическом контексте как анализ данных с детекторов частиц (LHC), обработка сигналов гравитационных волн (LIGO). Использование интерактивного симулятора цепей Маркова (MCMC визуализация), VR-лаборатории для исследования распределений вероятностей и автоматизированной системы генерации задач на PyMC3 позволяют наглядно изучить тему «Байесовские методы».

В качестве междисциплинарных связей обучающимся по направлению 03.03.02 Физика, профиль «Информационные системы в физике» можно предложить проект следующие проекты: «Тензорные сети для моделирования спиновых систем» с реализацией алгоритма DMRG на TensorFlow и визуализацией в Plotly 3D; «Численное моделирование диффузии примеси в полупроводнике" с аналитической постановкой (уравнение Фоккера-Планка); реализацией разностной схемы на Python и визуализацией в ParaView; «Численное моделирование диффузии примеси в полупроводнике" с реализацией на C++ с OpenMP и визуализацией в Jupyter Notebook. Формирование цифровых компетенций осуществляется за счет автоматизации проектирования и верификации (проверка свойств автоматов в инструменте TLA+); "Формальная проверка алгоритма квантовой коррекции ошибок" со спецификацией на языке Lean и визуализацией доказательств в Jupyter; "Моделирование распространения частиц в детекторе" с реализацией на Python с использованием numba для ускорения и визуализацией в Matplotlib; "Предсказание вспышек на Солнце".

Формирование цифровых компетенций осуществляется за счет автоматизации расчетов (геометрические преобразования), оптимизации (эффективный параллельный алгоритм для вычисления произведения матриц, использующий многопоточность или GPU-вычисления) и коллаборации (математическое моделирование движений). Формируются цифровые навыки при работе с системами автоматического доказательства, при оптимизации (сравнение производительности доказательных ассистентов), при коллаборации (Git-репозиторий с формальными спецификациями); при работе с GPU, оптимизации (сравнение производительности CPU vs GPU); с большими массивами (Dask, Vaex), визуализацией в Plotly/PowerBI, параллельных вычислениях (MPI для bootstrap).

В качестве оценочных инструментов можно использовать: автоматизированные тесты, критерии проектов с индикаторами или бальной системой (процентным соотношением); портфолио - коллекция Jupyter-ноутбуков с аннотациями, с решениями; видео-презентации решений, проектов, видео-демонстрации работы алгоритмов; коллекция верифицированных доказательств; скринкасты объяснений ключевых концепций.

В итоге обучающиеся приобретают навыки применения методов математического аппарата в реальных физических и IT-задачах, навыки работы с современным ПО (от символьных вычислений до GPU-оптимизации); с современными фреймворками (NetworkX, CUDA), с HPC-технологиями (GPU, MPI).

Инновационность приведенных примеров состоит в том, что модернизированный математический курс не просто даёт теоретические знания, но и наряду с этим превращает абстрактную математику в ключевой инструмент для работы с современными физическими данными. Практическая значимость методики заключается в повышении мотивации студентов через связь математики с профессиональными задачами, в формировании навыков "математика + программирование + физика" вместо изолированного изучения дисциплин, подготовке выпускников к работе в современных research teams (где требуется интеграция этих компетенций). Представляется целесообразным расширение предложенной методики на сопряжённые области науки, такие как астрофизика и биоинформатика. Ещё одним важным направлением выступает интеграция предложенных методов с современными квантовыми симуляторами, что открывает дополнительные возможности для реализации междисциплинарных исследований и прикладных задач.

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. Жуковская, И. Е. Основные тренды совершенствования деятельности высшего учебного заведения в условиях цифровой трансформации / И. Е. Жуковская // Открытое образование. – 2021. – Т. 25, № 3. – С. 15-25. – DOI 10.21686/1818-4243-2021-3-15-25.
2. Коломина, М. В. Цифровой ресурс для дисциплины «Уравнения математической физики» / М. В. Коломина, Е. А. Ивашиненко // Общество. – 2023. – № 2(29). – С. 67-72.
3. Блейхер, О. В. Персонификация обучения математике: о результатах анализа педагогического эксперимента в Университете ИТМО / О. В. Блейхер, В. И. Снегурова, М. В. Боженова // Вестник педагогических наук. – 2024. – № 8. – С. 112-118. – DOI 10.62257/2687-1661-2024-8-112-118.