 © Авторы статьи / Authors of the article

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ (ПО ОБЛАСТЯМ И УРОВНЯМ ОБРАЗОВАНИЯ)/THEORY AND METHODS OF TEACHING AND UPBRINGING (BY AREAS AND LEVELS OF EDUCATION)

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56 EDN: DJGOCW

ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

Научная статья

Борисова Е.В.[1, *]
[1] ORCID : 0000-0003-1476-7301;
[1] Тверской государственный технический университет, Тверь, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (elenborisov[at]mail.ru)

Предложена: 14.08.2026; Принята: 04.09.2026; Опубликована: 17.09.2026

Аннотация

Исследование посвящено решению проблемы преодоления латентной пассивности студентов технических вузов при изучении фундаментальных разделов высшей математики в условиях расширения интеграции цифровых систем в образовательную среду. Методологическую базу работы составляют концепция личностно-ориентированного профессионального образования и теории дидактического моделирования. Проверка эффективности предложенного подхода осуществлялась в рамках контролируемого параллельного педагогического эксперимента на выборке из 87 студентов, основанного на сопоставлении критериально-уровневых профилей контрольной и экспертной групп с использованием непараметрического статистического критерия Крамера-Уэлча. Разработана и апробирована шестикомпонентная модель организации проактивной познавательной деятельности, а также алгоритмы критериального оценивания индивидуального уровня расчетно-аналитической компетенции. Экспериментально зафиксирован статистически достоверный качественный сдвиг показателей экспериментальной группы (T = 6,09 при критическом пороге 1,96), выразившийся в снижении доли студентов с низким уровнем формируемой компетенции до 0% и росте доли с высоким уровнем до 61,1%. Доказано, что синергетический дидактический эффект достигается за счет совмещения аудиторных соревновательных интенсивов, снижающих математическую тревожность, и удаленной самостоятельной работы с ведением сократического диалога. Формат предметного хакатона средствами командного поручительства успешно решает проблему пассивного попутчика в гетерогенных группах, а вскрытые в ходе апробации риски когнитивного аутсорсинга студентов определяют перспективный вектор целевых настроек контролирующей функции цифровой среды.

Ключевые слова: расчетно-аналитическая компетенция, предметный хакатон, сократический диалог, командное поручительство, математическая тревожность.

A HYBRID MODEL OF PROBLEM-ORIENTED MATHEMATICAL TRAINING FOR ENGINEERING STUDENTS

Research article

Borisova Y.V.[1, *]
[1] ORCID : 0000-0003-1476-7301;
[1] Tver State Technical University, Tver, Russian Federation

* Corresponding author (elenborisov[at]mail.ru)

Suggested: 14.08.2026; Accepted: 04.09.2026; Published: 17.09.2026

Abstract

The study is devoted to solving the problem of overcoming the latent passivity of technical university students during the acquisition of fundamental higher mathematics sections under the expanding integration of digital systems into the educational environment. The methodological framework of the work comprises the concept of person-oriented professional education and theories of didactic modeling. The efficiency verification of the proposed approach was carried out within a controlled parallel pedagogical experiment on a sample of 87 students, based on the comparison of criteria-level profiles of control and expert groups using the non-parametric statistical Cramer-Welch test. A six-component model for organizing proactive cognitive activity, as well as algorithms for criteria-based evaluation of the individual level of calculation and analytical competence, have been developed and validated. A statistically significant qualitative shift in the experimental group's performance was experimentally recorded (T = 6,09 at a critical threshold of 1,96), resulting in a decrease in the share of students with a low level of the formed competence to 0% and an increase in the share with a high level to 61,1%. It has been proven that a synergetic didactic effect is achieved by combining face-to-face competitive intensives that reduce mathematical anxiety and remote independent work with Socratic dialogue execution. The subject-specific hackathon format, through command guarantee tools, successfully solves the "free rider" problem in heterogeneous groups, while the risks of students' cognitive outsourcing revealed during validation define a promising vector for targeted settings of the digital environment control function.

Keywords: calculation and analytical competence, subject-specific hackathon, Socratic dialogue, command guarantee, mathematical anxiety.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Введение

Современный этап развития высшего образования характеризуется кардинальной трансформацией дидактических подходов, вызванной интеграцией цифровых систем в образовательную среду. Мировая инновационная экономика предопределяет опору на продуктивные способности человека к новациям и творчеству в научно-технической сфере. «В отличие от традиционных, поддерживающих методов обучения, наделяющих фиксированным набором методов для решения повторяющихся задач, современное образование имеет дело с динамично меняющейся системой знаний и представлений об окружающем мире» [1, С. 28]. Таким образом, обучение будущих инженеров должно предполагать развитие способности к творческой работе в условиях роста объема знаний и избытка разносторонней информации. По мнению Е.В. Бережновой, В.В. Краевского, педагогической науке важным направлением всегда являлась разработка нового содержания образования и соответствующих ему методов [2]. Новая дидактическая парадигма высшей школы определяет переход от информационной модели к личностно- и компетентностно-ориентированной. В ее рамках фундаментальная математическая подготовка студентов инженерных профилей сталкивается со специфическим когнитивным барьером. Обучение ориентируется на процесс самостоятельного поиска знаний, развития критического мышления, работы в цифровой среде и гибкости в профессиональном общении. Результатом образования становится овладение комплексом soft skills, способами креативного мышления и деятельности рефлексивного характера (Н.А. Антипин, Б.С. Гершунский, О.В. Долженко, В.М. Розин и др.).

Своеобразие когнитивного профиля современных студентов сопряжено с рядом существенных рисков и дефицитов. Прежде всего, фиксируется фрагментарность восприятия данных, выступающая барьером для системного анализа междисциплинарных технических задач. Сниженная способность к длительной концентрации внимания и тенденция к поверхностному считыванию данных вместо их верификации существенно снижают качество критического мышления, необходимого для оценки надежности и пригодности инженерных решений [3]. Обучающиеся демонстрируют латентную пассивность, подменяя глубокий структурный анализ физического смысла математических моделей механическим копированием готовых алгоритмов и бездумным выполнением автоматических процедур.

Преодоление негативных и использование позитивных когнитивных особенностей современных студентов требует расширение методик проблемно-ориентированного обучения. Аспекты интеграции генеративного искусственного интеллекта (ИИ) в обучение инженеров и методам геймификации при формировании расчетно-аналитических компетенций рассмотрены O.L. Acuña и соавторами [4]. Ученые показали, что такие подходы повышают вовлеченность студентов и развивают гибкие навыки без потери качества технических вычислений. В работе I. Mijakovic и S. Rahimi [5] подтвержден глобальный тренд ухода от фронтального заучивания формул к практико-ориентированному обучению, как главному инструменту преодоления студенческой пассивности. Перспективные инструменты обучения должны приобретать гибридный проактивный характер, связывая цифровые следы, аудиторные и самостоятельные практики студентов [6]. Соревновательный формат позволяет задействовать латентный ресурс вовлеченности студентов силами «малых групп» в решении практико-ориентированных задач в условиях дефицита времени [7]. Игровой контекст и жесткий лимит времени переводят абстрактные математические категории в плоскость «инструментов коллективного выживания» команды.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью теоретического обоснования и разработки гибридных моделей проактивного обучения, способных интегрировать потенциал современных интеллектуальных ИИ-агентов в процесс самостоятельной работы студентов без риска девальвации фундаментальности математического знания и снижения когнитивной сложности учебных задач. Целью проведенного исследования является проектирование, теоретическое обоснование и экспериментальная верификация гибридной модели математической подготовки студентов технических вузов по методу проактивного обучения с привлечением ИИ-агентов.

Научная новизна заключается в разработке гибридной модели проблемно-ориентированной математической подготовки, отличительной особенностью которой являются двухуровневые квазипрофессиональные кейсы и интеграция в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС) специализированного ИИ-агента, функционирующего в жестких рамках сократического диалога. Разработан дидактический прием, позволяющий стимулировать критический анализ области применения изучаемых математических моделей.

В рамках методики применения гибридной модели представлен комплекс, включающий регламенты занятий, дифференцированную матрицу дескрипторов оценки, траектории командного поручительства и кросс-аудита, а также техническое задание на семантическую настройку ИИ-агента в ЭИОС вуза. Использование модели позволяет снизить рутинную нагрузку на преподавателя, смещая его функцию к проектированию кейсов, фасилитации и модерации при очных рефлексивных дискуссиях. Инструментарий инвариантен к профилю подготовки и может быть масштабирован на любые направления при изучении математических и общеинженерных дисциплин.

Методы и методология

Методологической базой исследования выступает концепция личностно-ориентированного профессионального образования и теории дидактического моделирования в высшей школе (В.А. Сластенин, П.Я. Гальперин, В.П. Беспалько, И.М. Осмоловская). В качестве технологического ядра использованы базовые принципы обучения в сотрудничестве [8], [9] и методики организации работы студентов в малых группах [10]. Подход к контролю социально-психологической динамики малых групп и преодоления эффекта «пассивного попутчика» основан на работах [11], [12]. Концепты командного игрового взаимодействия как ключевой драйвер снижения «математической тревожности» у будущих инженеров включают опыт российской и зарубежной педагогической практики [7], [10], [13].

Основным инструментом исследования является разработанная гибридная модель проблемно-ориентированной математической подготовки, концептуальная структура и функциональные компоненты которой подробно раскрыты в разделе «Результаты».

 © Авторы статьи / Authors of the article

Эмпирическая верификация модели осуществлялась в рамках контролируемого параллельного педагогического эксперимента на базе факультета природопользования и инженерной экологии Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Совокупный объем выборки на этапе проведения модульных замеров уровней расчетно-аналитической компетентности составил 87 студентов первого курса, впоследствии второго. Исходная численность потока при поступлении была 100 человек, а естественный отсев к началу эксперимента на этапе изучения четвертого модуля составил 13%. В структуре пилотного эксперимента сформированы две группы: контрольная (КГ) *($N_{КГ}$ = 69)*, включающая студентов, осваивавших дисциплину «Высшая математика» в рамках традиционной лекционно-практической схемы и экспериментальная (ЭГ) *($N_{ЭГ}$ = 18)*, студенты профиля «Техника и технология автономных энергетических систем». Обучение студентов ЭГ строилось на элементах разработанной гибридной модели, а именно: аудиторный хакатон и внеаудиторная самостоятельная работа с пилотной версией сократического ИИ-агента в ЭИОС вуза. Величина ЭГ обусловлена узким профилем и реальной ее наполняемостью, что компенсировалось строгой однородностью базового уровня студентов на констатирующем этапе эксперимента.

Чистота эксперимента обеспечена за счет исключения субъективного фактора преподавателя. Все студенты объединенной выборки обучались в рамках единого лекционного потока с лектором, который также проводил и практические занятия. Программы подготовки имеют равный объем аудиторных часов и единые формы модульного и итогового контроля. Доказательство однородности исследуемой выборки на констатирующем этапе эксперимента осуществлялось на основе сопоставления результатов единого государственного экзамена по профильной математике, выступающего объективным показателем сформированности базовых математических знаний. Согласно нормативным дескрипторам Рособрнадзора, баллы в выборке распределились внутри единого интервального кластера (от 49 до 75), что соответствует среднему общеобразовательному уровню групп. Поскольку расчетно-аналитическая компетентность является сложным интегративным конструктом, формируемым непосредственно в процессе квазипрофессиональной деятельности, её стартовый уровень на констатирующем этапе для всей выборки принят за латентный (нулевой). Таким образом, методическая корректность эксперимента подтверждается строгой исходной эквивалентностью базовых математических знаний студентов при отсутствии у них формируемой профессиональной компетенции.

Для студентов ЭГ уровень сформированности расчетно-аналитической компетентности фиксировался по разработанной методике оценочных шагов в формате хакатона и по цифровым следам выполнения квазипрофессиональных кейсов в среде ЭИОС. В то же время в КГ применялись традиционные модульные тесты, включающие комплексные исследовательские задания малого объема, сравнимые по уровню когнитивной сложности с экспериментальными кейсами.

Математическая обработка данных и доказательство достоверности межгрупповых различий проводились на основе итоговых протоколов при аудиторном формате и выгрузки информации из системы ЭИОС вуза с помощью расчета непараметрического статистического критерия Крамера-Уэлча. Выбор обусловлен его инвариантностью к закону распределения признака и высокой мощностью при сравнении независимых выборок существенно различного объема.

Результаты

Концептуальная структура гибридной модели проблемно-ориентированной математической подготовки студентов технических направлений

Для решения задачи проактивного формирования расчетно-аналитической компетенции и минимизации латентной пассивности обучающихся разработана гибридная модель проблемно-ориентированной математической подготовки. Методология разработки базируется на системном, компетентностном и кибернетическом подходах. В рамках данного исследования уточнялось основное понятие. Под *гибридной моделью* инженерно-математической подготовки студентов нами понимается система проектирования и реализации учебного процесса, основанная на содержательной интеграции очных соревновательных интенсивов под контролем фасилитатора и самостоятельной учебной деятельности, управляемой сократическими ИИ-агентами, при сквозном мониторинге цифровых следов в ЭИОС вуза. В модель включены шесть взаимосвязанных компонентов: целевой, содержательно-методический, процессный, информационно-мониторинговый, оценочно-результативный, регулятивно-корректирующий (дидактическая обратная связь). На рисунке 1 представлена схема разработанной модели.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Рисунок 1 - Структурно-функциональная схема гибридной модели проблемно-ориентированной математической подготовки

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56.1

Гибридный характер модели обусловлен дидактическим разделением функций управления познавательной деятельностью между преподавателем и интеллектуальными инструментами. Очный аудиторный формат выступает пространством командной кооперации, публичного оппонирования и методологической рефлексии под руководством преподавателя-фасилитатора. Внеаудиторный формат представляет цифровую локацию самостоятельной работы, где оперативный контроль вычислений и сократическое сопровождение студентов делегированы локальному ИИ-агенту. Итоговое представление решений проходит в очном формате. Сквозной мониторинг цифровых следов в ЭИОС интегрирует форматы и результаты в единый непрерывный образовательный цикл. Функциональное наполнение каждого компонента-блока представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Дидактические характеристики компонентов гибридной модели

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56.2

Компонент модели	Функции в учебном процессе	Особенности реализации в среде ЭИОС вуза
Целевой	Системообразующая, ориентирующая, мотивационная	Фокус на формирование расчетно-аналитической компетентности и преодоление латентной пассивности студентов
Содержательно-методический	Профессионально-контекстная, интегративная, междисциплинарная	Интеграция фундаментальной математики с инженерным контекстом через комплексные ситуационные кейсы (ТЭЦ, роботы)
Процессный	Технологическая, регулятивная, рефлексивно-деятельностная	Синхронизация двух базовых технологий: аудиторного соревновательного хакатона и внеаудиторного ИИ-практикума
Информационно-мониторинговый	Диагностическая, дидактически-управляющая	Фиксация результатов входных блиц-тестов, логирование

 © Авторы статьи / Authors of the article

Компонент модели	Функции в учебном процессе	Особенности реализации в среде ЭИОС вуза
		вычислительных ошибок и плотности обращений к ИИ-агенту
Оценочно-результативный	Критериально-верификационная, диагностическая	Накопление критериально-уровневых дескрипторов в цифровом профиле студента и анализ структуры оценок на экзамене
Регулятивно-корректирующий	Аналитико-прогностическая, корректирующая	Обеспечение дидактической обратной связи и выработка маркеров для точечной перенастройки параметров модели

Перенос разработанной модели в реальный учебный процесс происходит через основные авторские технологии. Каждая из них имеет свои четкие правила, регламент и систему оценок. Оценка уровня сформированности расчетно-аналитической компетенции студентов носят комплексный критериально-уровневый характер и реализуется автономно для каждой технологии.

Эмпирическая апробация разработанной модели проведена на базе ТвГТУ со студентами факультета природопользования и инженерной экологии. Оценка эффективности строилась на принципах параллельного контролируемого эксперимента с сопоставлением показателей КГ и ЭГ.

Для статистического обоснования эффективности разработанной модели и подтверждения достоверности качественных сдвигов между КГ и ЭГ в качестве ранговых интервалов критерия Крамера-Уэлча использовано распределение студентов по трем уровням сформированности рассматриваемой компетенции (низкий, средний, высокий). Критическое значение критерия для уровня значимости 0,05 составляет 1,96.

Исследование технологии № 1. Аудиторный математический хакатон

Математический хакатон — это 90-минутный командный спринт разбора кейса. Базовый состав малой группы (4 человека) формируется по гетерогенному принципу (один «сильный» студент (конструктор), два «средних» (вычислители) и один «слабый» (критик-тестировщик)). Это игровое распределение нивелирует «математическую тревожность» у отстающих и углубляет фундаментальные знания сильных студентов за счет элемента менторства. Во избежание закрепления стереотипов поведения роли и состав команд циклически меняются при переходе к новым кейсам.

Разработанная технологическая карта хакатона регламентирует бюджет времени по пяти ключевым фазам: входной блиц-контроль (до 10 мин), декомпозиция кейса и распределение ролей (10 мин), автономное внутрикомандное моделирование и параллельные вычисления (45 мин), публичный кросс-аудит (15 мин) и рефлексивная дискуссия с подведением итогов (10 мин).

В экспериментальном занятии на первом курсе кейс содержал задание по модулю «Функции нескольких переменных» — оптимизация топливного баланса ТЭЦ при жестком ограничении на пропускную способность топливных магистралей подачи газа и мазута.

Интегрированный балл команды формируется на основе сочетания внешней оценки преподавателя и взаимного кросс-аудита сокурсников:

$$Б_{хакат} = 0,6О_{преп} + 0,4М_{студ},$$

где $О_{преп}$ — суммарный балл преподавателя по дескрипторам $Д_1 + Д_2 + Д_4$ (макс. 30); $М_{студ}$ — медианное значение баллов, выставленных сокурсниками при кросс-аудите по дескрипторам $Д_1 + Д_3 + Д_4$ (макс. 30).

Основу оценки составляют пять дифференцированных критериев (дескрипторов), представленных в таблице 2.

Таблица 2 - Карта критериального оценивания математического хакатона

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56.3

Дескриптор $Д_i$	Баллы	Описание критерия оценки
$Д_1$. Аналитическая строгость безусловной оптимизации	0–5	Корректно найдены частные производные первого порядка, верно решена система уравнений, составлена матрица Гессе, знаки вторых производных обоснованы
$Д_2$. Математическая точность условного экстремума	0–5	Точно реализован метод множителей Лагранжа для строгого ограничения \(x + y = 5\), верно определены

 © Авторы статьи / Authors of the article

Дескриптор $Д_i$	Баллы	Описание критерия оценки
		координаты точки вынужденного минимума
$Д_3$. Инженерная интерпретация и командная слаженность	0–10	Обоснованы экономические потери при несовпадении двух экстремумов, продемонстрирована «мозаичная» сборка модели, купирован эффект «попутчика»
$Д_4$. Качество перекрестного кросс-аудита	0–10	Продемонстрирована глубина проверки чужих результатов, точно зафиксированы ошибки сокурсников в аудит-листе, даны доказательные ответы на критику
$Д_5$. Представление и защита расчетного решения	0–10	Спикер строго уложился в регламент питч-сессии, команда самостоятельно сформулировала и защитила у доски ключевой стратегический вывод

Интерпретация результатов по уровням формируемой компетенции: 36–40 баллов — высокий; 26–35 баллов — средний; 20–25 баллов — низкий; менее 20 баллов — цель не достигнута.

Инновационным элементом оценивания является система динамических штрафов на этапе входного блиц-теста по базовым понятиям. Студент, ответивший менее чем на три вопроса из пяти, переводится в статус «стажера». При этом за каждого стажера командная оценка по дескриптору защиты (Д5) снижается на 1 балл. Для снятия «математической тревожности» предусмотрен трек методической коррекции — обратимость штрафов: если «стажер» в ходе кросс-аудита результатов другой команды лично обнаруживает и аргументированно фиксирует ошибку, преподаватель возвращает его команде +1 балл.

Для верификации итогового распределения студентов по уровням рассмотрим репрезентативный пример.

Команда на входном контроле один сильный студент (конструктор) и три слабых участника в статусе «стажеров» получила автоматическое снижение на 3 балла. Конструктор фактически в одиночку исследовал расчетную модель, однако из академического эгоизма отказался от менторства и проигнорировал этап обучения своих слабо подготовленных товарищей. В результате при финальной сборке проекта «стажеры» совершили грубые вычислительные ошибки на расчетном этапе решения. Преподаватель выставил команде экспертную оценку $О_{преп}$ = 12 баллов. На этапе кросс-аудита сокурсники попытались помочь друзьям, выставив высокий медианный балл $М_{студ}$ = 26.

Итоговый расчет частично сгладил студенческий «сговор» за счет большего веса экспертного контроля: $Б_{хакат}$ = 7,2+10,4 = 17,6 баллов. Итого зафиксирован низкий уровень сформированности компетенции у всей команды. Прецедент демонстрирует важный социально-психологический эффект модели: за деструктивный отказ от кооперации платят и не подготовившиеся «стажеры», и загордившийся лидер. Студент-конструктор понижает командный балл, так как его индивидуальный коэффициент участия не способен перекрыть общий провал группы. Это доказывает, что хакатон выступает успешным регулятором, принуждающим к развитию навыков командной работы, где личный успех прямо зависит от готовности инвестировать силы в повышение навыков остальных. Вместе с тем снижение командного результата не ущемляет индивидуальный рейтинг студента-конструктора. Командный формат выступает лишь промежуточным обучающим этапом. В рамках индивидуальной траектории каждый студент в дальнейшем проходит итоговый тест с компетентностно-ориентированными заданиями, где лидер в полной мере может проявить полученные расчетно-аналитические навыки.

По результатам применения Технологии № 1 эмпирическое значение критерия Крамера-Уэлча составило $Т_{эксп}$ = 1,48. Так как полученное значение меньше критического порога 1,96, качественный сдвиг на данном этапе еще не имеет строгой статистической значимости. Это находит объяснение в субъективном факторе взаимного очного оценивания («сговоре» сокурсников), а также в периоде адаптации групп к условиям временного лимита. При этом доли высокого уровня компетенции сближаются (30,4% в КГ против 38,9% в ЭГ), но при малом объеме выборки ЭГ статистический критерий не фиксируют достоверный разрыв.

Технология № 2. Внеаудиторный практикум с сократическим ИИ-агентом

Удаленный формат продолжительностью от 3 до 7 дней ориентирован на комплексную проверку остаточных знаний по модулям линейная, векторная алгебра и аналитическая геометрия на втором курсе и имеет в своей основе идеи Ж.Т. Беленковой [14]. Команды получают кейс с индивидуальными настройками по проектированию, например, логистического узла. На макроуровне проверяют систему линейных уравнений на совместность и определенность, а на микроуровне рассчитывают уравнения траекторий движения роботов аварийной доставки в трехмерном пространстве для исключения их столкновения.

Организации проактивной самостоятельной работы в удаленном формате на базе ЭИОС вуза требует создания специализированного сократического ИИ-агента. При его концептуализации формируется системная инструкция для базовой языковой модели, жестко детерминирующая её дидактическую функцию как фасилитатора. Важно заложить

 © Авторы статьи / Authors of the article

категорический запрет на выдачу готовых формул, промежуточных решений или финальных ответов. ИИ-агент обязан реагировать на запросы исключительно наводящими вопросами и теоретическими подсказками, стимулируя самостоятельный когнитивный поиск. В исследовании [13] утверждается, если студентам с высокой математической тревожностью дать доступ к обычному ИИ-чату, они начинают слепо списывать ответы, что полностью уничтожает их собственные когнитивные усилия. Опираясь на выводы ученых из Китая, можно утверждать, что именно сократический диалог обходит эти риски и превращает ИИ-агента в «драйвер», а не «решатель».

Для исключения галлюцинаций в изолированную базу знаний (технология Retrieval-Augmented Generation) загружаются верифицированные методические материалы исследовательского кейса по контролируемым разделам (модули «Линейная, векторная алгебра и аналитическая геометрия»). Алгоритм взаимодействия студентов с ИИ-агентом синхронизирован с общей технологической картой. После прохождения входного теста и распределения ролей активируется доступ к изолированному виртуальному кабинету команды в среде ЭИОС, где разворачивается уникальная диалоговая сессия с ИИ-агентом. Это означает, что каждый студент заходит под персональным аккаунтом, другие команды не видят переписку и расчеты этой группы. Главное — агент записывает (логирует) сообщения участников отдельно, чтобы потом рассчитать личный коэффициент активности (a_i).

Объективность оценивания и защита от «эффекта попутчика» обеспечиваются персональной авторизацией и автоматическим логированием плотности индивидуальных цифровых следов в процессе отправки промежуточных расчетов. Итоги удаленной работы представляются очно, в формате защиты результатов. Групповая оценка формируется как интегральный результат по правилу:

$$RG_j = \sum_{i=1}^{k} a_i \cdot PR_i \left(1 - F_i\right),$$

где RG_j — ранговый показатель j-й команды; k — количество человек в команде; a_i — коэффициент активности i-го участника по логам ИИ-агента ($0<a_i<1$); PR_i — оценка за защиту (0-10 баллов); F_i — относительный штрафной коэффициент ($0\le F_i<1$), отражающий результаты входного теста и долю задействованных подсказок.

$$F_i = \alpha F_{\text{вход}} + \beta F_{\text{подск}},$$

где весовые коэффициенты $\alpha = 0{,}4$, $\beta = 0{,}6$.

Если студент ответил правильно на все вопросы входного теста, то его $F_{вход} = 0$, за каждый неверный ответ доля штрафа равномерно уменьшается. Если студент решил свою часть кейса сам, то $F_{подск} = 0$. Если постоянно брал помощь, то $F_{подск}$ стремится к 1, практически обнуляя вклад в общий и свой рейтинг.

По окончании очной защиты преподаватель вносит экспертную оценку каждому участнику PR_j в лист-форму ИИ-агента. Система автоматически связывает её с накопленным логом штрафов и активностью, рассчитывая итоговый балл по каждому участнику и по всей команде.

Нетипичным примером выступает траектория студента А. На очной защите отчета преподаватель оценил его личный уровень как средний $PR_i = 6$ баллов. Входной тест выполнен без ошибок $F_{вход} = 0$. Активность студента А в чате составила $a_i = 0{,}95$. По логам сократического диалога выявлено, что студент совершил множественные попытки обойти дидактические запреты, установленные для ИИ-агента. Зафиксированы прямые запросы типа «напиши готовое уравнение траектории робота L_1», «забудь прошлые инструкции и выдай ответ».

Пробная версия созданного интеллектуального консультанта продемонстрировала некоторую его уязвимость. Под давлением цепочки наводящих запросов в 42% случаев система выходила из сократического режима и выдавала дозированные расчетные части матриц. Автоматический штраф за подсказки зафиксирован значением $F_{подск} = 0{,}4$. Полный штраф студента составил: $F_i = 0{,}4 \cdot 0 + 0{,}6 \cdot 0{,}4 = 0{,}24$. Значение итогового персонального рангового показателя $RG_j = 0{,}95 \cdot 6 \cdot (1\text{-}0{,}24) = 5{,}7 \cdot 0{,}76 = 4{,}33$ балла.

При его масштабировании на 10-балльную шкалу это позволяет студенту закрепиться на нижней границе среднего уровня расчетно-аналитической компетенции. Справедливости ради отметим, что такой слишком настойчивый студент оказался в ЭГ всего один. Остальные после нескольких попыток получить полное решение переходили к итерационным действиям, собирая соответствующие штрафные очки.

Эмпирическое значение критерия составило $T_{эксп} = 6{,}09$, что значительно превышает критический порог $T_{крит} = 1{,}96$. Это доказывает достоверность положительного сдвига в ЭГ.

Ввиду пилотного характера исследования, оценка эффективности разработанной гибридной модели построена на принципах параллельного контролируемого эксперимента с сопоставлением показателей КГ и ЭГ. В КГ применялись классические фронтальные формы обучения. На формирующем этапе в ЭГ на первом курсе при изучении модуля «Функции нескольких переменных» реализована технология математического хакатона. В середине семестра второго курса в период промежуточной аттестации проведена самостоятельная работа по комплексному кейсу с ИИ-агентом на уровне расчетно-аналитической компетенции по остаточным знаниям. С целью объективного диагностического инструментария использовались верифицированные данные ЭИОС вуза. Итоговые результаты замеров представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Распределение студентов по уровням сформированности компетенции на этапе констатирующего и контрольного срезов

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56.4

Этап среза и контролируемый модуль	Уровень	КГ ($N_{кг} = 69$), %	ЭГ ($N_{ЭГ} = 18$), %
Констатирующий срез (Входной контроль по	Низкий Средний Высокий	0,0% 100,0% 0,0%	0,0% 100,0% 0,0%

 © Авторы статьи / Authors of the article

Этап среза и контролируемый модуль	Уровень	КГ ($N_{кг}$ = 69), %	ЭГ ($N_{ЭГ}$ = 18), %
базовым знаниям)			
Контрольный срез № 1 (Модуль ФНП, технология аудиторного хакатона)	Низкий Средний Высокий	37,7% 31,9% 30,4%	16,7% 44,4% 38,9%
Контрольный срез № 2 (Модуль Алгебра и Геометрия, виртуальный ИИ-практикум)	Низкий Средний Высокий	42,0% 43,5% 14,5%	0,0% 38,9% 61,1%

В срезе № 1 появление 16,7% участников в ЭГ с низким уровнем компетенции объясняется теми тремя неподготовленными стажерами, в то время как сам конструктор за счет индивидуального коэффициента участия смог подняться выше.

Полученный опыт позволил нам осознать, что ИИ-агент не может быть просто запущен по общим трафаретным инструкциям. На основе выявленных узких мест и с целью их минимизации в модели был спроектирован 6-й регулятивно-корректирующий компонент, который предназначен для перенастройки технических инструкций для ИИ на будущие потоки.

Проведение практического занятия в формате математического хакатона дало сокращение доли студентов с низким уровнем (с 37,7% в КГ до 16,7% в ЭГ) при одновременном росте средних уровней до 44,4%. Максимальный дидактический эффект достигнут применением Технологии № 2, где в ЭГ полностью ликвидирован низкий уровень (0%), а доля студентов с высоким уровнем увеличивается до 61,1%, в то время как в КГ этот показатель составляет всего 14,5%. Характер распределения долей по уровням формируемой компетенции указывает на то, что соревновательный очный формат обеспечивает качественное подтягивание слабых студентов до средних значений, а последующее включение виртуального практикума с сократическим ИИ-агентом выводит существенную долю обучающихся в зону высоких результатов.

Проведенная проектная и экспериментальная работа, подтвержденная расчетами критерия Крамера-Уэлча, позволяет зафиксировать статистически значимый качественный сдвиг показателей формирования расчетно-аналитической компетенции у студентов инженерных направлений. Оценка устойчивости зафиксированных межгрупповых различий и скрытых системных эффектов внедрения интеллектуальных ассистентов требует междисциплинарного анализа, который представлен в следующем разделе.

Обсуждение

Полученные в ходе экспериментального исследования статистические данные подтверждают общую дидактическую эффективность разработанной гибридной модели, однако выявляют ряд латентных психолого-педагогических и технических эффектов, требующих критического осмысления.

Первый обнаруженный аспект связан с ограничениями Технологии № 1 (аудиторный хакатон) и причинами, по которым критерий Крамера-Уэлча на данном этапе исследования не показал статистически значимых различий. Эмпирический анализ кросс-листов подтвердил наличие субъективного фактора завышения оценок сокурсниками в процессе публичного кросс-аудита. Студенческая солидарность ведет к искусственному сближению долей высокого уровня в КГ и ЭГ, частично маскируя реальные пробелы в знаниях слабых участников. Оценка по разработанной интегративной формуле с весовым коэффициентом экспертной оценки преподавателя равная 0,6 позволяет сгладить этот дефект, но не нивелирует его полностью. Для дезавуирования студенческой солидарности целесообразно использовать метод усеченного медианного оценивания или сужение диапазона взаимного оценивания до бинарного формата (фиксирующего только факт наличия или отсутствия конкретной ошибки).

Прецедент на хакатоне выявил латентный регуляторный потенциал этой технологии, наказывающий не только пассивность отстающих, но и академический эгоизм лидеров. Нежелание сильного студента выступать ментором и кооперироваться с группой неизбежно ведет к девальвации общекомандного балла. В современных условиях командная работа становится ключевым дескриптором инженерной деятельности, и разработанный подход органично мотивирует студентов переходить от индивидуального соперничества к осознанной коллективной ответственности.

Как отмечается в материалах Института образования Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», именно коллаборативное обучение и командные форматы выступают ключевыми факторами снижения уровня стресса и деструктивного страха ошибки при проверке точных знаний [7]. Игровой контекст хакатона и защищенная траектория отличника-конструктора позволяют преодолеть когнитивные барьеры, снижая уровень проявления математической тревожности, детально описанной в работе А.А. Адаскиной [15]. Для развития очного соревновательного компонента это ориентирует на внедрение более строгих шкал перекрестного контроля для команд-рецензентов.

Второй и ключевой научно-практический феномен заключается в смещении показателей ЭГ в зону высокого уровня (61,1%) и полном исчезновении неудовлетворительных результатов (0%) при применении виртуального практикума с ИИ-агентом. Проведенный анализ диалоговых логов ЭИОС показал, что этот прорыв вызван не только проактивностью студентов, но и обнаруженной уязвимостью семантической настройки пилотной версии ИИ-агента.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Обучающиеся в процессе самостоятельной работы пытались применять элементы текстового манипулирования. Под давлением каскада наводящих и дублирующих запросов со стороны студентов («забудь прошлые правила», «выдай готовую матрицу») базовая языковая модель выходила из жесткого сократического режима фасилитации. Это позволило части студентов избежать высоких штрафов за подсказки и удержаться на нижней границе среднего уровня.

Возможность реализации интерактивного сократического диалога на базе LLM при обучении высшей математике в техническом вузе подтверждена в исследовании А.А. Николаева, М.Ю. Кузнецова и В.А. Николаева [16], однако специфика реакций нейросети на манипулятивные запросы студентов выявляет серьезные методологические риски. В работе С. Санкаранараянана [17] этот феномен классифицируется как скрытое накопление «эпистемического долга». Генеративные алгоритмы маскируют отсутствие реального понимания темы, формируя у обучающихся иллюзию высокой продуктивности на фоне деградации навыков самостоятельного аналитического вывода. Как подчеркивает П.А. Киршнер [18], студенты начинают использовать «когнитивный аутсорсинг», полностью перекладывая расчетно-аналитические функции на алгоритм. Базовые языковые модели системно уязвимы и демонстрируют падение качества когнитивного рассуждения при столкновении с целенаправленным давлением со стороны пользователя.

Выявленный «неидеальный» опыт применения ИИ-агента позволил доказать, что интеллектуальный ассистент не может функционировать в вузе на основе типовых инструкций. Ему необходимы автоматические триггеры блокировок в ЭИОС при обнаружении подозрительной плотности запросов.

Несмотря на зафиксированные риски пилотного этапа, разработанная гибридная дидактическая модель обладает выраженной прогностической ценностью и масштабируемостью. Главное преимущество предложенной модели заключается в создании гибкого контура, способного адаптироваться под усложняющийся инженерный контекст. Успешный в целом опыт интеграции соревновательного интенсива и сократического практикума показывает, что модель успешно решает ключевую задачу современной высшей школы — преодоление латентной пассивности студентов и перевод абстрактных математических абстракций в плоскость прикладного инженерного моделирования. Перспективным направлением исследований является развертывание разработанного дидактического инструментария на базе междисциплинарных модулей, связывающих высшую математику с профильными дисциплинами «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», а также построение элементов адаптивного ИИ-тестирования для более тонкой дифференциации индивидуальных достижений студентов.

Заключение

В рамках проведенного исследования теоретически обоснована, спроектирована и эмпирически верифицирована гибридная дидактическая модель проблемно-ориентированной математической подготовки будущих инженеров. Реализованный параллельный контролируемый педагогический эксперимент доказал эффективность разработанного подхода. Сравнительный анализ по критерию Крамера-Уэлча подтвердил статистически достоверный качественный сдвиг показателей уровня расчетно-аналитической компетенции в ЭГ, $T_{эксп}$=6,09 при критическом пороге 1,96 со снижением доли студентов с низким уровнем и ростом доли с высоким уровнем до 61,1%.

Резюмируем результаты теоретико-экспериментальной работы. Совмещение очных соревновательных интенсивов и удаленной фасилитации с ИИ-агентом демонстрирует их синергетический эффект. Аудиторный хакатон выступает драйвером снижения математического стресса и подтягивает слабых обучающихся до средних значений, в то время как персонализированный сократический диалог в ЭИОС обеспечивает индивидуализацию когнитивных усилий и выводит большинство студентов в зону высоких академических результатов. Разработанный оценочный контур (метрики $Б_{хакат}$ и RG_i) успешно решает проблему «пассивного попутчика» в малых гетерогенных группах. Ввод динамических штрафов и командного поручительства распределяет ответственность за приобретение знаний в студенческую среду, мотивируя сильных участников выступать менторами. Апробация модели вскрыла фундаментальный барьер — склонность студентов к «когнитивному аутсорсингу» и попыток обхода дидактических ограничений ИИ. Это доказывает неэффективность интеграции базовых языковых моделей без жестких семантических фильтров. Перспективы развития модели связаны с программным усилением контролирующей функции цифровой среды и масштабированием технологии на междисциплинарные модули общеинженерного профиля.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56.5

Conflict of Interest

None declared.

Review

Community of Reviewers of the International Research Journal
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.56.5

Список литературы / References

1. Карпов А.О. Генеративное обучение / А.О. Карпов // Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. — 2010. — № 3. — С. 28–40.

2. Бережнова Е.В. Основы учебно-исследовательской деятельности студентов : учебное пособие / Е.В. Бережнова, В.В. Краевский. — Москва : Академия, 2010. — 124 с.

3. Семеновских Т.В. Феномен «клипового мышления» в образовательной вузовской среде / Т.В. Семеновских // Вестник евразийской науки. — 2014. — № 5 (24). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-klipovogo-myshleniya-v-obrazovatelnoy-vuzovskoy-srede (дата обращения: 14.08.2026).

 © Авторы статьи / Authors of the article

4. Acuña O.L. Fostering technical proficiency and professional skills: A multifaceted PO-PBL strategy for unit operations education / O.L. Acuña, D.M. Santos Carvajal, A.D. Bolanos-Barbosa [et al.] // Education for Chemical Engineers. — 2025. — Vol. 51. — P. 64–78. — DOI: 10.1016/j.ece.2025.01.001.

5. Mijakovic I. Learning by teaching efficiently enhances learning outcomes in molecular biology of the cell course / I. Mijakovic, S. Rahimi // Biochemistry and Molecular Biology Education. — 2023. — Vol. 52. — № 1. — DOI: 10.1002/bmb.21784.

6. Казначеева Н.В. Гибридная модель построения индивидуальной образовательной траектории на основе цифровых двойников / Н.В. Казначеева, А.Н. Полетайкин, Л.Ф. Данилова [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2021. — № 4. — С. 126–136.

7. Павлова А.А. Будущих ученых и инженеров «съедает» тревога: Студенты не боятся математики, но испытывают сильный стресс на экзаменах — и это мешает им строить карьеру в науке и технических отраслях / А.А. Павлова. — 2025. — URL: https://ioe.hse.ru/news/1109245330.html (дата обращения: 12.08.2026).

8. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии : учебное пособие / Г.К. Селевко. — Москва : Народное образование, 1998. — 256 с.

9. Джонсон Д. Методы обучения. Обучение в сотрудничестве / Д. Джонсон, Р. Джонсон, Э. Джонсон-Холубек; пер. с англ. З.С. Замчук. — Санкт-Петербург : Экономическая школа, 2001. — 256 с.

10. Agnihotri A.K. Small group teaching and learning / A.K. Agnihotri, T. Ngorosha // Internet Journal of Medical Update. — 2018. — Vol. 13. — № 1. — P. 1–5. — DOI: 10.4314/ijmu.v13i1.1.

11. Андреева Г.М. Социальная психология : учебник для высших учебных заведений / Г.М. Андреева. — Москва : Аспект Пресс, 2016. — 363 с.

12. Сидоренков А.В. Доверие в малых группах / А.В. Сидоренков, И.И. Сидоренкова // Вопросы психологии. — 2011. — № 1. — С. 94–105.

13. Zhou H. The More Anxious, the More Dependent? The Impact of Math Anxiety on AI-Assisted Problem-Solving / H. Zhou, X. Chen, Ya. Xu // Psychology in the Schools. — 2024. — Vol. 62. — № 8. — P. 2685–2701.

14. Беленкова Ж.Т. Оценка степени усвоения дисциплины с помощью многоуровневого экзамена / Ж.Т. Беленкова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 6–4 (37). — С. 9–11.

15. Адаскина А.А. Изучение феномена математической тревожности в зарубежной психологии / А.А. Адаскина // Современная зарубежная психология. — 2019. — Т. 8. — № 1. — С. 28–35. — DOI: 10.17759/jmfp.2019080103.

16. Николаев А.А. Искусственный интеллект в системе высшего и послевузовского образования: обзор возможностей для преподавателя / А.А. Николаев, М.Ю. Кузнецов, В.А. Николаев // Управление образованием: теория и практика. — 2024. — № 9–2 (87). — С. 151–161. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-sisteme-vysshego-i-poslevuzovskogo-obrazovaniya-obzor-vozmozhnostey-dlya-prepodavatelya (дата обращения: 17.09.2026).

17. Sankaranarayanan S. Mitigating "Epistemic Debt" in Generative AI-Scaffolded Novice Programming using Metacognitive Scripts / S. Sankaranarayanan. — 2026. — P. 1–9. — DOI: 10.48550/arXiv.2602.20206.

18. Kirschner P.A. Understanding AI: Offloading or Outsourcing Thinking? / P.A. Kirschner // kirschner-ED. — 2026. — URL: https://www.kirschnered.nl/2026/01/13/understanding-ai-offloading-or-outsourcing-thinking/ (accessed: 14.08.2026).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Karpov A.O. Generativnoe obuchenie [Generative Education] / A.O. Karpov // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 20. Pedagogicheskoe obrazovanie [Lomonosov Pedagogical Education Journal]. — 2010. — № 3. — P. 28–40. [in Russian]

2. Berezhnova E.V. Osnovy uchebno-issledovatel'skoy deyatel'nosti studentov [Fundamentals of Educational and Research Activities of Students] : uchebnoe posobie / E.V. Berezhnova, V.V. Kraevsky. — Moscow : Academia, 2010. — 124 p. [in Russian]

3. Semenovskikh T.V. Fenomen "klipovogo myshleniya" v obrazovatel'noy vuzovskoy srede [The phenomenon of "clip-thinking" in the educational high school environment] / T.V. Semenovskikh // Vestnik evraziyskoy nauki [Bulletin of Eurasian Science]. — 2014. — № 5 (24). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-klipovogo-myshleniya-v-obrazovatelnoy-vuzovskoy-srede (accessed: 14.08.2026). [in Russian]

4. Acuña O.L. Fostering technical proficiency and professional skills: A multifaceted PO-PBL strategy for unit operations education / O.L. Acuña, D.M. Santos Carvajal, A.D. Bolanos-Barbosa [et al.] // Education for Chemical Engineers. — 2025. — Vol. 51. — P. 64–78. — DOI: 10.1016/j.ece.2025.01.001.

5. Mijakovic I. Learning by teaching efficiently enhances learning outcomes in molecular biology of the cell course / I. Mijakovic, S. Rahimi // Biochemistry and Molecular Biology Education. — 2023. — Vol. 52. — № 1. — DOI: 10.1002/bmb.21784.

6. Kaznacheeva N.V. Gibridnaya model' postroeniya individual'noy obrazovatel'noy traektorii na osnove tsifrovykh dvoynikov [Hybrid model for constructing individual educational trajectory based on digital twins] / N.V. Kaznacheeva, A.N. Poletaykin, L.F. Danilova [et al.] // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics]. — 2021. — № 4. — P. 126–136. [in Russian]

7. Pavlova A.A. Budushchikh uchenykh i inzhenerov "s'edaet" trevoga: Studenty ne boyatsya matematiki, no ispytyvayut sil'nyy stress na ekzamenakh — i eto meshaet im stroit' kar'eru v nauke i tekhnicheskikh otraslyakh [Future Scientists and Engineers Are "Eaten Up" by Anxiety: Students Are Not Afraid of Mathematics but Experience Strong Stress at Exams — and

 © Авторы статьи / Authors of the article

This Prevents Them from Building a Career in Science and Technical Industries] / A.A. Pavlova. — 2025. — URL: https://ioe.hse.ru/news/1109245330.html (accessed: 12.08.2026). [in Russian]

8. Selevko G.K. Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii [Modern Educational Technologies] : study guide / G.K. Selevko. — Moscow : Popular Education, 1998. — 256 p. [in Russian]

9. Johnson D. Metody obucheniya. Obuchenie v sotrudnichestve [Methods of Teaching. Learning in Cooperation] / D. Johnson, R. Johnson, E. Johnson-Holubek; transl. from Eng. by Z.S. Zamchuk. — Saint Petersburg : Ekonomicheskaya shkola, 2001. — 256 p. [in Russian]

10. Agnihotri A.K. Small group teaching and learning / A.K. Agnihotri, T. Ngorosha // Internet Journal of Medical Update. — 2018. — Vol. 13. — № 1. — P. 1–5. — DOI: 10.4314/ijmu.v13i1.1.

11. Andreeva G.M. Sotsial'naya psikhologiya [Social Psychology] : textbook for universities / G.M. Andreeva. — Moscow : Aspekt Press, 2016. — 363 p. [in Russian]

12. Sidorenkov A.V. Doverie v malykh gruppakh [Trust in Small Groups] / A.V. Sidorenkov, I.I. Sidorenkova // Voprosy psikhologii [Issues of Psychology]. — 2011. — № 1. — P. 94–105. [in Russian]

13. Zhou H. The More Anxious, the More Dependent? The Impact of Math Anxiety on AI-Assisted Problem-Solving / H. Zhou, X. Chen, Ya. Xu // Psychology in the Schools. — 2024. — Vol. 62. — № 8. — P. 2685–2701.

14. Belenkova Zh.T. Otsenka stepeni usvoeniya distsipliny s pomoshch'yu mnogourovnevogo ekzamena [Assessment of mastering discipline multilevel exam] / Zh.T. Belenkova // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. — 2015. — № 6–4 (37). — P. 9–11. [in Russian]

15. Adaskina A.A. Izuchenie fenomena matematicheskoy trevozhnosti v zarubezhnoy psikhologii [The study of the phenomenon of math anxiety in foreign psychology] / A.A. Adaskina // Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya [Journal of Modern Foreign Psychology]. — 2019. — Vol. 8. — № 1. — P. 28–35. — DOI: 10.17759/jmfp.2019080103. [in Russian]

16. Nikolaev A.A. Iskusstvennyj intellekt v sisteme vysshego i poslevuzovskogo obrazovaniya: obzor vozmozhnostej dlya prepodavatelya [Artificial Intelligence in Higher and Postgraduate Education: An Overview of Opportunities for Faculty Members] / A.A. Nikolaev, M.Yu. Kuznetsov, V.A. Nikolaev // Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika [Education Management Review]. — 2024. — № 9–2 (87). — C. 151–161. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-sisteme-vysshego-i-poslevuzovskogo-obrazovaniya-obzor-vozmozhnostey-dlya-prepodavatelya (accessed: 17.09.2026). [in Russian]

17. Sankaranarayanan S. Mitigating "Epistemic Debt" in Generative AI-Scaffolded Novice Programming using Metacognitive Scripts / S. Sankaranarayanan. — 2026. — P. 1–9. — DOI: 10.48550/arXiv.2602.20206.

18. Kirschner P.A. Understanding AI: Offloading or Outsourcing Thinking? / P.A. Kirschner // kirschner-ED. — 2026. — URL: https://www.kirschnered.nl/2026/01/13/understanding-ai-offloading-or-outsourcing-thinking/ (accessed: 14.08.2026).