

УДК 378.147:372.853

DOI: 10.54835/18102883_2025_38_11

БОЛЬШИЕ ЯЗЫКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК ПОМОШНИК В ПОДГОТОВКЕ ПО ФИЗИКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

Назаров Алексей Иванович,

доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики,
anazarov@petrsu.ru

Петрозаводский государственный университет,
Россия, 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможностей больших языковых моделей в обучении физике студентов инженерных направлений подготовки. Актуальность обусловлена необходимостью персонализации обучения физике и выбора технологий, адекватных задачам наукоемкого производства, цифровой экономики и когнитивным способностям современных студентов. Цель исследования – проанализировать функционал и выявить преимущества больших языковых моделей в персонализации и повышении эффективности обучения физике. Методология исследования базируется на концепции непрерывного образования, модели открытого обучения физике, методе смешанного обучения, а также эмпирическом методе изучения дидактических возможностей больших языковых моделей. Предложены приемы персонализации образовательного процесса, способы разработки нового типа заданий, связанных с применением больших языковых моделей, даны рекомендации по формулировке критериев оценивания результатов учебной деятельности. Продемонстрировано, что GPT-4o и Claude 3.5 Sonnet в ходе контекстного диалога способны объяснить решения большинства задач по физике, предлагаемых студентам инженерных вузов, но при условии проведения критического анализа всех этапов решения. Практическая значимость работы заключается в разработке методик использования больших языковых моделей для автоматизации процедуры создания тестов и их встраивания в Moodle, визуализации физических процессов, организации интерактивных занятий в формате смешанного обучения. Прикладное значение имеют новые педагогические приемы, такие как соревнования с использованием больших языковых моделей, контекстный диалог с нейросетями, использование их вычислительных возможностей при проведении однотипных расчетов. В заключение подчеркивается необходимость адаптации образовательных программ к возможностям больших языковых моделей и проведения дальнейших исследований их дидактического потенциала.

Ключевые слова: большие языковые модели, персонализация обучения, инженерное образование в цифровую эпоху, искусственный интеллект в обучении физике

Введение

Тенденции развития образования в цифровую эпоху

Переход к цифровой экономике и информатизация различных сфер жизни общества обусловили необходимость формирования у будущих специалистов целого ряда качественно новых компетенций. В области инженерно-технической подготовки авторы [1] выделяют компетенции, которые стали востребованы в связи с появлением искусственного интеллекта (ИИ) – комплекса технологий, использующих нейросети для решения задач пользователя. К таким компетенциям можно отнести коммуникативные умения, включая умения общаться с разными целевыми аудиториями и вести диалог с генеративными нейросетевыми моделями; умение критически мыслить; умение учиться на протяжении всей жизни и управлять потоками информации. Формирование этих компетенций требует модернизации образовательных программ вузов

как с точки зрения содержательной части, так и с точки зрения форм и методов организации учебного процесса.

Одними из институтов, воплощающих концепцию образования на протяжении всей жизни, являются цифровые университеты, которые призваны объединять технологические инновации с антропоцентрическим подходом. В статье [2] рассматриваются ключевые функции цифровых университетов в плане гуманитаризации образования. К ним относятся:

- воплощение концепций открытого и непрерывного образования, достигаемое в т. ч. посредством предоставления персонализированного обучения;
- сохранение и развитие социальных и культурных функций. Здесь цифровой университет призван реализовать миссию образовательного учреждения как центра гуманитарного взаимодействия в цифровом обществе;

- развитие педагогической науки, предполагающей пересмотр традиционных ролей субъектов образовательного процесса, а также ориентирующей на обучение и дальнейшую трудовую деятельность выпускников вузов в цифровой среде;
- формирование цифровой аксиологии как нового направления педагогики, нацеленного на соблюдение баланса между цифровыми компетенциями и развитием критического мышления, креативностью и этическими нормами.

Применительно к модернизации российской системы образования авторы [3] выделяют три направления инноваций, связанных со становлением цифровой экономики:

- 1) в области глобализации, интеграции и кластеризации институтов, участвующих в образовательном процессе. Нововведения главным образом связаны с объединением интеллектуальных ресурсов учреждений образования и технологических ресурсов наукоемких предприятий с целью достижения значимого общего результата.
- 2) в области образования, направленные на обеспечение эффективной профессиональной деятельности преподавателей и учебной деятельности студентов в цифровой среде.
- 3) в области управления учреждениями высшего образования, направленные на разработку и внедрение систем управления вузом, цифровых сервисов для преподавателей и студентов, библиотечных сервисов и т. д.

Эти инновации реализуются при активном участии университетов. Однако все больше возможностей в приобретении востребованных профессиональных умений предоставляется в рамках самообразования и корпоративного обучения. Интерес к самостоятельному обучению, наблюдаемый в последнее время, усилился благодаря развитию цифровых технологий и ИИ, позволяющих субъектам образовательного процесса оперативно получать актуальную для них информацию и рекомендации [4]. Несмотря на данное преимущество, тенденция к самообучению в цифровой среде вызывает определенную озабоченность в педагогическом сообществе, поскольку у обучающихся создается иллюзия необязательности системной подготовки, реализуемой в университетах. Преодоление противоречия между длительностью процесса обучения в

вузах и возможностью оперативного получения информации по запросу или прохождения краткосрочных онлайн-курсов является актуальной задачей.

Для выявления востребованности в использовании ИИ в рамках исследования [5] был проведен анкетный опрос среди 221 студента Нижегородского государственного педагогического университета. Оказалось, что 67 % обучающихся используют ИИ в рамках самостоятельной работы. Студенты отметили, что применяют нейросети (математические модели и программные алгоритмы, имитирующие работу человеческого мозга) для повышения качества своей работы, упрощения поиска информации, генерации идей. Важно, что обучающиеся воспринимают нейросети как инструмент для нахождения чернового варианта решения, который нуждается в доработке, а не как догму.

Еще одной актуальной задачей, стоящей перед современной системой образования, является формирование цифровых компетенций у педагогов. Преподаватель вуза должен понимать возможности и риски, связанные с применением инновационных технологических решений. Взгляд на роль ИИ в социуме и связанные с этим риски рассмотрены в статье [6]. Авторы выделили полярные мнения:

- от полного неприятия использования ИИ: антропоснобизм, артифобия (неверие в искусственный разум), алармизм (комплекс неполноценности, полная подчиненность ИИ);
- до абсолютного подчинения: постгуманизм (это следующий этап развития разума), техно-мессианизм (отношение как к высшему разуму), синтеллект или соразум (разделение интеллектуального труда).

Нам представляется, что соразум является наиболее приемлемой точкой зрения, однако в исследованиях [5, 7] отмечено, что у преподавателей часто отсутствует принципиальное согласие использовать ИИ, а недостаточные навыки в области цифровых технологий выступают серьезным препятствием к его внедрению в систему высшего образования. По данным исследования [5] всего 12 % преподавателей, участвующих в опросе, используют нейросетевые модели для составления учебных заданий, а 51 % преподавателей вообще не пользуется нейросетевыми моделями, потому что не понимают, как применить их в своей педагогической практике.

Способам решения этой задачи посвящено исследование [8], в котором рассмотрены возможности нейросетей для оптимизации работы преподавателей высшей школы. Выделены процессуальные и сущностные характеристики нейросетевых моделей. Стратегии деятельности преподавателя в условиях применения генеративного ИИ, плюсы и минусы их практической реализации рассмотрены в [9]. Показано, что ИИ можно использовать двояко: как инструмент, повышающий эффективность образовательного процесса, и как обучающуюся систему, которая может создавать новые инструменты для работы с информацией и способна вести диалог с человеком на естественном для него языке. Среди недостатков использования нейросетей выделены следующие: необходимость обязательного контроля за ответами на запросы пользователя, форма-

лизация решений без учета деталей, снижение уровня социализации студентов [8], использование ИИ исключительно в качестве поисковика для выполнения письменных заданий [9].

Проблематика исследования

Рассмотренные выше принципиальные изменения в системе подготовки специалистов, связанные с внедрением ИИ, повлияли на инженерное образование с двух противоположных позиций. С одной стороны, инновационные технологии повысили эффективность решения целого ряда уже существовавших проблем, а с другой – привели к возникновению новых (табл. 1).

Внедрение цифровых технологий и ИИ способствовало решению указанных в табл. 1 проблем посредством модификации процессуальной части учебного процесса. В [13] выделено три этапа цифровизации в инже-

Таблица 1. Условия преодоления проблем естественнонаучной подготовки в инженерном образовании
Table 1. Conditions for overcoming problems in science education

Проблемы, решаемые с помощью ИИ Problems solved by AI	Условия преодоления проблем Conditions for overcoming problems	Новые проблемы, связанные появлением ИИ New problems associated with AI emergence	Условия преодоления проблем Conditions for overcoming problems
Нехватка инженерных кадров [10] Shortage of engineering personnel [10]	Повышение мотивации к изучению естественнонаучных дисциплин, индивидуализация обучения по инженерным направлениям подготовки при сохранении его массовости в вузах Increasing motivation for studying natural sciences, individualization of training in engineering fields while maintaining its widespread use in universities	Необходимость адаптации к процессам цифровизации в наукоемких областях производства и образования [12] Need to adapt to digitalization processes in knowledge-intensive areas of production and education	Формирование готовности преподавателей к использованию цифровых технологий и ИИ eachers readiness to use digital technologies and AI
Слабая подготовка абитуриентов по физике [11] Applicants have poor knowledge in physics-[11]	Реализация персонализированного подхода в обучении физике в школе Implementing a personalized approach to teaching physics in schools	Снижение эффективности процесса освоения физики [10]. Использование ИИ студентами для формального выполнения заданий без глубокого понимания Decrease in the efficiency of the physics learning [10]. AI use by students for formal completion of assignments without deep understanding	Разработка новых методов и средств обучения и контроля, предполагающих использование ИИ студентами при выполнении заданий Development of new methods and tools for teaching and control, involving the use of AI by students when completing assignments
Снижение интереса к физике и инженерным специальностям [10] Declining interest in physics and engineering [10]	Переход к обязательной сдаче ЕГЭ по физике для студентов, планирующих поступление на инженерные специальности Transition to mandatory passing of the Unified State Exam in Physics for students planning to enroll in engineering specialties	Некорректная интерпретация фундаментальных законов физики и применений физики в технике Incorrect interpretation of the fundamental physics laws and the application of physics in engineering	Контекстное обучение моделей ИИ Contextual Learning of AI Models

нерном образовании, характеризующихся реализацией персонализированного и интегративного подходов.

1. Изменение роли форматов представления образовательных материалов, заключающееся в переходе от использования полиграфических и электронных изданий, средств мультимедиа к персонализации обучения с помощью разных форм представления информации.
2. Использование цифровых технологий в виртуальной среде: онлайн-обучение, применение средств видео-конференц-связи, организация обратной связи между участниками с помощью инструментария систем модульного обучения и т. п.
3. Создание гибкой образовательной модели, ориентированной на персонализацию обучения [14].

В условиях цифровой экономики переосмыслено понимание результатов обучения. Планируемые образовательные результаты теперь включают более широкий спектр показателей, способных обеспечить соответствие выпускников инженерных вузов современным требованиям. В исследовании [15] выделены следующие целевые компоненты образовательных программ:

- Компетентностный подход. Акцент смещается на формирование способности эффективно использовать технологии и алгоритмы нейросетевых моделей для решения сложных инженерных задач.
- Развитие инженерного мышления, включающего в себя анализ, креативность, способность находить инновационные решения в быстро меняющемся технологическом мире.
- Мотивация к самосовершенствованию. Результаты обучения задаются и оцениваются с учетом уровня внутренней потребности студентов к постоянному развитию и инновационного характера учебной деятельности.
- Формирование мировоззрения устойчивого развития, направленного на осознание принципов непрерывного прогресса личности в образовательной и производственной сферах.
- Формирование цифрового портрета выпускника. Разработка математических моделей, которые планируют обобщенный результат образовательного процесса, включающий все вышеуказанные компоненты, и позволяют оценить достижимость полученного результата.

Поиск оптимальных путей решения задач, связанных с цифровизацией образования, не может завершиться сиюминутно с внедрением ИИ. Однако, поняв возможные направления действий и опираясь на быстрорастущий функционал нейросетей, мы можем получить прорывной результат уже в ближайшее время.

Одним из успешных примеров второго этапа цифровизации в инженерном образовании [13] явился переход на смешанный формат обучения, обычно реализуемый в системах модульного обучения (Learning Management System – LMS), таких, например, как Moodle, Blackboard [16, 17] и др. Преимущества этого формата заключаются в использовании синхронных и асинхронных методов и технологий обучения, дифференциации образовательных траекторий. В контексте перехода на смешанный формат обучения авторы [13] предлагают решить следующие первостепенные задачи:

- формирование готовности преподавателей к смешанным и онлайн-форматам обучения;
- персонализация образовательного процесса;
- интеграция цифровых технологий в образовательный процесс;
- применение новых педагогических технологий, связанных с дидактическими возможностями интернет-сервисов и ИИ;
- непрерывный мониторинг за процессом и результатами обучения.

Что касается практической реализации третьего этапа цифровизации в инженерном образовании, то одним из способов повышения эффективности процесса обучения может стать использование генеративных нейросетевых моделей, в которые входят большие языковые модели (Large Language Models – LLM) [18, 19]. По данным опроса [18] 80 % преподавателей считают генеративные модели полезным инструментом для обучения студентов.

В исследованиях [20, 21] обсуждаются преимущества и ограничения LLM в образовательных контекстах физики и математики. Исходя из оценки их производительности и возможности применения для адаптации учебного процесса к индивидуальным потребностям студентов делается вывод о необходимости продолжения исследований в области использования нейросетей как инструментов для обучения физике и математике. В табл. 2 представлены потенциальные возможности применения генеративных моделей в образовательных целях и сформулированы условия для реализации этих возможностей в педагогической практике [5, 8].

Таблица 2. Возможности использования генеративных моделей в образовательных целях
Table 2. Possibilities of using generative models for educational purposes

Потенциальные возможности использования нейросетей в образовательных целях Potential possibilities of using neural networks for educational purposes	Условия для практической реализации нейросетей в образовательных целях Conditions for the practical implementation of neural networks for educational purposes
Адаптация образовательного процесса к индивидуальным потребностям студентов Adapting the educational process to the individual needs of students	Повышение квалификации преподавателей, обмен опытом Improving the qualifications of teachers, sharing experiences
Автоматизация рутинных задач, таких как составление рабочих программ, методических указаний, анализ успеваемости, генерация учебных заданий и т. д. Automation of routine tasks such as creating work programs, guidelines, analyzing academic performance, generating educational assignments, etc.	Включение в содержание дисциплин учебных заданий, связанных с целенаправленным применением нейросетей Inclusion of educational tasks related to the targeted use of neural networks in the content of disciplines
Исполнение функций виртуальных ассистентов, способных оперативно давать ответы на типовые вопросы и рекомендации, касающиеся нетривиальных запросов Acting as virtual assistants who can quickly provide answers to common questions and recommendations regarding non-trivial requests	Пересмотр методик оценивания интеллектуальной деятельности обучающихся по работе с предметным содержанием Revision of methods for assessing students' intellectual activity in working with subject content
Создание актуальных учебных материалов, генерация заданий и тестов на основе уровня знаний студентов Creation of relevant educational materials, generation of assignments and tests based on students' knowledge level	Внедрение новых педагогических технологий, учитывающих результаты взаимодействия студентов с различными генеративными моделями Implementation of new pedagogical technologies that take into account the results of students' interaction with various generative models
Выявление проблемных областей в обучении Identifying problem areas in training	Осознание всеми субъектами образовательного процесса необходимости диалога между студентами, преподавателями и ИИ Awareness by all participants in the educational process of the need for dialogue between students, teachers and AI
Осуществление эмоциональной поддержки Providing emotional support	Обеспечение оперативной персонализированной обратной связи в ходе обучения Providing timely personalized feedback during training

Цель и задачи исследования

Цель исследования – проанализировать возможности больших языковых моделей для обеспечения эффективности обучения физике в условиях разноуровневой подготовки студентов инженерных специальностей.

Задачи исследования:

- расширить дидактические возможности смешанного формата обучения посредством интеграции универсальности систем модульного обучения и персонализации образовательного процесса с использованием больших языковых моделей;
- предложить способы обучения физике, адаптированные к когнитивным способностям студентов, посредством использования больших языковых моделей;
- предложить критерии оценивания успешности освоения физики, учитывающие активное использование обучающимися нейросетей.

Методы исследования

Работа над исследованием опиралась на концепцию непрерывного образования, модель открытого обучения физике и модель смешанного обучения. Применялись общенаучные теоретические методы исследования: метод анализа научных статей, психолого-педагогической и научно-методической литературы; информационного интернет-поиска материалов, связанных с представлением возможностей нейросетей в образовательных целях. В качестве эмпирического метода использовался личный опыт применения LLM как средства для персонализации обучения физике студентов инженерных направлений подготовки.

Результаты

Исследовались возможности нейросетевых моделей на базе многомодельного сервиса Sider в плане обеспечения персонализированного

подхода к обучению физике студентов младших курсов инженерных направлений подготовки. Sider наряду с другими аналогичными сервисами позволяет работать с несколькими, в т. ч. с только что созданными, LLM разной производительности и сравнивать полученные с их помощью результаты.

В дальнейшем будем придерживаться следующей классификации LLM:

- базовые модели: GPT-4o mini – облегченная модель от OpenAI, Claude 3.5 Naiku – от разработчиков AnthropicAI и Gemini 1.5 Flash – от корпорации Google;
- продвинутое: GPT-4o, Claude 3.5 Sonnet, Gemini 2.0 Pro;
- суперпродвинутое: OpenAI o1, OpenAI o3, DeepSeek. Заметим, что главной отличительной чертой этих моделей является наличие длинных цепочек рассуждений, проводимых на каждом шаге генерации текста. В них реализована функция глубокого мышления или «reasoning»: модель сначала рассуждает, анализирует, а затем дает ответ. Суперпродвинутое модели справились с решением всех задач профильной части ЕГЭ 2024 по математике, решением вступительных экзаменов на мехмат МГУ, обладают академическими способностями на уровне доктора PhD, способны логически мыслить и анализировать. Китайская модель при этом может работать в режиме поиска информации или в режиме рассуждений, причем делает это бесплатно.

Анализ способности LLM решать задачи по физике. Известно, что многие инженерные задачи, как и задачи по физике, требуют умения анализировать графическую информацию. Модели Claude 3.5 Sonnet было предложено проанализировать график к задаче среднего уровня сложности (рис. 1) (олимпиадная задача муниципального тура).

Модель смогла проанализировать представленную информацию, дав корректный ответ, который потребовал лишь незначитель-

ной стилистической корректировки: «График показывает зависимость скорости от времени для некоторого движения. Начальная скорость составляет 20 м/с, затем происходит равнозамедленное движение до достижения минимальной скорости 10 м/с, после чего начинается равноускоренное движение с увеличением скорости до 30 м/с. График имеет форму параболы с минимумом, что характерно для движения с постоянным ускорением, например, для вертикального броска тела вверх или движения по наклонной поверхности». Этот этап анализа можно использовать в качестве первой подсказки в обучении решению графических задач.

LLM способны распознавать текст, представленный в виде рисунка. В этой связи можно сразу переходить к решению задачи, представленной в виде отсканированной копии условия задачи и рисунка. Модели Claude 3.5 Sonnet были даны запросы на решение задач разного уровня сложности, представленных в форматах документов pdf или docx. Результат успешности решения задач, определенной исходя из критериев получения правильного ответа, непротиворечащего физическим теориям решения и т. д.

С типовыми задачами по физике (школьными и вузовскими) успешно справились базовые модели: GPT-4o mini, Gemini 1.5 Flash и др. Для решения задач повышенного уровня сложности требовалось использовать продвинутое модели, среди которых наибольшую эффективность продемонстрировали Claude 3.5 Sonnet и GPT-4o. На рис. 2 проиллюстрирован результат решения разными LLM выборки из 20 задач по механике, обычно предлагаемых студентам инженерных направлений подготовки вузов. Суперпродвинутое модели справились с решением 90 % задач из выборки. Важно, что при этом они подробно разбирали ход решения, приводя пошаговые рассуждения, и анализировали полученный ответ.

На графике представлена зависимость модуля скорости шарика, брошенного под углом к горизонту с балкона, от момента броска до падения на землю. Определите, под каким углом был брошен шарик и на какой высоте над землей находится балкон.

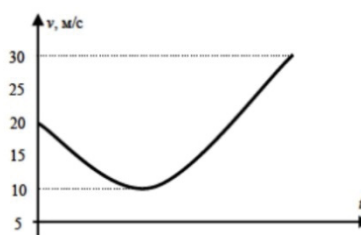


Рис. 1. Условие задачи, представленное в виде отсканированного документа

Fig. 1. Task presented as a scanned document

Однако, несмотря на представленный моделью правильный ответ, встречались ошибки в интерпретации решений, некорректном использовании физических терминов или применение теории, которую студенты на данный момент еще не изучали. В этой связи необходимо вести контекстный диалог с нейросетью, в ходе которого критически анализировать представленный ход решения и задавать уточняющие вопросы. Целесообразно также самостоятельно или с помощью LLM проверять правдоподобность рассуждений и полученных ответов.

Дополнительные возможности для решения задач по физике. Для студентов, обучающихся на информационных направлениях подготовки и имеющих слабую мотивацию к изучению физики, можно предложить моделировать физические процессы и визуализировать решение задач по физике с помощью генеративных моделей. Например, можно провести моделирование механического движения без использования дифференциальных уравнений, навыками решения которых студенты первого курса пока не обладают.

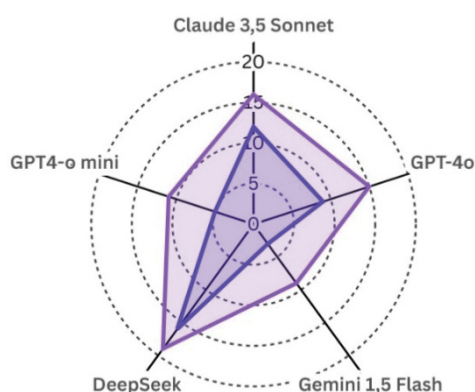


Рис. 2. Сравнительная диаграмма результатов решения 20 задач по механике: 1 – решено с первой попытки, 2 – решено после уточняющих вопросов
Fig. 2. Comparative chart of results for 20 mechanics problems: 1 – solved on the first attempt, 2 – solved after clarifying questions

Сначала GPT-4o с целью актуализации информации был представлен расширенный конспект лекции по теме: «Динамика материальной точки в неинерциальных системах отсчета». Затем было предложено уточнить и расширить объяснения, касающиеся сил инерции. После этого модели был дан запрос: «Приведи пример симуляции для описания движения тела в неинерциальной системе отсчета, движущейся поступательно». GPT-4o

предложила рассмотреть ситуацию с автомобилем, ускоряющимся из состояния покоя, а в качестве объекта для симуляции был выбран мяч, лежащий на гладкой крыше автомобиля. LLM объяснила, каким образом было получено кинематическое уравнение движения, сгенерировала код и вывела на экран график движения мяча в системе отсчета, связанной с автомобилем.

Преподаватель решил усложнить задачу и сделал новый запрос: «Внеси уточнения в условие задачи в виде наличия силы сопротивления, пропорциональной скорости движения мяча относительно автомобиля». GPT-4o построила физическую и математические модели, объяснила этапы получения уравнения движения, которое преобразовала в дифференциальное уравнение первого порядка. Для получения графика движения нейросетевая модель использовала принятые ей в качестве примера параметры. С первой попытки решение оказалось ошибочным.

После внесения корректирующих запросов: «В дифференциальном уравнении перед ускорением автомобиля должен стоять знак минус» и «... получилось, что сила сопротивления привела к возрастанию скорости, поставь перед силой сопротивления знак минус». GPT-4o исправила решение и сгенерировала верный график движения мяча (рис. 3).

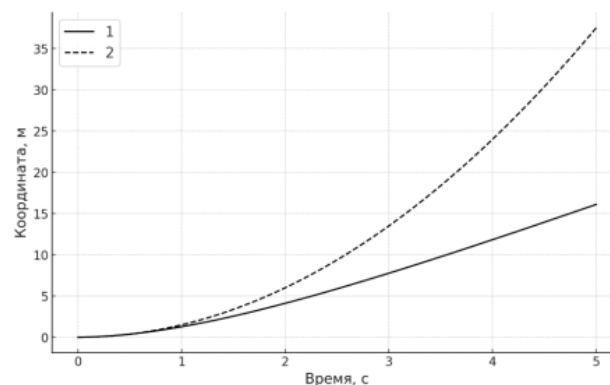


Рис. 3. График движения, полученный GPT-4o при решении уравнения динамики: 1 – при наличии вязкого трения; 2 – при отсутствии вязкого трения

Fig. 3. Graph of motion obtained by GPT-4o by solving the equation of dynamics: 1 – with viscous friction; 2 – without viscous friction

Для удобства визуализации был сделан следующий запрос: «Дополни код так, чтобы студент мог сам вводить значение коэффициента сопротивления». GPT-4o сгенерировала код на языке Python и дала рекомендации по

использованию программной среды, необходимой для его исполнения, в частности Jupyter Notebook.

Аналогичную последовательность действий могут использовать студенты для интерпретации и визуализации отдельных тем учебного материала по физике. По сравнению с использованием математических пакетов преимущества LLM заключаются в предоставлении студентам подробных объяснений алгоритмов получения уравнений движения с точки зрения физики и оперативность получения ответа.

Использование LLM для автоматизации процесса создания тестов и их встраивания в систему дистанционного обучения Moodle. Таксономия в ее цифровой редакции является одним из способов проверки уровня усвоения учебного материала. Обычно преподаватель сам формулирует задания, в ряде случаев используя для проведения контроля метод тестирования. Для ускорения этой работы и учета когнитивных способностей студентов целесообразно использовать возможности LLM, предварительно подготовив соответствующие запросы (промпты).

1. Предварительный этап, заключающийся в формулировке образовательных результатов по изучаемой теме. Пример запроса: «Действуй как преподаватель-образовательный технолог в области {физики}. Сформулируй образовательные результаты по теме {...}. Целевая аудитория студенты {...} курса направления подготовки {...}. Используй таксономию {Блума}». Важно, что ответ нейросети потребует скорректировать.
2. Этап отбора заданий. Для реализации этого этапа преподаватель может использовать разные варианты. Во-первых, взять для диалога с моделью готовые авторские задачи по физике, которые предварительно были переведены в формат электронного документа или представлены в виде сканов страниц учебного пособия. Во-вторых, можно предоставить нейросети теоретический материал и сделать запрос на генерацию определенного типа заданий по содержательной части этого материала. В-третьих, можно самостоятельно сформулировать несколько примеров заданий и попросить нейросеть сгенерировать последовательность аналогичных заданий.
3. Этап формирования заданий для теста. Для этого требуется подготовить запрос при-

мерно такого содержания: «Составь задания для формирования теста по проверке достижения планируемых результатов обучения по теме {...}. Тест должен состоять из {...} вопросов. Для оценки образовательного результата используй различные типы заданий: закрытые (с выбором одного или нескольких правильных ответов, на установление правильной последовательности или соответствия) и открытые (ввод числа или текста). Для каждого из вопросов теста предложи {...} вариантов однотипных вопросов одинакового уровня сложности». Целесообразно добавить в запрос следующий комментарий: «В заданиях с закрытой формой ответов должно содержаться не менее {...} вариантов ответов. Правильных ответов может быть несколько. Не забудь указать правильные ответы. Вопросы готовь на основе содержания прикрепленных файлов». Можно уточнить, что задания для вопросов теста должны проверять какой-то определенный уровень достижения планируемых результатов обучения (когнитивный уровень по Блуму).

4. Этап подготовки документа для импорта в Moodle. Сделав соответствующий запрос, преобразуйте сгенерированные нейросетью задания в формат Aiken (поддерживаются вопросы типа множественного выбора, на соответствие, короткий ответ, числовой ответ) или GIFT (дополнительно к Aiken поддерживаются форматы пропущенное слово и эссе). Скопируйте преобразованный тест и разместите его в редакторе Word. Отредактируйте в случае необходимости содержание заданий. Сохраните документ в файле с расширением txt, используя кодировку UTF-8. Более универсальным является преобразование сгенерированных задач в формат Moodle XML, поддерживающий все типы вопросов. После преобразования нужно сохранить текст в файле с расширением txt, а затем изменить расширение файла на xml.
5. Заключительный этап – импорт в Moodle. Импортируйте готовый файл в базу вопросов Moodle, отредактируйте в случае необходимости задания. Далее проведите группировку вопросов по подкатегориям и сформируйте тест, используя инструменты Moodle.

Аналогично можно поступать для генерации творческих заданий на проверку владе-

ния учебным материалом на уровне анализа, объяснения и т. д. Примеры встраивания в Moodle тестов и заданий в соответствии с балльно-рейтинговой системой представлены в [16].

Методы и приемы верификации ответов нейросетей. Результаты приведенных выше исследований показывают, что верификация ответов LLM на запросы пользователя является крайне необходимой даже для суперпродвинутых моделей. Рассмотрим, каким образом можно проверить ход рассуждений и тем самым повысить достоверность ответов на запросы. Эти рекомендации, безусловно, окажутся полезными для студентов, у которых на начальном этапе обучения в вузе слабо развита способность критического анализа и ведения диалога, в т. ч. с ИИ. Например, очень часто студенты дают формализованные ответы на вопросы по физике; легко могут перепутать понятия, в частности, мощность в механике и в разделе электромагнетизм; называют физические явления, но не могут объяснить причины их возникновения и т. д. Предлагаем использовать следующие методы и приемы для верификации и уточнения ответов LLM.

1. Прием детализации. Сообщите нейросети, что именно вы ищете. Если ваш запрос предоставляет слишком много свободы для поиска в имеющихся базах данных, будет высока вероятность ответа с ошибочной или сфабрикованной информацией. Чем более подробно будет сформулирован запрос с учетом контекста решаемой задачи и целей ее решения, тем точнее будет ответ.
2. Метод структуризации. Структурируйте запросы по шагам, реализуя полноценный диалог с моделью. Базовые и продвинутые модели могут страдать «галлюцинациями», т. е. в силу заложенных в них алгоритмов предугадывания приводить заведомо ошибочные ответы, забывать содержание начала диалога, при незнании правильного ответа приводить правдоподобные, но не существующие в окружающем мире решения. Для уменьшения галлюцинаций можете попросить нейросеть сделать основные выводы, предоставить подтверждающие доказательства для каждого из них.
3. Метод документального поиска. Направьте нейросеть к доверенным источникам информации, поскольку многие генеративные модели не указывают, откуда приводят

материал в своих ответах. Целесообразно адресовать модель к проверенной группе источников или привести свой пример возможного решения. Таким образом вы сузите объем рассматриваемой информации и избежите заведомо ложных решений.

4. Используйте метод мета-подсказок. Сформулируйте вопрос, а затем попросите нейросеть создать подсказку для этого вопроса и дать ответ. По сути, здесь используется прием «наделение персоной», заставляющий нейросеть выступить в конкретной роли, исходя из цели задания вопроса и его контекста.
5. Используйте прием «цепочка мыслей», предложив разбить ответ на логические шаги. Дайте образец ответа и обсуждайте ответы пошагово.
6. Используйте метод «цепочка проверки». Сначала попросите модель ответить на запрос. Затем – сформулировать контрольные вопросы для проверки предоставленного ответа, акцентируя внимание на точности этих вопросов по отношению к содержанию исходного запроса. Далее попросите дать ответ на эти вопросы, а затем сравнить полученный ответ с первоначальным. Можно также попросить нейросетевую модель сравнить свой ответ с ответом другой модели, т. е. стимулировать самопроверку.

Обработка результатов эксперимента. Физический практикум является неотъемлемой частью курса физики. При выполнении заданий студенты обычно много времени затрачивают на расчет ширины доверительного интервала, использование метода наименьших квадратов при построении графиков, проверку статистических гипотез о распределениях физических величин (например, распределения Максвелла) и т. д. Для оптимизации процедуры выполнения такого рода заданий целесообразно использовать возможности математических библиотек, интегрированных в нейросетевые модели. Один раз составив шаблон запроса и проверив корректность его выполнения, студенты могут избежать необходимости выполнения рутинных операций. Конечно, обучающиеся сначала должны убедиться в правильности алгоритма, предложенного нейросетью, проведя необходимые расчеты без использования LLM.

Пример запроса к GPT-4o: «Рассчитай стандартную ошибку среднего для чисел 10, 9,

11». Модель привела алгоритм расчета и вычисления по каждому его шагу. Ответ модели: «Стандартная ошибка среднего (Standard Error of the Mean – SEM) для данного набора чисел приблизительно равна 0,577». При этом были даны пояснения, для чего используются стандартное отклонение выборки и SEM.

Обсуждение

Анализ возможностей LLM и приведенные выше примеры продемонстрировали области применения нейросетей в обучении физике студентов младших курсов инженерных направлений подготовки. Для обеспечения соответствия возможностей моделей когнитивным способностям и запросам студентов целесообразно исходить из функционала и преимуществ нейросетей в обучении физике, указанных в табл. 3.

Использование генеративных моделей не только экономит время преподавателей и студентов, но и позволяет находить новые

идеи для повышения эффективности учебного процесса. Например, можно использовать LLM как инструмент для выработки умений решать задачи и по физике. Здесь важно правильно сформулировать задание. Оно должно мотивировать студентов к ведению диалога, объяснению и критическому анализу хода решения задачи, а не ограничиваться формальным поиском ответа. Готовое решение задачи, представленное в pdf-файле, такими качествами не обладает, т. к. воспринимается как некоторый пример и с необходимостью не стимулирует умственную и коммуникативную деятельность студентов.

Генеративные модели могут использоваться как средство для проведения интерактивных занятий и персонализации обучения [14]. В этом аспекте решаются две задачи: адаптация процесса изучения физики к когнитивным возможностям и интересам студентов и задействование разных каналов получения и

Таблица 3. Функционал и преимущества LLM в обучении физике
Table 3. Functionality and advantages of LLM in teaching physics

Функционал/Functional	Преимущества/Advantages
Чат с мгновенными ответами/Chat with instant answers	Экономия времени/Saving time
Анализ веб-страниц (улучшенный поиск информации, анализ текста, обобщение видеороликов и т. д.) Web page analysis (improved information search, text analysis, video summarization, etc.)	Поиск новых идей/Search for new ideas
Извлечение текста из изображений Extracting text from images	Увеличение разнообразия и качества контента Increasing content diversity and quality
Анализ содержимого PDF-файла, создание собственной базы знаний Analyze the contents of a PDF file, create your own knowledge base	Адаптация к изменяющимся условиям и потребностям Adaptation to changing conditions and needs
Чат с использованием одного или нескольких документов (pdf, jpg, mp3, web-страницы, doc, xlsx, wav) Chat using one or more documents (pdf, jpg, mp3, web pages, doc, xlsx, wav)	Улучшение разнообразия и точности формулировок Improving the variety and precision of wording
Создание изображений из текста, редактирование изображений Creating images from text, editing images	Автоматизация подготовки тестов для систем дистанционного обучения Automation of test preparation for distance learning systems
Озвучивание текста, преобразование текста в мультимедийный контент и наоборот Text-to-speech, text-to-multimedia conversion and vice versa	Общение на естественном языке и корректировка ответов на основе диалога пользователя с нейросетью Natural language communication and response adjustments based on the user's dialogue with the neural network
Подготовка текстов статей, писем, рефератов, презентаций и т. д., сохранение истории диалогов Preparing texts for articles, letters, papers, presentations, etc., saving dialogue history	Реализация экспертного этапа перед опубликованием ответа (при условии правильности запросов пользователя) Implementation of the expert stage before publishing the answer (provided that the user's requests are correct)
Качественный перевод со многих языков High-quality translation from many languages	Адаптация в ходе общения на основе контекстного диалога и огромного массива имеющихся в сети данных Adaptation during communication based on contextual dialogue and a huge array of data available on the network

представления информации. LLM способны генерировать уникальные задания для самостоятельной работы и сценарии занятий.

Интеграция универсальных инструментов систем модульного обучения и персонализированного обучения с использованием LLM полезна в обеспечении функционирования онлайн-площадок для коллективной работы. В качестве предметной основы здесь могут выступать разнообразные по уровню сложности задания, сгенерированные в т. ч. с помощью нейросетей, нестандартные задания, стимулирующие разнообразную учебную деятельность студентов, на основе диалога с нейросетями. Например, проектная деятельность, выполнение заданий, связанных с вычислительными возможностями нейросетей и т. д. Выполнение заданий оценивается согласно балльно-рейтинговой системе. Инструментарий LMS Moodle позволяет осуществить мониторинг за процессом обучения, предоставляя нейросетям данные для проведения статистического анализа. На основе результатов этого анализа можно планировать внесение корректировок в онлайн-курс.

Одним из новых педагогических приемов, инициированных появлением LLM, является проведение баттлов – соревнований. Соревнования могут проходить между группами студентов, использующих различные модели нейросетей, между студентами, предоставившими свои авторские решения, и студентами, которые получили решения с помощью ИИ. В качестве критериев оценивания могут использоваться: наличие верного ответа, скорость его получения, качество объяснений решения, способы верификации решений и т. п.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует значительный потенциал больших языковых

моделей (LLM) в персонализации обучения физике студентов инженерных направлений подготовки. Результаты показывают, что современные модели, такие как GPT-4o и Claude 3.5 Sonnet, DeepSeek, успешно справляются с решением большинства задач по физике при условии проведения в ходе диалога с нейросетью критического анализа предоставленных ответов и пошаговых решений. Это позволяет использовать LLM в качестве консультанта при соответствующей поддержке преподавателя. Такая поддержка как раз и необходима для выработки умений верифицировать результаты, предоставляемые LLM, с целью минимизации возможных ошибок и некорректных с точки зрения физики интерпретаций.

Показано, что LLM позволяют автоматизировать создание тестов и интегрировать их в универсальную систему модульного обучения Moodle, тем самым помогая организовать интерактивные занятия в формате смешанного обучения с целью улучшения понимания изучаемого материала и формирования у студентов критического мышления.

Предложенные в ходе исследования педагогические приемы, такие как проведение соревнований с использованием LLM, визуализация физических процессов, ведение контекстного диалога с нейросетями на основе предоставленной в документах информации, стимулирование к применению вычислительных возможностей генеративных моделей при выполнении заданий лабораторного практикума, мотивируют студентов к освоению физики.

Обозначена значимость проведения постоянной модернизации рабочих программ по физике с учетом лавинообразного появления новых возможностей нейросетей, а также важность продолжения исследований путем расширения его эмпирической базы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лидер А.М., Слесаренко И.В., Соловьев М.А. Приоритетные задачи и опыт инженерно-технической подготовки в университетах России // Высшее образование в России. – 2020. – Т. 29. – № 4. – С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-4-73-84> EDN: AGHNZV
2. Конкин А.А. Цифровизация образования: преодоление барьеров и рисков к цифровому университету будущего // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2020. – № 2 (27). – С. 136–140. DOI: 10.36809/2309-9380-2020-27-136-140 EDN: RKKHKO
3. Попова Е.В. Инновации в развитии высшего образования в цифровой экономике // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 1. – С. 4–8. EDN: GRIHVI
4. Роберт И.В. Реализация возможностей искусственного интеллекта в образовании // Пространство педагогических исследований. – 2024. – Т. 1. – № 1. – С. 60–75. DOI: 10.23859/3034-1760.2024.77.66.004 EDN: NEEEXT

5. Воронина Д.К. Нейронные сети в образовании: угрозы, вызовы и перспективы // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2024. – № 212. – С. 126–136. DOI: 10.33910/1992-6464-2024-212-126-136 EDN: RXYSEP
6. Фещенко Т.С. Потенциал использования технологии искусственного интеллекта при обучении физике в школе // Общество: социология, психология, педагогика. – 2024. – № 7. – С. 50–65. DOI: 10.24158/spp.2024.7.6 EDN: LKHICS
7. Сысоев П.В. Искусственный интеллект в образовании: осведомленность, готовность и практика применения преподавателями высшей школы технологий искусственного интеллекта в профессиональной деятельности // Высшее образование в России. – 2023. – Т. 32. – № 10. – С. 9–33. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-10-9-33> EDN: TZYTKM
8. Широколобова А.Г. Искусственный интеллект как инструмент оптимизации работы преподавателя высшей школы // Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2024. – Т. 9. – № 2. – С. 138–145. DOI: 10.30853/ped20240018 EDN: WYACNK
9. Ананин Д.П., Комаров Р.В., Реморенко И.М. «Когда честно – хорошо, для имитации – плохо»: стратегии использования генеративного искусственного интеллекта в российском вузе // Высшее образование в России. – 2025. – Т. 34. – № 2. – С. 31–50. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2025-34-2-31-50> EDN: OBDXTG
10. Кисленко Е.С. Проблема инженерной подготовки в вузе и пропедевтический курс физики в школе // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2017. – № 12 (189). – С. 56–62. DOI: 10.23951/1609-624X-2017-12-56-62 EDN: ZVFKET
11. Богданова А.Н., Аршба Т.В. Подготовка бакалавров физико-математического образования по информационным технологиям в условиях выравнивающе-развивающего обучения // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2020. – № 1 (26). – С. 93–97. DOI: 10.36809/2309-9380-2020-26-93-97 EDN: WRDDDT
12. Филиппова Е.М., Шемякина С.А. Преподавание физики в вузе в цифровой образовательной среде // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2023. – № 6 (179). – С. 81–86. EDN: BNAYXB
13. Меньшикова И.П. Тенденции цифровизации инженерного образования в высших учебных заведениях // Инженерное образование. – 2022. – № 32. – С. 17–32. DOI: 10.54835/18102883_2022_32_2 EDN: BZUWSU
14. Сысоев П.В. Персонализированное обучение на основе технологий искусственного интеллекта: насколько готовы современные студенты к новым возможностям получения образования // Высшее образование в России. – 2025. – № 34. – № 2. – С. 51–71. DOI: doi.org/10.31992/0869-3617-2025-34-2-51-71 EDN: WEAGVQ
15. Искусственный интеллект: к новой парадигме инженерного образования? / Ю.П. Похолоков, К.К. Зайцева, Е.В. Исаева, И.О. Муравлев // Инженерное образование. – 2023. – № 34. – С. 180–189. DOI: 10.54835/18102883_2023_34_16 EDN: EOBHIS
16. Назаров А.И. Проектирование онлайн-курса по физике как средства вариативной фундаментальной подготовки будущих инженеров // Инженерное образование. – 2024. – № 35. – С. 87–96. DOI: 10.54835/18102883_2024_35_8 EDN: MCRLKI
17. Практика использования модели EMI для подготовки иностранных студентов / А.И. Назаров, А.А. Платонов, Е.И. Прохорова, Е.И. Соколова // Непрерывное образование: XXI век. – 2023. – № 1(41). – С. 14–33. DOI: 10.15393/j5.art.2023.8245 EDN: OHLEXI
18. Generative AI and Teachers Perspectives on its Implementation in Education / R. Kaplan-Rakowski, K. Grotewold, R. Hartwick, K. Papin // Journal of Interactive Learning Research. – 2023. – Vol. 34. – № 2. – P. 313–338.
19. Chiu Thomas K.F. The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: a case of ChatGPT and Midjourney // Interactive learning environments. – 2023. – Vol. 32. – № 10. – P. 6187–6203. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>
20. Мариносян А.Х. CHATGPT-4 в обучении физике и математике: возможности ограничения и перспективы совершенствования // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2024. – № 4 (70). – С. 95–115. DOI: 10.24412/2072-9014-2024-470-95-115 EDN: DNGISD
21. Паскова А.А. Технологии искусственного интеллекта в персонализации электронного обучения // Вестник майкопского государственного технологического университета. – 2019. – Вып. 3(42). – С. 113–122. DOI: 10.24411/2078-1024-2019-13010 EDN: XAWYHE

Поступила: 04.06.2025

Принята: 20.10.2025

UDC 378.147:372.853

DOI: 10.54835/18102883_2025_38_11

LARGE LANGUAGE MODELS AS A TOOL IN PHYSICS TRAINING OF FUTURE ENGINEERS

Aleksei I. Nazarov,

Dr. Sc., Associate Professor, Head of General Physics Department,
anazarov@petrsu.ru

Petrozavodsk State University,
33, Lenin avenue, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the study of the possibilities of large language models in teaching physics to engineering students. The relevance is conditioned by the necessity of personalisation of physics teaching and selection of technologies adequate to the tasks of knowledge-intensive production, digital economy and cognitive abilities of modern students. The aim of the study is to analyse the functionality and identify the advantages of large language models in personalisation and efficiency of physics teaching. The research methodology is based on the concept of lifelong learning, open learning model of physics, blended learning method, and empirical method of studying the didactic possibilities of large language models. The author proposed the methods of personalisation of the educational process, ways of developing a new type of tasks related to the application of large language models, recommendations on formulating criteria for evaluating the results of learning activities are. It was demonstrated that GPT-4o and Claude 3.5 Sonnet in the course of contextual dialogue can explain solutions to most physics problems offered to engineering students, but under the condition of critical analysis of all stages of the solution. The practical significance of the work lies in the development of methods of using large language models to automate the procedure of test creation and their embedding in Moodle, visualisation of physical processes, organisation of interactive classes in the format of blended learning. New pedagogical methods such as: competitions using large language models, contextual dialogue with neural networks, using their computational capabilities in carrying out similar calculations are of applied value. The conclusion emphasises the need to adapt educational programmes to the capabilities of large language models and to conduct further research into their didactic potential.

Keywords: large language models, teaching personalization, engineering education in the digital era, artificial intelligence in physics education

REFERENCES

1. Lider A.M., Slesarenko I.V., Solovyev M.A. Priority goals and organization of engineering training at Russian universities. *Higher Education in Russia*, 2020, vol. 29, no. 4, pp. 73–84. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-4-73-84> EDN: AGHNZV
2. Konkin A.A. Digitalization of education: overcoming barriers and risks on the way to the digital university of the future. *Review of Omsk State Pedagogical University. Humanitarian research*, 2020, no. 2 (27), pp. 136–140. (In Russ.) DOI: 10.36809/2309-9380-2020-27-136-140 EDN: RKKHKO
3. Popova E.V. Innovations in the development of higher education in the digital economy. *Innovation & investment*, 2023, no. 1, pp. 4–8. (In Russ.) EDN: GRIHVI
4. Robert I.V. Implementation of artificial intelligence capabilities in education. *Education Research Environment*, 2024, vol. 1, no. 1, pp. 60–75. (In Russ.) DOI: 10.23859/3034-1760.2024.77.66.004 EDN: NEEEXT
5. Voronina D.K. Neural networks in education: threats, challenges and perspectives. *Izvestiya: Herzen University Journal of Humanities & Sciences*, 2024, no. 212, pp. 126–136. (In Russ.) DOI: 10.33910/1992-6464-2024-212-126-136 EDN: RXYSEP
6. Feshchenko T.S. the potential of using ai technology in teaching physics at school. *Society: Sociology, Psychology, Pedagogics*, 2024, no. 7, pp. 50–65. (In Russ.) DOI: 10.24158/spp.2024.7.6 EDN: LKHICS
7. Sysoyev P.V. Artificial Intelligence in education: awareness, readiness and practice of using Artificial Intelligence technologies in professional activities by university faculty. *Higher Education in Russia*, 2023, vol. 32, no. 10, pp. 9–33. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-10-9-33> EDN: TZYTKM
8. Shirokolobova A.G. Artificial intelligence as a tool to optimize the work of a higher school teacher. *Pedagogy. Theory & Practice*, 2024, vol. 9, Iss. 2, pp. 138–145. (In Russ.) DOI: 10.30853/ped20240018 EDN: WYACNK
9. Ananin D.P., Komarov R.V., Remorenko I.M. “When honesty is good, for imitation is bad”: strategies for using Generative Artificial Intelligence in Russian higher education institutions. *Higher Education in Russia*, 2025, vol. 34, no. 2, pp. 31–50. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2025-34-2-31-50> EDN: OBDXTG

10. Kislenco E.S. The problem of engineering training in higher education and the propedeutical course of physics in school. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2017, no. 12 (189), pp. 56–62. (In Russ.) DOI: 10.23951/1609-624X-2017-12-56-62 EDN: ZVFKET
11. Bogdanova A.N., Arshba T.V. Preparation of bachelors of physico-mathematical education in information technologies in conditions of leveling and developing training. *Review of Omsk State Pedagogical University. Humanitarian research*, 2020, no. 1 (26), pp. 93–97. (In Russ.) DOI: 10.36809/2309-9380-2020-26-93-97 EDN: WRDDDT
12. Filippova E.M., Shemyakina S.A. Teaching physics in university in the digital educational environment. *Izvestia of the Volgograd State Pedagogical University*, 2023, no. 6 (179), pp. 81–86. (In Russ.) EDN: BNAYXB
13. Menshikova I.P. Tendencies of engineering education digitalization in higher educational institutions. *Engineering Education*, 2022, no. 32, pp. 17–32. (In Russ.) DOI: 10.54835/18102883_2022_32_2 EDN: BZUWSU
14. Sysoyev P.V. Personalized learning based on Artificial Intelligence: how ready are modern students for new educational opportunities. *Higher Education in Russia*, 2025, vol. 34, no. 2, pp. 51–71. (In Russ.) DOI: doi.org/10.31992/0869-3617-2025-34-2-51-71 EDN: WEAGVQ
15. Pokholkov Y.P., Zaitseva K.K., Isaeva E.V., Muravlev I.O. Artificial intelligence: towards a new paradigm in engineering education? *Engineering Education*, 2023, no. 34, pp. 180–189. (In Russ.) DOI: 10.54835/18102883_2023_34_16 EDN: EOBHIS
16. Nazarov A.I. Designing an online course in physics as a means of providing variable fundamental training for future engineers. *Engineering Education*, 2024, no. 35, pp. 87–96. (In Russ.) DOI: 10.54835/18102883_2024_35_8 EDN: MCRLKI
17. Nazarov A.I. Practice of using the EMI model for teaching international students. *Lifelong Education: The 21st Century*, 2023, vol. 1 (41), pp. 14–33. (In Russ.) DOI: 10.15393/j5.art.2023.8245 EDN: OHLEXI
18. Kaplan-Rakowski R., Grotewold K., Hartwick R., Papin K. Generative AI and teachers perspectives on its implementation in education. *Journal of Interactive Learning Research*, 2023, vol. 34, no. 2, pp. 313–338.
19. Chiu Thomas K.F. The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: a case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive learning environments*, 2023, vol. 32, no. 10, pp. 6187–6203. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>.
20. Marinosyan A.K. CHATGPT-4 in teaching physics and mathematics: opportunities, limitations and prospects for improvement. *MCU journal of informatics and informatization of education*, 2024, no. 4 (70), pp. 95–115. (In Russ.) DOI: 10.24412/2072-9014-2024-470-95-115 EDN: DNGISD
21. Paskova A.A. Artificial intelligence technologies in e-learning personalization. *Vestnik majkopskogo gosudarstvennogo tehnologiceskogo universiteta*, 2019, vol. 3 (42), pp. 113–122. (In Russ.) DOI: 10.24411/ 2078-1024-2019-13010 EDN: XAWYHE

Received: 04.06.2025

Accepted: 20.10.2025