

Вовлеченность учащихся в изучение программирования: использование мобильных игр в дополнительном образовании

Александра Гетман, Ксения Адамович, Анастасия
Гуляева, Анастасия Шаенко

Статья поступила
в редакцию
в апреле 2024 г.

Гетман Александра Витальевна — младший научный сотрудник Международной лаборатории проектирования и исследований в онлайн-обучении Института образования, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». E-mail: av.getman@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3090-0184>

Адамович Ксения Александровна — кандидат наук об образовании, старший научный сотрудник Международной лаборатории проектирования и исследований в онлайн-обучении Института образования, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Адрес: 101000 Москва, Потаповский пер., 16, стр. 10. E-mail: kadamovich@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4477-2809> (контактное лицо для переписки)

Гуляева Анастасия Романовна — стажер-исследователь Международной лаборатории проектирования и исследований в онлайн-обучении Института образования, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». E-mail: arguliaeva@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7836-3546>

Шаенко Анастасия Павловна — директор по работе с данными Ассоциации участников технологических кружков. E-mail: a.shaenko@kruzhok.org

Аннотация

Вовлеченность подростков в изучение STEM-дисциплин и ее связь с контекстуальными факторами исследуются на примере дополнительных занятий в кружках и активности в мобильной игре, направленных на обучение навыкам программирования. Установлено, что вовлеченность учащихся в изучение STEM-дисциплин офлайн положительно коррелирует с онлайн-вовлеченностью, измеренной через активность в мобильной игре. При этом вовлеченность учащихся в мобильной игре показала значимую связь с поведенческим и эмоциональным, но не с когнитивным компонентом вовлеченности. Значимым контекстуальным фактором вовлеченности как в кружковых занятиях, так и в контексте мобильной игры оказалось восприятие учащимися предложенных заданий как интересных. При этом общение со сверстниками показало значимую связь с вовлеченностью в условиях кружков, но не в формате однопользовательской мобильной игры. На основании этих данных авторы делают вывод о создании новых коллаборативных сценариев прохождения мобильных игр как перспективном направлении развития дополнительного образования.

Проведенное исследование дополняет теоретические представления о вовлеченности в обучение в контексте дополнительного образования. Полученные результаты приобретают особую актуальность в условиях текущих инициа-

тив по привлечению детей и подростков к изучению STEM-дисциплин и стимулированию их интереса к науке и технологиям и могут способствовать разработке более эффективных стратегий и программ в области STEM-образования.

Ключевые слова вовлеченность учащихся, мобильные игры, неформальное образование, обучение программированию, дополнительное образование, STEM

Для цитирования Гетман А.В., Адамович К.А., Гуляева А.Р., Шаенко А.П. (2026) Вовлеченность учащихся в изучение программирования: использование мобильных игр в дополнительном образовании. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*. <https://doi.org/10.17323/vo-2026-21186>

Student Engagement in Learning Programming: Using Mobile Games in Out-of-School Education

Aleksandra Getman, Kseniia Adamovich, Anastasiia Guliaeva, Anastasia Shaenko

Aleksandra V. Getman — Junior Research Fellow at the International Laboratory of Research and Design in e-Learning, HSE University. E-mail: av.getman@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3090-0184>

Kseniia A. Adamovich — PhD in Education, Senior Research Fellow at the International Laboratory of Research and Design in e-Learning, HSE University. Address: 16/10 Potapovsky Lane, 101000 Moscow, Russian Federation. E-mail: kadamovich@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4477-2809> (corresponding author)

Anastasiia R. Guliaeva — Research Intern at the International Laboratory of Research and Design in e-Learning, HSE University. E-mail: arguliaeva@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7836-3546>

Anastasia P. Shaenko — Chief Data Officer, Kruzhok Association. E-mail: a.shaenko@kruzhok.org

Abstract The importance of student engagement in the learning process is widely recognized during the last years. Engagement has shown positive relationships with various crucial aspects of learning both in traditional and online learning environments. However, there exists a research gap pertaining to engagement in non-formal learning contexts.

This paper investigates the students' engagement in STEM learning and its relationship with contextual factors, employing the example of out-of-school activities and engagement in a mobile game designed to teach programming skills.

The results show that students' engagement in STEM learning in extracurricular education is positively correlated with online engagement measured through mobile game activity. Furthermore, student engagement in the mobile game demonstrates a significant relationship with the behavioral and emotional components of engagement, but not with the cognitive component. Additionally, it is revealed that the perception of the tasks offered serves as a significant contextual factor influencing engagement in both out-of-school and mobile game contexts. Moreover, peer communication exhibits a significant relationship with engagement in out-of-school classes, but not in the single-player mobile game. These findings highlight the potential of collaborative and multiplayer scenarios for edutainment games.

This study enriches engagement theory by applying it to the realm of non-formal education and edutainment. The findings hold particular relevance in light of ongoing initiatives aimed at engaging children and adolescents in STEM learning, as well as fostering their interest in science and technology, and may contribute to the development of more effective policies and programs in the field of STEM education.

Keywords	edutainment, mobile games, non-formal education, programming, STEM, student engagement
For citing	Getman A.V., Adamovich K.A., Guljaeva A.R., Shaenko A.P. (2026) Student Engagement in Learning Programming: Using Mobile Games in Out-of-School Education. <i>Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow</i> . https://doi.org/10.17323/vo-2026-21186

Современные исследователи рассматривают вовлеченность учащихся в изучение предмета в качестве необходимого условия обучения. Установлена положительная связь вовлеченности с рядом важных результатов обучения, включая академическую успеваемость [Akey, 2006; Mikami et al., 2017; Olivier et al., 2019; Wehlage, Smith, 1992], когнитивное развитие [Pascarella, Terenzini, 2005], удовлетворенность от обучения [Kuh et al., 2008], выстраивание социальных связей и накопление социального капитала [Harper, 2008].

Особое внимание сегодня обращено на вовлечение детей и молодежи в изучение STEM-дисциплин и программирования, актуальность этого направления обучения обусловлена, в частности, его выделением в качестве приоритетной предметной области в документах российской образовательной и молодежной политики. Реализуется целый ряд общегосударственных инициатив, направленных на стимулирование интереса школьников и студентов к научно-техническому творчеству и их вовлечение в изучение инженерии и программирования [Андрюшков, Земцов, 2019; Земцов, 2023].

Вовлеченность — важная характеристика учебного поведения не только в классе, в ряде работ выявлены ее позитивные эффекты в онлайн-обучении [Bickle, Rucker, Burnsed, 2019; Martin, Bollier, 2018; Wang, Li, 2022]. Вовлеченность положительно связана с доходностью и отрицательно — с риском отсея в онлайн-обучении [Stone, 2021].

Исследователи представляют вовлеченность как многомерный конструктор [Fredrick, Blumenfeld, Paris, 2004; Hoi, Le Hang, 2020]. Наиболее авторитетной рамкой сегодня является трехкомпонентная модель вовлеченности, которая включает поведенческий, эмоциональный и когнитивный компоненты [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004]. Данная модель предполагает комплексный подход к пониманию вовлеченности и учитывает не только наблюдаемое поведение, но и эмоциональное состояние уча-

щихся и используемые стратегии обучения, которые также служат важными предикторами академической успешности. Данная рамка эмпирически валидирована как в условиях традиционных учебных занятий, так и в контексте онлайн-обучения [Henrie, Halverson, Graham, 2015; Sun, Rueda, 2012; Reschly, Christenson, 2012]. Многомерная структура вовлеченности обычно выявляется с помощью опросных инструментов. Однако в последнее время появилась возможность использовать с этой целью цифровые следы, которые учащиеся оставляют при онлайн-обучении [Joksimović et al., 2017].

Вовлеченности свойственна гибкость, т.е. способность адаптироваться к особенностям контекста и в разной степени воздействовать на разные аспекты обучения [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004]. В ряде исследований проанализирован вклад контекстуальных факторов, таких как взаимодействие с учительями, сверстниками и характеристики заданий, в развитие вовлеченности [Fredricks, 2011; Martin, Bolliger, 2018]. Гораздо меньше известно о том, в какой степени эти факторы способствуют поддержанию вовлеченности в условиях внешкольного образования — как в онлайн-, так и в офлайн-среде. Устранение этого пробела позволит разрабатывать более целенаправленные стратегии для усиления вовлеченности учащихся в разнообразных образовательных средах.

Эмпирически установлено, что занятия в онлайн-кружках способствуют росту мотивации и самоэффективности учащихся в рамках выбранной ими предметной области [Керша, Обухов, 2023]. Однако при этом оценивался эффект непосредственно от доступа к таким занятиям, а не от уровня вовлеченности в них учащихся. Помимо этого, мало изучены возможности применения концепции вовлеченности не только в рамках традиционных форматов обучения (например, лекций, вебинаров, упражнений на отработку и запоминание), но и в занятиях, в которых для развития и тренировки определенных навыков используются мобильные и компьютерные игры [Rabah, Cassidy, Beauchemin, 2018]. Предполагается, что они способствуют более активному и глубокому погружению учащихся в изучение предмета за счет создания увлекательной и контекстуализированной среды [Gee, 2003; 2009]. В целом использование игр в обучении дает положительные результаты с точки зрения учебной вовлеченности и успеваемости, в том числе в сравнении с традиционными методами обучения [Huizenga et al., 2009]. Притом что увлеченность современных детей мобильными и компьютерными играми вызывает беспокойство педагогов и содержание игр неоднократно подвергалось критике, исследования свидетельствуют об эффективности отдельных видеоигр, например *Angry Birds* и *Minecraft*, как средства пробуждения интереса детей и подростков к STEM-дисциплинам [Herodotou, 2018a; 2018b; Saricam, Yıldırım, 2021; Tablatin, Casano,

Rodrigo, 2023]. Однако до сих пор не получено эмпирических доказательств связи вовлеченности в образовательную игру с академической вовлеченностью.

Цель данной работы состоит в том, чтобы исследовать вовлеченность детей и подростков в изучение STEM-дисциплин в офлайн- и онлайн-контекстах на примере данных национальной киберфизической платформы «Берлога», которая дает детям возможность сочетать внешкольные занятия в кружках с активностью в мобильной игре. С использованием концептуальной модели вовлеченности Дж. Фредрикс [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004] мы оцениваем вовлеченность учащихся в изучение программирования в контексте дополнительного образования, сравниваем ее проявления в офлайн- и онлайн-формате, а также исследуем контекстуальные факторы, способствующие ее росту. В результате мы рассчитываем получить ответы на следующие исследовательские вопросы:

- как связаны вовлеченность учащихся в изучение программирования онлайн, на внешкольных занятиях, и ее компоненты с вовлеченностью учащихся в изучение программирования онлайн, в мобильной игре;
- различается ли характер связи вовлеченности учащихся в изучение программирования с контекстуальными факторами, такими как взаимодействие с учителем, сверстниками, структура класса и характеристики заданий, в офлайн- и онлайн-среде?

Таким образом, данное исследование призвано расширить и дополнить теоретическую концепцию вовлеченности за счет ее изучения в контексте дополнительного образования. Результаты исследования внесут вклад в решение проблемы измерения данного конструкта, обусловленной отсутствием консенсуса относительно операционализации вовлеченности. Практическая значимость данной работы для системы образования состоит в оценке эффективности внешкольных занятий и сферы *edutainment* для привлечения детей к изучению STEM-дисциплин и пробуждения их интереса к науке и технологиям, что может способствовать разработке более эффективных стратегий и программ в области STEM-образования.

1. Обзор литературы

1.1. Подходы к операционализации учебной вовлеченности

Несмотря на многочисленные исследования учебной вовлеченности и признание ее значимости в обучении, единый подход к операционализации данного конструкта в академической литературе до сих пор не сформирован. Многие исследователи определяют вовлеченность через степень инвестирования учащимися ре-

сурсов, времени и усилий в обучение [Krause, Coates, 2008; Kuh, 2009; Lamborn, Newmann, Wehlage, 1992]. В данном случае в фокусе внимания оказывается поведение учащихся: анализируются уровень их участия в школьных мероприятиях, пропуски занятий, количество времени, которое ученики тратят на выполнение домашнего задания, скорость выполнения заданий и др. [Jimerson, Campos, Greif, 2003]. Данный подход получил широкое распространение, и тем не менее часто подвергается критике. В частности, оппоненты указывают, что действия учащихся могут отражать степень их приверженности (*commitment*) и включенности в обучение, но не отражают качество вовлеченности.

В настоящее время в большинстве исследований вовлеченность рассматривается как многомерный конструкт. Наиболее популярна предложенная Дженифер Фредрикс с коллегами [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004] трехкомпонентная модель вовлеченности, согласно которой в вовлеченности выделяются поведенческий, эмоциональный и когнитивный компоненты. О поведенческой вовлеченности можно судить по участию ученика в различных академических, социальных и внеklassных мероприятиях, по тому, насколько он соблюдает установленные правила, проявляет активность на занятиях. Данный компонент рассматривается как основной, если речь идет о повышении академических результатов и предотвращении отсева. Эмоциональная вовлеченность проявляется в положительных и отрицательных реакциях учащегося на учителей, одноклассников, школу, учебные материалы. Эмоционально вовлеченный ученик испытывает чувство сопричастности (*sense of belonging*) и получает удовольствие от занятий. От степени когнитивной вовлеченности учащегося зависит то, как он подходит к решению учебных задач и освоению материала: какие стратегии обучения использует, сколько усилий прилагает для понимания сложных идей и овладения навыками. Все три компонента вовлеченности динамичны и связаны друг с другом [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004].

Данная модель широко применяется в эмпирических исследованиях, однако возможности ее использования в контексте дополнительного образования до сих пор не оценивались. В ряде исследований предпринимались попытки перенести теоретическую модель вовлеченности на данные массовых открытых онлайн-курсов, представляющих версии существующих университетских программ. Например, трехкомпонентная модель вовлеченности валидирована с использованием данных активности и постов студентов онлайн-курсов Делфтского технического университета на платформе EdX [Fincham et al., 2019]. Такие исследования позволили выделить целые группы метрик, соответствующих отдельным компонентам вовлеченности в онлайн-образовании [Joksimović et al., 2017]. При использовании цифровых

следов для измерения вовлеченности прежде всего встает вопрос о выборе индикаторов и метрик, которые отражали бы многомерную структуру данного конструкта. Цифровые следы вовлеченности в онлайн-обучении можно условно разделить на пять групп: артефакты, социальные интеракции, использование ресурсов, временные метрики и баллы за тесты [Verbert et al., 2014].

Высокий потенциал использования цифровых следов для измерения и мониторинга учебной вовлеченности в онлайн-обучении не вызывает сомнений, но до сих пор их применение широкого распространения не получило. Более того, в большинстве исследований анализируется вовлеченность в условиях формализованного онлайн-образования и не рассматриваются цифровые следы, оставленные учащимися в процессе обучения во внешкольных образовательных онлайн-контекстах, в частности в образовательных играх.

1.2. Контекстуальные факторы вовлеченности

Изучению факторов, которые могут оказывать влияние на учебную вовлеченность учащихся в классе и в онлайн-среде, посвящено немало исследований. Значительную долю их составляют работы, в которых в качестве факторов вовлеченности рассматриваются психологические характеристики учащихся, в частности мотивация, самоэффективность, саморегуляция [Giesbers et al., 2014; Sun, Rueda, 2012]. Выделяются контекстуальные факторы вовлеченности на уровне школы (участие учеников в решении школьных вопросов, размер класса, организация внеклассных мероприятий и др.) и класса (поддержка учителя, взаимодействие со сверстниками, поддержка автономии, характеристики предлагаемых заданий и др.) [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004].

В рамках настоящей работы в качестве фреймворка для описания структуры контекстуальных факторов вовлеченности используется четырехкомпонентная модель [Fredricks, 2011]. Дж. Фредрикс считает, что должным образом организованный контекст, или среда, обучения может способствовать усилиению вовлеченности учащихся, и раскрывает четыре основных компонента контекстуальных факторов вовлеченности: взаимосвязь с учителем, взаимодействие со сверстниками, структура класса, характеристики заданий (рис. 1).

Значимость этих компонентов подтверждена эмпирически. Так, показано, что учителя могут повысить уровень вовлеченности учащихся, будучи честными и справедливыми, учитывая мнение учащихся при принятии решений, а также слушая своих учеников и разговаривая с ними [Wentzel, 1997]. Что касается взаимодействия с одноклассниками, установлено, что дети и подростки могут поддерживать вовлеченность друг друга в обучение, делясь информацией, оказывая академическую и эмоциональную под-

Рис. 1. Концептуальная модель контекстуальных факторов вовлеченности
[Fredricks, 2011]



держку, участвуя в совместной работе [Fredricks, Hackett, Brehman, 2010; Ryan, 2000].

Значение структуры класса и техник управления им для обеспечения вовлеченности учащихся подтверждено в исследований, в которых установлено, что высокий уровень организации в классе, четко сформулированные ожидания и требования, осуществление мониторинга и предоставление своевременной обратной связи способствуют формированию у учащихся понимания путей достижения успеха и повышению вовлеченности [Eccles, Gootman, 2002]. Наконец, существенное влияние оказывают задания, которые дают учителя: вовлеченность учащихся выше в тех классах, где задания разнообразны, интересны, значимы и имеют оптимальный уровень сложности [Lamborn, Newmann, Wehlage, 1992]. При этом учащиеся сильнее вовлекаются в выполнение заданий, которые предполагают не механическое запоминание, а активную роль ученика в формировании знания.

На основании проведенных до сих пор исследований нельзя с полной определенностью сказать, является ли вклад контекстуальных факторов в вовлеченность учащихся одинаковым в разных учебных контекстах или он различается. Дж. Фредрикс полагала, что этот вклад не различается существенно в школьном и внешкольном контексте [Fredricks, 2011]. Однако более поздние исследования показывают, что уровни вовлеченности учащихся в изучение STEM-дисциплин в школе и вне школы связаны, но они могут быть обусловлены разными факторами [Mulvey et al., 2023]. В частности, структура класса и взаимодействие со сверстниками важны для вовлеченности как в школьные, так и во внешкольные занятия [Beuumer et al., 2018], в то время как содержание занятий значимо связано с вовлеченностью только в школьном контексте [Mulvey et al., 2023].

2. Методология

2.1. Эмпирическая база исследования

Эмпирической базой исследования служат данные национальной киберфизической платформы «Берлога», включающей серию видеоигр, в которых школьников знакомят с разнообразием мира современных технологий. Пилотным регионом реализации проекта была Республика Башкортостан. Игры на платформе «Берлога» предназначены как для тех учащихся, кто уже изучал программирование в формате дополнительного образования в кружках программирования, робототехники, в инженерно-производственных кружках, так и для тех, кто только начинает его осваивать. В ходе проекта учащиеся могли играть в мобильную игру «Берлога. Защита пасеки» как на занятиях в кружках, выполняя задания и инструкции наставников, так и самостоятельно, в свободное время.

Специфика мобильной игры «Берлога. Защита пасеки» заключается в изучении программирования иерархических машин состояний при помощи визуального редактора алгоритмов в стандарте, основанном на унифицированном языке моделирования (UML). Функционал игры основан на механике «защита башен» (*tower defense*), которая широко используется в образовательных и развлекательных приложениях благодаря своей универсальности и способности стимулировать критическое мышление и стратегическое планирование. Эта механика предполагает наличие различающихся по уровню сложности активностей, которые побуждают игрока к улучшению стандартных алгоритмов юнитов по мере увеличения числа и силы врагов, атакующих базу. Таким образом, выбор данной платформы обусловлен ее способностью интегрировать сложные концепции программирования в увлекательную и доступную форму обучения: она подходит для широкого круга обучающихся, независимо от их начального уровня подготовки. Универсальность механики «защита башен» позволяет применять ее в разных образовательных контекстах, не огра-

ничиваясь изучением программирования или STEM-дисциплин, поэтому результаты данного исследования являются релевантными и для других платформ, использующих аналогичные игровые механики.

Вовлеченность учащихся в изучение программирования анализировалась на основании их цифровых следов и данных анкетирования. Для оценки цифровых следов учащихся использованы логи их активности в мобильной игре «Берлога. Защита пасеки», полученные с помощью Яндекс.AppMetrica. В опросный инструмент вошли блоки о социально-демографическом статусе респондентов, их вовлеченности в изучение программирования, контекстуальных факторах вовлеченности.

2.2. Выборка В исследовании приняли участие учащиеся центров дополнительного образования Республики Башкортостан, обучающиеся программированию на платформе кружкового движения «Талант» и в мобильной игре «Берлога. Защита пасеки». Итоговый размер выборки составил 155 человек. Большинство респондентов — мальчики (79%), средний возраст — 13,7 года, 96% респондентов проживают на территории Республики Башкортостан, 77% участников исследования учатся в основной школе (5–9-е классы). Больше половины опрошенных (59%) отметили, что у их матери или заменившего ее опекуна есть высшее образование.

2.3. Инструменты В рамках данного исследования в анализ включены следующие переменные: учебная вовлеченность на занятиях кружка и в мобильной игре, контекстуальные факторы вовлеченности. Для измерения вовлеченности в изучение программирования онлайн во время внешкольных занятий использовалась шкала *The Engagement Scale*, адаптированная под предметную область программирования [Sun, Rueda, 2012]. Первоначальный вариант шкалы включал 3 фактора и 18 вопросов: 5 вопросов по поведенческой вовлеченности, 6 по эмоциональной вовлеченности и 7 по когнитивной вовлеченности. Для валидации шкалы вовлеченности проведен конфирматорный факторный анализ с целью подтвердить трехфакторную структуру шкалы. В ходе анализа оценены структура шкалы и факторные нагрузки всех ее элементов. В итоговую шкалу включены только те элементы, чьи факторные нагрузки превышают 0,55. Таким образом, итоговый вариант шкалы включает 13 элементов (скорректированный опросный инструмент см. в Приложении А, табл. А1). Финальная шкала имеет хороший показатель внутренней валидности: коэффициент альфа Кронбаха составил 0,91. Для оценки качества моделей использовались критерий согласия модели CFI, индекс Такера — Лью-

иса TLI, квадратичная средняя ошибка аппроксимации RMSEA и средний квадрат остатков SRMR. При оценке качества моделей мы опирались на следующие рекомендации: для CFI и TLI значения выше 0,90 отражают хорошее соответствие модели; для RMSEA и SRMR значение менее 0,08 указывает на близкое соответствие [Schumacker, Lomax, 2010]¹. На этом этапе сделан вывод, что шкала обладает высоким уровнем качества и подходит для дальнейшего анализа.

Для измерения вовлеченности в онлайн-обучение проведен эксплораторный факторный анализ и сформирован один фактор на основе следующих показателей: среднее время активного использования визуального редактора, среднее число добавленных элементов в игре, число действий в игре. Содержательно эти показатели соотносятся с метриками, используемыми для операционализации вовлеченности в онлайн-образовании, — с временными метриками, артефактами и использованием ресурсов [Verbert et al., 2014; Joksimović et al., 2017]. Эти показатели стандартизированы, и на их основе сформирован один фактор. Коэффициент альфа Кронбаха составил 0,77. Мы предполагаем, что используемые цифровые следы (среднее время активного использования редактора, количество действий и добавленных элементов) могут быть связаны преимущественно с поведенческим компонентом вовлеченности, отражающим уровень участия учеников в образовательном процессе. Данные индикаторы также могут соотноситься с когнитивным компонентом, поскольку характеризуют усилия, направленные на обучение, но их связь с когнитивным компонентом вовлеченности косвенная — эти индикаторы не фиксируют внутренние процессы учеников. При этом напрямую измерить эмоциональную составляющую вовлеченности на основании цифровых следов не представляется возможным. Наши предположения о возможностях использования цифровых следов для оценки разных компонентов вовлеченности согласуются с эмпирическими данными [Henrie, Halverson, Graham, 2015].

Для измерения контекстуальных факторов вовлеченности использована основанная на модели Дж. Фредрикса [Fredricks, 2011] шкала, которая включает четыре фактора и 28 вопросов: 8 вопросов относятся к фактору учителя, 7 вопросов — к фактору сверстников, 5 вопросов — к фактору структуры класса, 8 вопросов — к фактору заданий. Для валидации шкалы проведен многофакторный конfirmаторный факторный анализ, в ходе которого подтверждена четырехфакторная структура шкалы. Коэффици-

¹ Поскольку апробация и валидация шкал компонентов и факторов вовлеченности не являются центральным фокусом данного исследования, характеристики моделей не включены в основной текст статьи, а представлены в Приложении А.

ент альфа Кронбаха составил 0,90 для фактора учителя, 0,89 для фактора сверстников, 0,80 для фактора структуры класса, 0,87 для фактора заданий. Показатели качества модели представлены в Приложении А (табл. А2 и А3).

2.4. Стратегия анализа Для оценки связи учебной вовлеченности, измеренной с помощью анкетирования и на основании цифровых следов, проведен непараметрический корреляционный анализ методом Спирмена. В анализ включены следующие переменные: общая вовлеченность; поведенческий, эмоциональный и когнитивный компоненты вовлеченности; индикаторы вовлеченности в мобильной игре, а именно среднее время активного использования редактора, среднее число добавленных элементов, число действий в игре. Описательная статистика приведена в табл. 1.

Таблица 1. Описательная статистика основных переменных (предсказанные факторные значения)

Переменная	N	Среднее	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум
Вовлеченность онлайн	155	0,00	0,32	-1,02	0,38
Поведенческий компонент вовлеченности	155	0,00	0,39	-1,30	0,43
Эмоциональный компонент вовлеченности	155	0,00	0,53	-1,64	0,49
Когнитивный компонент вовлеченности	155	0,00	0,63	-1,70	0,90
Вовлеченность онлайн	155	0,00	1,82	-4,05	7,74
Фактор структуры класса	155	0,00	0,49	-1,51	0,44
Фактор учителя	155	0,00	0,42	-1,22	0,33
Фактор сверстников	155	0,00	0,48	-1,82	0,56
Фактор заданий	155	0,00	0,44	-1,29	0,46

Для оценки связи учебной вовлеченности с контекстуальными факторами проведен регрессионный анализ. Зависимой переменной выступали стандартизованный показатель вовлеченности учащихся онлайн, рассчитанный по данным анкетирования на основе ответов респондентов о занятиях в кружках, и стандартизованный показатель вовлеченности учащихся в мобильную игру, рассчитанный на основе цифровых следов, описанных выше. В качестве предикторов в модель включены факторы структуры класса, учителя, сверстников, заданий. В модель также добавлена контрольная переменная возраста учащихся. Построены две модели:

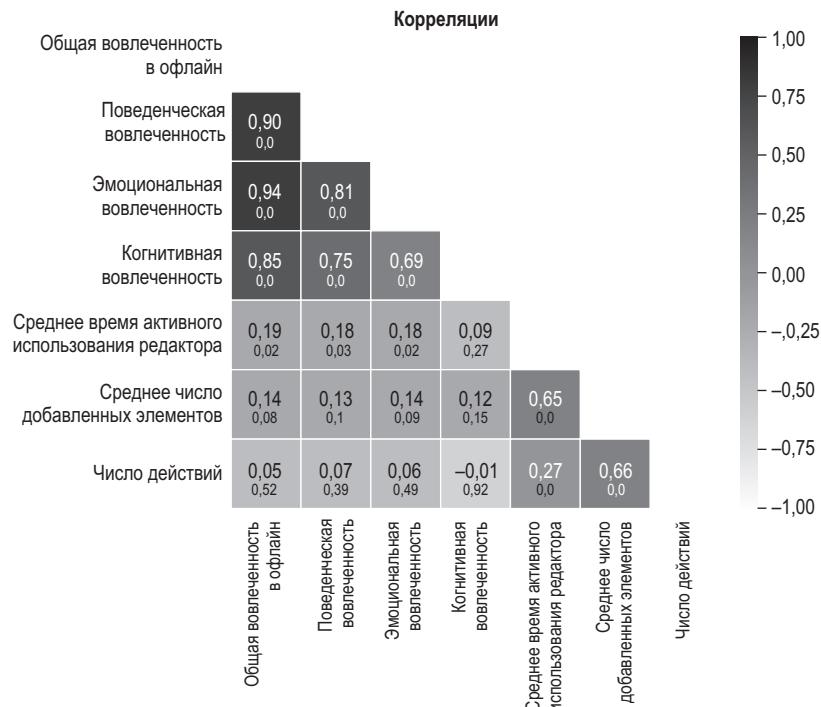
- 1) вовлеченность онлайн ~ структура класса + учитель + сверстники + задания + возраст;
- 2) вовлеченность в игре (онлайн) ~ структура класса + учитель + сверстники + задания + возраст.

3. Результаты

3.1. Оценка связи учебной вовлеченности с цифровыми следами

Связь общего показателя онлайн-вовлеченности с компонентами онлайн-вовлеченности в целом оказалась слабой: коэффициент корреляции варьирует от 0,07 до 0,14. На рис. 2 представлены результаты корреляционного анализа компонентов вовлеченности и отдельных цифровых следов. Между вовлеченностью и средним временем активного использования редактора выявлена статистически значимая положительная связь средней силы. Данный цифровой след также положительно и значимо связан с двумя компонентами вовлеченности — поведенческим и эмоциональным. Два других цифровых следа — среднее число добавленных элементов и число действий — не имеют значимых связей с вовлеченностью или отдельными ее компонентами. В то же время между тремя цифровыми следами наблюдается сильная положительная связь.

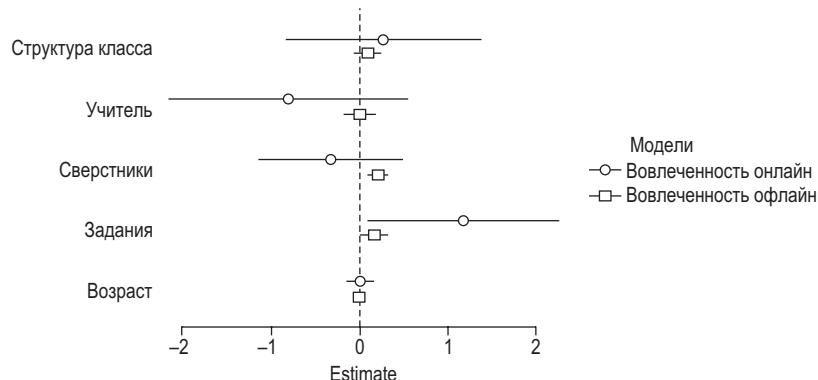
Рис. 2. Результаты корреляционного анализа: связь между компонентами учебной вовлеченности и цифровыми следами и *p-value*



3.2. Оценка связи учебной вовлеченности с контекстуальными факторами

Результаты регрессионного анализа показывают, что онлайн-вовлеченность значимо и положительно связана с двумя контекстуальными факторами: с фактором сверстников и фактором заданий (рис. 3). Факторы структуры класса и учителя оказались статистически незначимыми.

Рис. 3. Связь вовлеченности онлайн и офлайн с контекстуальными факторами: регрессионные коэффициенты и доверительные интервалы для модели 1 и модели 2



Показатель онлайн-вовлеченности, сформированный на основе цифровых следов, судя по результатам анализа, значимо положительно связан только с фактором заданий. Связь с остальными тремя контекстуальными факторами статистически незначима.

Анализ также обнаружил различия в объяснительной силе модели контекстуальных факторов в отношении вовлеченности в кружковых занятиях и в мобильной игре: контекстуальные факторы, сформированные на основе опросных данных, значительно лучше объясняют изменчивость онлайн-вовлеченности ($R^2 = 0,43$) по сравнению с онлайн-вовлеченностью ($R^2 = 0,05$). Таблица с регрессионными коэффициентами представлена в Приложении Б.

4. Дискуссия

Данная статья расширяет и уточняет представления о вовлеченности детей в изучение STEM-дисциплин, рассматривая ее проявления в контексте внеурочных занятий и мобильных игр. В ходе исследования установлено, что вовлеченность учащихся в изучение STEM-дисциплин онлайн в формате дополнительного образования положительно коррелирует с онлайн-вовлеченностью, измеренной через активность в мобильной игре. Однако среди цифровых следов вовлеченность значимо связана лишь со средним временем активного использования редактора — цифровым следом, который отражает активность, направленную на образовательные цели. В то же время значимой связи с вовлеченностью в онлайн-занятия более общих показателей, таких как число вы-

полненных действий или количество добавленных элементов, не выявлено. Полученные данные свидетельствуют об ограниченных возможностях использования цифровых следов для операционизации учебной вовлеченности в контексте дополнительного образования, поскольку не все цифровые следы точно отражают учебную вовлеченность, которая представляет собой значимый фактор достижения образовательных результатов [Henrie, Halverson, Graham, 2015]. В частности, такие метрики, как общее число действий и количество добавленных элементов, могут маркировать нерелевантную активность, например случайные клики, пробные действия, не дающие оснований судить о реальной вовлеченности учащегося в образовательный процесс. Наличие таких ограничений затрудняет интерпретацию цифровых следов и снижает их валидность как индикаторов вовлеченности в контексте дополнительного образования. Полученные результаты дополняют дискуссию о необходимости переосмысливания подходов и методов в социологии с учетом доступности новых средств сбора данных [Jensen et al., 2016; Stier et al., 2019; Macke, Daviss, Williams-Baron, 2022].

Установлено, что вовлеченность учащихся в изучение программирования в мобильной игре значимо связана с поведенческим и эмоциональным, но не с когнитивным компонентом вовлеченности. С одной стороны, данный результат может быть связан с особенностями измерения конструкта поведенческой вовлеченности в рамках настоящего исследования. О когнитивной вовлеченности судят преимущественно на основании таких характеристик, как самостоятельное изучение материала, поиск информации и повторение, другими словами, на основании видов активности, которые могут осуществляться вне игрового контекста и, следовательно, не отражаются в цифровых следах. В то же время в рамках данного исследования предполагалось, что и опросные данные, и цифровые следы в редакторе могут служить поведенческими индикаторами одного и того же латентного конструкта — когнитивной вовлеченности. Отсутствие значимой корреляции в данном случае может указывать как на слабую выраженность когнитивной вовлеченности в игровом поведении, так и на ограниченность выбранных цифровых индикаторов. Данный результат свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования инструментов измерения и разработки теоретически обоснованных цифровых индикаторов, имеющих эмпирически подтвержденную связь с компонентами модели вовлеченности Дж. Фредрикса [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004].

С другой стороны, значимая связь вовлеченности учащихся в изучение программирования в мобильной игре с поведенческим и эмоциональным, но не с когнитивным компонентом вовлеченности может быть обусловлена спецификой объектов из-

мерения. Мобильная игра содержит образовательный контент и направлена на обучение, и тем не менее она может восприниматься учащимися как занятие более развлекательное по сравнению с традиционными кружковыми активностями. В результате когнитивный компонент вовлеченности, который отражает усилия, приложенные учеником, при вовлеченности в мобильную игру может проявляться менее интенсивно, чем при традиционных занятиях в кружке. Значимая связь вовлеченности в мобильную игру с эмоциональным компонентом также подтверждает предположение о разнице в восприятии кружков и игры и согласуется с результатами других исследований, показавших, что обучение в игровой форме вызывает у учеников больше положительных эмоций и снижает их когнитивную нагрузку [Hamari et al., 2016; Holbrey, 2020].

В ходе исследования проведена эмпирическая проверка применимости концептуальной модели контекстуальных факторов вовлеченности, предложенной Дж. Фредрикс [Fredricks, Hackett, Bregman, 2011], в контексте дополнительного образования. Эта модель активно используется в исследованиях школьной вовлеченности, но весьма ограниченно применяется в контексте внеурочной и цифровой образовательной среды. Показано, что значимым контекстуальным фактором в обоих случаях является фактор заданий, при этом сила связи этого фактора с вовлеченностью различается в средах онлайн и офлайн: те учащиеся, которым нравятся используемые задания, гораздо сильнее вовлекаются именно в мобильную игру и в меньшей степени — в занятия в рамках кружка. В других работах также обнаружена гетерогенность связи вовлеченности с контекстуальными факторами в зависимости от образовательного формата и специфики учебной среды [Mulvey et al., 2023; Beymer et al., 2018]. Таким образом, игра позволяет компенсировать дефициты, возникающие в случае депривации потребности в индивидуальном учебном материале и отработке полученных навыков, что подтверждается и другими исследованиями [Chang, Hsu, 2022]. Что касается общения со сверстниками, этот фактор значимо связан с вовлеченностью в онлайн-, но не в онлайн-формате — вероятно, по причине того, что режим мобильной игры предполагает одного пользователя и не предусматривает коллоквации внутри игрового процесса.

Качество регрессионной модели для предсказания вовлеченности в онлайн-среде оказалось низким по сравнению с аналогичной моделью для онлайн-вовлеченности. Различие в качестве моделей может свидетельствовать о том, что вклад тех или иных факторов вовлеченности может меняться в зависимости от формата занятий. Контекстуальные факторы, выделенные в рамках модели Дж. Фредрикс, могут быть более значимыми для онлайн-вовлеченности в кружках, где социальные взаимо-

действия играют особенно важную роль. Можно предположить, что различия в вовлеченности в обучение с использованием мобильной игры зависят от специфических для данного контекста факторов, которые не были включены в текущую модель. Если это так, то полученные нами данные делают очевидной значимость дальнейшего изучения вовлеченности и ее предикторов в разных образовательных контекстах и для новых форматов обучения. Таким образом, данное исследование дополняет теоретическую концепцию вовлеченности, фокусируясь на ее применении в специфическом контексте дополнительного образования в области STEM-дисциплин. Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что они раскрывают возможности привлечения детей к изучению STEM-дисциплин и стимулирования их интереса к науке и технологиям в условиях технологически дополненной среды. Исследование выявило ключевую роль качества заданий в усилении вовлеченности учащихся в обучение. Преподавателям важно уделять приоритетное внимание включению в процесс обучения программированию разнообразных заданий, а также адаптировать их к интересам учащихся. Кроме того, результаты свидетельствуют о перспективности коллaborативных сценариев использования мобильных игр и совместного прохождения их в классе, в том числе с участием педагогов.

5. Заключение

Результаты проведенного исследования вносят вклад в разработку теоретической концепции вовлеченности в обучение, рассматривая ее действие в условиях дополнительного образования. В ходе исследования эмпирически валидированы трехкомпонентная модель вовлеченности и модель контекстуальных факторов вовлеченности в условиях внешкольного образования. С использованием концептуальной модели вовлеченности Дж. Фредрикса [Fredricks, Blumenfeld, Paris, 2004; Fredricks, 2011] мы оцениваем вовлеченность учащихся в изучение программирования в контексте дополнительного образования, сравниваем ее проявления в онлайн- и в онлайн-форматах, а также исследуем контекстуальные факторы, способствующие ее росту. Результаты показывают, что цифровые следы вовлеченности лишь частично отражают многомерную структуру данного конструкта, и подтверждают необходимость совершенствования подходов к измерению вовлеченности на основе цифровых следов, в частности подбора индикаторов для измерения многомерной структуры вовлеченности.

Проведенное исследование имеет ряд ограничений. В частности, ограниченная генерализуемость и репрезентативность выводов обусловлена характером выборки исследования. Некоторые ограничения порождены особенностями данных и примененными методами анализа. При подготовке данных к анализу мы вы-

явили скошенность распределений по ряду переменных, таких как вовлеченность онлайн, фактор сверстников и фактор структуры класса. Применение различных преобразований данных не привело к значимому изменению результатов анализа. С учетом ограниченного размера выборки было решено не удалять выбросы, чтобы дополнительно не сокращать выборку и не снижать статистическую мощность анализа.

Судя по показателям качества регрессионной модели, она имеет низкую объясняющую способность для онлайн-вовлеченности и ограниченную эффективность. Данные результаты могут свидетельствовать о том, что контекстуальные факторы, определяющие вовлеченность в обучение в кружках, могут значительно отличаться от факторов, актуальных для онлайн-среды, такой как мобильные игры, и именно поэтому модель имеет низкую объясняющую силу для онлайн-вовлеченности.

Кроме того, проделанный анализ носит корреляционный характер и не предполагает причинно-следственной интерпретации, что обусловлено задачами исследования. Объект изучения рассматривается в данном исследовании как явление двойственной природы: вовлеченность в изучение программирования операционализируется и через онлайн-занятия в рамках кружков, и через активность в мобильной игре. Однако именно такой подход позволяет сопоставить результаты анализа для разных данных и тем самым дополнить теоретическую модель вовлеченности.

Приложение А. Характери- стики моделей компонентов и факторов вовлеченности

Таблица А1. Высказывания, включенные в шкалу «Вовлеченность в изучение программирования»

Компонент вовлеченности	Высказывание
Поведенческая вовлеченность	1. Я соблюдаю правила поведения и требования преподавателя на занятиях по программированию 2. Я вовремя выполняю домашние задания для занятий по программированию 3. Я проверяю свою работу по программированию на наличие ошибок
Эмоциональная вовлеченность	1. Мне нравится посещать занятия по программированию 2. Мне приносит радость моя работа на занятиях по программированию 3. Мне весело заниматься программированием 4. Мне интересно то, что я изучаю во время занятий по программированию 5. Я чувствую себя счастливым(ой), когда посещаю занятия по программированию
Когнитивная вовлеченность	1. Я занимаюсь программированием дома, даже когда знаю, что никто НЕ будет проверять меня 2. Я стараюсь найти дополнительные источники информации для изучения материала, который мы проходим на занятиях по программированию (например, журналы, статьи, передачи)

Компонент вовлеченности	Высказывание
	3. Когда я читаю материалы по программированию, я задаю себе вопросы, чтобы убедиться, что понимаю, о чем идет речь
	4. Я читаю дополнительные материалы, чтобы узнать больше о том, что мы проходим на занятиях по программированию
	5. Если у меня что-то НЕ получается на занятии по программированию, я возвращаюсь к пройденному материалу и разбираю его снова

Таблица А2. Оценка качества трехкомпонентной модели вовлеченности

CFI	TLI	RMSEA	SRMR
0,969	0,959	0,053	0,062

Таблица А3. Оценка качества модели контекстуальных факторов вовлеченности

CFI	TLI	RMSEA	SRMR
0,925	0,911	0,066	0,053

Приложение Б. Результаты регрессионного анализа

Таблица Б1. Результаты регрессионного анализа: связь между вовлеченностью и контекстуальными факторами

	Зависимая переменная	
	Вовлеченность офлайн	Вовлеченность онлайн
Структура класса	0,104 (0,076)	0,275 (0,563)
Учитель	0,015 (0,093)	-0,812 (0,684)
Сверстники	0,217*** (0,056)	-0,322 (0,414)
Задания	0,180** (0,073)	1,194** (0,543)
Возраст	-0,004 (0,010)	0,013 (0,078)
Константа	0,059 (0,145)	-0,175 (1,076)
Наблюдения	155	155
R ²	0,434	0,045
Скорректированный R ²	0,415	0,013
Остаточные станд. ошибки (df = 149)	0,244	1,808
F-статистика (df = 5; 149)	22,849***	1,413

Примечание: *p < 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,01.

Благодарности

Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Литература

1. Андрюшков А.А., Земцов Д.И. (2019) Кружки как полигоны практик будущего. *Инновации*, № 11 (253), сс. 24–29. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.253.11.006>
2. Земцов Д.И. (2023) Сообщества практик будущего в российских университетах: фаблабы, ЦМИТы, кружки. *Высшее образование в России*, т. 32, № 5, сс. 36–55. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-5-36-55>
3. Керша Ю.Д., Обухов А.С. (2023) Экспериментальное исследование роли онлайн-кружков в повышении мотивации и самоэффективности учащихся в естествознании. *Интеграция образования*, т. 27, № 2, сс. 208–226. <http://dx.doi.org/10.15507/1991-9468.111.027.202302.208-226>
4. Akey T.M. (2006) *School Context, Student Attitudes and Behavior, and Academic Achievement: An Exploratory Analysis*. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED489760.pdf> (accessed 08.05.2025).
5. Beymer P.N., Rosenberg J.M., Schmidt J.A., Naftzger N.J. (2018) Examining Relationships among Choice, Affect, and Engagement in Summer STEM Programs. *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 47, January, pp. 1178–1191. <https://doi.org/10.1007/s10964-018-0814-9>
6. Bickle M.C., Rucker R.D., Burnsed K.A. (2019) Online Learning: Examination of Attributes that Promote Student Satisfaction. *Online Journal of Distance Learning Administration*, vol. 22, no 1, pp. 1–8. Available at: https://ojdla.com/archive/spring221/bickle_rucker_burnsed221.pdf (accessed 10.05.2025).
7. Chang C., Hsu C. (2022) How to Generate Customer and Firm Benefits through Online Game Product and Brand Community Engagement — Online and Offline Perspectives. *Journal of Product & Brand Management*, vol. 31, no 8, pp. 1252–1264. <https://doi.org/10.1108/jpbm-04-2021-3448>
8. Eccles J.S., Gootman J.A. (eds) (2002) *Community Programs to Promote Youth Development*. Washington, DC: National Academy. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED465844.pdf> (accessed 15.05.2025).
9. Fincham E., Whitelock-Wainwright A., Kovanović V., Joksimović S., van Staalduin J.P., Gašević D. (2019) Counting Clicks Is Not Enough: Validating a Theorized Model of Engagement in Learning Analytics. Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (Trnpe, AZ, 2019, 4–8 March), pp. 501–510. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303775>
10. Fredricks J.A. (2011) Engagement in School and Out-of-School Contexts: A Multidimensional View of Engagement. *Theory into Practice*, vol. 50, no 4, pp. 327–335. <https://doi.org/10.1080/00405841.2011.607401>
11. Fredricks J.A., Blumenfeld P.C., Paris A.H. (2004) School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, vol. 74, no 1, pp. 59–109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
12. Fredricks J.A., Hackett K., Bregman A. (2010) Participation in Boys and Girls Clubs: Motivation and Stage Environment Fit. *Journal of Community Psychology*, vol. 38, no 3, pp. 369–385. <https://doi.org/10.1002/jcop.20369>
13. Gee J.P. (2009) Deep Learning Properties of Good Digital Games: How Far Can They Go? *Serious Games: Mechanisms and Effects* (eds U. Ritterfeld, M. Cody, P. Vorderer), New York, NY: Routledge, pp. 89–104. <https://doi.org/10.4324/9780203891650-15>
14. Gee J.P. (2003) What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy. *Technology Pedagogy and Education*, vol. 1, no 1, Article no 20. <http://dx.doi.org/10.1145/950566.950595>
15. Giesbers B., Rienties B., Tempelaar D., Gijsselaers W. (2014) A Dynamic Analysis of the Interplay between Asynchronous and Synchronous Communication in Online Learning: The Impact of Motivation. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 30, no 1, pp. 30–50. <https://doi.org/10.1111/jcal.12020>

16. Hamari J., Shernoff D., Rowe E., Coller B., Asbell-Clarke J., Edwards T. (2016) Challenging Games Help Students Learn: An Empirical Study on Engagement, Flow and Immersion in Game-Based Learning. *Computers in Human Behavior*, vol. 54, January, pp. 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
17. Harper S.R. (2008) Realizing the Intended Outcomes of Brown: High-Achieving African American Male Undergraduates and Social Capital. *American Behavioral Scientist*, vol. 51, no 7, pp. 1030–1053. <https://doi.org/10.1177/0002764207312004>
18. Henrie C.R., Halverson L.R., Graham C.R. (2015) Measuring Student Engagement in Technology-Mediated Learning: A Review. *Computers & Education*, vol. 90, December, pp. 36–53. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.09.005>
19. Herodotou C. (2018a) Mobile Games and Science Learning: A Comparative Study of 4 and 5 Years Old Playing the Game Angry Birds. *British Journal of Educational Technology*, vol. 49, no 1, pp. 6–16. <https://doi.org/10.1111/bjet.12546>
20. Herodotou C. (2018b) Young Children and Tablets: A Systematic Review of Effects on Learning and Development. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 34, no 1, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jcal.12220>
21. Hoi V.N., Le Hang H. (2021) The Structure of Student Engagement in Online Learning: A Bi-Factor Exploratory Structural Equation Modelling Approach. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 37, no 4, pp. 1141–1153. <https://doi.org/10.1111/jcal.12551>
22. Holbrey C. (2020) Kahoot! Using a Game-Based Approach to Blended Learning to Support Effective Learning Environments and Student Engagement in Traditional Lecture Theatres. *Technology Pedagogy and Education*, vol. 29, no 2, pp. 191–202. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2020.1737568>
23. Huizenga J., Admiraal W., Akkerman S., Dam G. (2009) Mobile Game-Based Learning in Secondary Education: Engagement, Motivation and Learning in a Mobile City Game. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 25, no 4, pp. 332–344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00316.x>
24. Jensen M., Piercy C., Elzondo J., Twyman N., Valacich J., Miller C. et al. (2016) Exploring Failure and Engagement in a Complex Digital Training Game: A Multi-Method Examination. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, vol. 8, no 1, pp. 1–20. <https://doi.org/10.17705/1thci.08102>
25. Jimerson S.R., Campos E., Greif J.L. (2003) Toward an Understanding of Definitions and Measures of School Engagement and Related Terms. *The California School Psychologist*, vol. 8, January, pp. 7–27. <https://doi.org/10.1007/BF03340893>
26. Joksimović S., Poquet O., Kovanović V., Dowell N., Mills C., Gašević D., Dawson S., Graesser A.C., Brooks C. (2017) How Do We Model Learning at Scale? A Systematic Review of Research on MOOCs. *Review of Educational Research*, vol. 88, no 1, pp. 43–86. <https://doi.org/10.3102/0034654317740335>
27. Krause K.L., Coates H. (2008) Students' Engagement in First-Year University. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, vol. 33, no 5, pp. 493–505. <https://doi.org/10.1080/02602930701698892>
28. Kuh G.D. (2009) The National Survey of Student Engagement: Conceptual and Empirical Foundations. *New Directions for Institutional Research*, vol. 141, pp. 5–20. <https://doi.org/10.1002/ir.283>
29. Kuh G.D., Cruce T.M., Shoup R., Kinzie J., Gonyea R.M. (2008) Unmasking the Effects of Student Engagement on First-Year College Grades and Persistence. *The Journal of Higher Education*, vol. 79, no 5, pp. 540–563. <https://doi.org/10.1080/00221546.2008.11772116>
30. Lamborn S., Newmann F., Wehlage G. (1992) The Significance and Sources of Student Engagement. *Student Engagement and Achievement in American Secondary Schools* (ed. F.M. Newmann), Madison, WI: National Center on Effective

- Secondary Schools, pp. 11–39. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED371047.pdf> (accessed 15.05.2025).
31. Macke E., Daviss C., Williams-Baron E. (2022) *Untapped Potential: Collecting and Analyzing Digital Trace Data within Survey Experiments*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/frhj6>
 32. Martin F., Bolliger D.U. (2018) Engagement Matters: Student Perceptions on the Importance of Engagement Strategies in the Online Learning Environment. *Online Learning*, vol. 22, no 1, pp. 205–222. <https://doi.org/10.24059/olj.v22i1.1092>
 33. Mikami A.Y., Ruzek E.A., Hafen C.A., Gregory A., Allen J.P. (2017) Perceptions of Relatedness with Classroom Peers Promote Adolescents' Behavioral Engagement and Achievement in Secondary School. *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 46, November, pp. 2341–2354. <https://doi.org/10.1007/s10964-017-0724-2>
 34. Mulvey K.L., Cerda-Smith J., Joy A., Mathews C., Ozturk E. (2023) Factors That Predict Adolescents' Engagement with STEM In and Out of School. *Psychology in the Schools*, vol. 60, no 9, pp. 3648–3665. <https://doi.org/10.1002/pits.22946>
 35. Olivier E., Archambault I., De Clercq M., Galand B. (2019) Student Self-Efficacy, Classroom Engagement, and Academic Achievement: Comparing Three Theoretical Frameworks. *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 48, February, pp. 326–340. <https://doi.org/10.1007/s10964-018-0952-0>
 36. Pascarella E.T., Terenzini P.T. (2005) *How College Affects Students. Vol. 2. A Third Decade of Research*. San Francisco, CA: Jossey-Bass. Available at: https://campusclimate.ucop.edu/_common/files/pdf-climate/Distance_learning_article-Pascarella_Terenzini.pdf (accessed 10.05.2025).
 37. Rabah J., Cassidy R., Beauchemin R. (2018) Gamification in Education: Real Benefits or Edutainment. Proceedings of the 17th European Conference on e-Learning (Athens, 2018, 1–2 November), pp. 489–497. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28673.56162>
 38. Reschly A.L., Christenson S.L. (2012) Jingle, Jangle, and Conceptual Haziness: Evolution and Future Directions of the Engagement Construct. *Handbook of Research on Student Engagement* (eds S. Christenson, A.L. Reschly, C. Wylie), Boston, MA: Springer US, pp. 3–19. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_1
 39. Ryan A.M. (2000) Peer Groups as a Context for the Socialization of Adolescents' Motivation, Engagement, and Achievement in School. *Educational Psychologist*, vol. 35, no 2, pp. 101–111. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3502_4
 40. Saricam U., Yildirim M. (2021) The Effects of Digital Game-Based STEM Activities on Students' Interests in STEM Fields and Scientific Creativity: Minecraft Case. *International Journal of Technology in Education and Science*, vol. 5, no 2, pp. 166–192. <https://doi.org/10.46328/ijtes.136>
 41. Schumacker R.E., Lomax R.G. (2010) *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. New York, NY: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203851319>
 42. Stier S., Breuer J., Siegers P., Thorson K. (2019) Integrating Survey Data and Digital Trace Data: Key Issues in Developing an Emerging Field. *Social Science Computer Review*, vol. 38, no 5, pp. 503–516. <https://doi.org/10.1177/0894439319843669>
 43. Stone C. (2021) Improving Student Engagement, Retention and Success in Online Learning. *Student Retention and Success in Higher Education: Institutional Change for the 21st Century* (eds M. Shah, S. Kift, L. Thomas), Cham: Palgrave Macmillan, pp. 167–189. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80045-1_9
 44. Sun J.C.Y., Rueda R. (2012) Situational Interest, Computer Self-Efficacy and Self-Regulation: Their Impact on Student Engagement in Distance Education. *British Journal of Educational Technology*, vol. 43, no 2, pp. 191–204. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01157.x>
 45. Tablatin C.L.S., Casano J.D., Rodrigo M.M.T. (2023) Using Minecraft to Cultivate Student Interest in STEM. *Frontiers in Education*, vol. 8, March, Article no 1127984. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1127984>

46. Verbert K., Govaerts S., Duval E., Santos J.L., van Assche F., Parra G., Klerkx J. (2014) Learning Dashboards: An Overview and Future Research Opportunities. *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 18, November, pp. 1499–1514. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0751-2>
47. Wang M., Li G. (2022) A Meta-Analysis of MOOC-Based Academic Achievement, Engagement, Motivation, and Self-Regulation During the COVID-19 Pandemic. *International Journal of e-Collaboration (IJeC)*, vol. 18, no 1, pp. 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJeC.301260>
48. Wehlage G.G., Smith G.A. (1992) Building New Programs for Students at Risk. *Student Engagement and Achievement in American Secondary Schools* (ed. F.M. Newmann), Madison, WI: National Center on Effective Secondary Schools, pp. 92–118. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED371047.pdf#page=97> (accessed 10.05.2025).
49. Wentzel K.R. (1997) Student Motivation in Middle School: The Role of Perceived Pedagogical Caring. *Journal of Educational Psychology*, vol. 89, no 3, Article no 411. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.3.411>

References

- Akey T.M. (2006) *School Context, Student Attitudes and Behavior, and Academic Achievement: An Exploratory Analysis*. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED489760.pdf> (accessed 08.05.2025)
- Andryushkov A.A., Zemtsov D.I. (2019) Kruzhoks as a Platform for Practices of the Future. *Innovations*, no 11 (253), pp. 24–29 (In Russian). <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.253.11.006>
- Beymer P.N., Rosenberg J.M., Schmidt J.A., Naftzger N.J. (2018) Examining Relationships among Choice, Affect, and Engagement in Summer STEM Programs. *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 47, January, pp. 1178–1191. <https://doi.org/10.1007/s10964-018-0814-9>
- Bickle M.C., Rucker R.D., Burnsed K.A. (2019) Online Learning: Examination of Attributes that Promote Student Satisfaction. *Online Journal of Distance Learning Administration*, vol. 22, no 1, pp. 1–8. Available at: https://ojdla.com/archive/spring221/bickle_rucker_burnsed221.pdf (accessed 10.05.2025).
- Chang C., Hsu C. (2022) How to Generate Customer and Firm Benefits through Online Game Product and Brand Community Engagement — Online and Offline Perspectives. *Journal of Product & Brand Management*, vol. 31, no 8, pp. 1252–1264. <https://doi.org/10.1108/jpbm-04-2021-3448>
- Eccles J.S., Gootman J.A. (eds) (2002) *Community Programs to Promote Youth Development*. Washington, DC: National Academy. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED465844.pdf> (accessed 15.05.2025).
- Fincham E., Whitelock-Wainwright A., Kovanović V., Joksimović S., van Staalanden J.P., Gašević D. (2019) Counting Clicks Is Not Enough: Validating a Theorized Model of Engagement in Learning Analytics. Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (Trnpe, AZ, 2019, 4–8 March), pp. 501–510. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303775>
- Fredricks J.A. (2011) Engagement in School and Out-of-School Contexts: A Multidimensional View of Engagement. *Theory into Practice*, vol. 50, no 4, pp. 327–335. <https://doi.org/10.1080/00405841.2011.607401>
- Fredricks J.A., Blumenfeld P.C., Paris A.H. (2004) School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, vol. 74, no 1, pp. 59–109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Fredricks J.A., Hackett K., Bregman A. (2010) Participation in Boys and Girls Clubs: Motivation and Stage Environment Fit. *Journal of Community Psychology*, vol. 38, no 3, pp. 369–385. <https://doi.org/10.1002/jcop.20369>
- Gee J.P. (2009) Deep Learning Properties of Good Digital Games: How Far Can They Go? *Serious Games: Mechanisms and Effects* (eds U. Ritterfeld,

- M. Cody, P. Vorderer), New York, NY: Routledge, pp. 89–104. <https://doi.org/10.4324/9780203891650-15>
- Gee J.P. (2003) What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy. *Technology Pedagogy and Education*, vol. 1, no 1, Article no 20. <http://dx.doi.org/10.1145/950566.950595>
- Giesbers B., Rienties B., Tempelaar D., Gijsselaers W. (2014) A Dynamic Analysis of the Interplay between Asynchronous and Synchronous Communication in Online Learning: The Impact of Motivation. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 30, no 1, pp. 30–50. <https://doi.org/10.1111/jcal.12020>
- Hamari J., Shernoff D., Rowe E., Coller B., Asbell-Clarke J., Edwards T. (2016) Challenging Games Help Students Learn: An Empirical Study on Engagement, Flow and Immersion in Game-Based Learning. *Computers in Human Behavior*, vol. 54, January, pp. 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
- Harper S.R. (2008) Realizing the Intended Outcomes of Brown: High-Achieving African American Male Undergraduates and Social Capital. *American Behavioral Scientist*, vol. 51, no 7, pp. 1030–1053. <https://doi.org/10.1177/0002764207312004>
- Henrie C.R., Halverson L.R., Graham C.R. (2015) Measuring Student Engagement in Technology-Mediated Learning: A Review. *Computers & Education*, vol. 90, December, pp. 36–53. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.09.005>
- Herodotou C. (2018a) Mobile Games and Science Learning: A Comparative Study of 4 and 5 Years Old Playing the Game Angry Birds. *British Journal of Educational Technology*, vol. 49, no 1, pp. 6–16. <https://doi.org/10.1111/bjet.12546>
- Herodotou C. (2018b) Young Children and Tablets: A Systematic Review of Effects on Learning and Development. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 34, no 1, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jcal.12220>
- Hoi V.N., Le Hang H. (2021) The Structure of Student Engagement in Online Learning: A Bi-Factor Exploratory Structural Equation Modelling Approach. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 37, no 4, pp. 1141–1153. <https://doi.org/10.1111/jcal.12551>
- Holbrey C. (2020) Kahoot! Using a Game-Based Approach to Blended Learning to Support Effective Learning Environments and Student Engagement in Traditional Lecture Theatres. *Technology Pedagogy and Education*, vol. 29, no 2, pp. 191–202. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2020.1737568>
- Huizenga J., Admirala W., Akkerman S., Dam G. (2009) Mobile Game-Based Learning in Secondary Education: Engagement, Motivation and Learning in a Mobile City Game. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 25, no 4, pp. 332–344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00316.x>
- Jensen M., Piercy C., Elzondo J., Twyman N., Valacich J., Miller C. et al. (2016) Exploring Failure and Engagement in a Complex Digital Training Game: A Multi-Method Examination. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, vol. 8, no 1, pp. 1–20. <https://doi.org/10.17705/1thci.08102>
- Jimerson S.R., Campos E., Greif J.L. (2003) Toward an Understanding of Definitions and Measures of School Engagement and Related Terms. *The California School Psychologist*, vol. 8, pp. 7–27. <https://doi.org/10.1007/BF03340893>
- Joksimović S., Poquet O., Kovanović V., Dowell N., Mills C., Gašević D., Dawson S., Graesser A.C., Brooks C. (2017) How Do We Model Learning at Scale? A Systematic Review of Research on MOOCs. *Review of Educational Research*, vol. 88, no 1, pp. 43–86. <https://doi.org/10.3102/0034654317740335>
- Kersha Y.D., Obuhov A.S. (2023) Investigating the Impact of Online Learning Clubs on Student Motivation and Self-Efficacy in Science: An Experimental Study. *Integration of Education*, vol. 27, no 2, pp. 208–226 (In Russian). <http://dx.doi.org/10.15507/1991-9468.111.027.202302.208-226>
- Krause K.L., Coates H. (2008) Students' Engagement in First-Year University. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, vol. 33, no 5, pp. 493–505. <https://doi.org/10.1080/02602930701698892>

- Kuh G.D. (2009) The National Survey of Student Engagement: Conceptual and Empirical Foundations. *New Directions for Institutional Research*, iss. 141, pp. 5–20. <https://doi.org/10.1002/ir.283>
- Kuh G.D., Cruce T.M., Shoup R., Kinzie J., Gonyea R.M. (2008) Unmasking the Effects of Student Engagement on First-Year College Grades and Persistence. *The Journal of Higher Education*, vol. 79, no 5, pp. 540–563. <https://doi.org/10.1080/00221546.2008.11772116>
- Lamborn S., Newmann F., Wehlage G. (1992) The Significance and Sources of Student Engagement. *Student Engagement and Achievement in American Secondary Schools* (ed. F.M. Newmann), Madison, WI: National Center on Effective Secondary Schools, pp. 11–39. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED371047.pdf> (accessed 15.05.2025).
- Macke E., Daviss C., Williams-Baron E. (2022) *Untapped Potential: Collecting and Analyzing Digital Trace Data within Survey Experiments*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/frhj6>
- Martin F., Bolliger D.U. (2018) Engagement Matters: Student Perceptions on the Importance of Engagement Strategies in the Online Learning Environment. *Online Learning*, vol. 22, no 1, pp. 205–222. <https://doi.org/10.24059/olj.v22i1.1092>
- Mikami A.Y., Ruzeck E.A., Hafen C.A., Gregory A., Allen J.P. (2017) Perceptions of Relatedness with Classroom Peers Promote Adolescents' Behavioral Engagement and Achievement in Secondary School. *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 46, November, pp. 2341–2354. <https://doi.org/10.1007/s10964-017-0724-2>
- Mulvey K.L., Cerda-Smith J., Joy A., Mathews C., Ozturk E. (2023) Factors That Predict Adolescents' Engagement with STEM In and Out of School. *Psychology in the Schools*, vol. 60, no 9, pp. 3648–3665. <https://doi.org/10.1002/pits.22946>
- Olivier E., Archambault I., De Clercq M., Galand B. (2019) Student Self-Efficacy, Classroom Engagement, and Academic Achievement: Comparing Three Theoretical Frameworks. *Journal of Youth and Adolescence*, vol. 48, February, pp. 326–340. <https://doi.org/10.1007/s10964-018-0952-0>
- Pascarella E.T., Terenzini P.T. (2005) *How College Affects Students. Vol. 2. A Third Decade of Research*. San Francisco, CA: Jossey-Bass. Available at: https://campusclimate.ucop.edu/_common/files/pdf-climate/Distance_learning_article-Pascarella_Terenzini.pdf (accessed 10.05.2025).
- Rabah J., Cassidy R., Beauchemin R. (2018) Gamification in Education: Real Benefits or Edutainment. Proceedings of the *17th European Conference on e-Learning (Athens, 2018, 1–2 November)*, pp. 489–497. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28673.56162>
- Reschly A.L., Christenson S.L. (2012) Jingle, Jangle, and Conceptual Haziness: Evolution and Future Directions of the Engagement Construct. *Handbook of Research on Student Engagement* (eds S. Christenson, A.L. Reschly, C. Wylie), Boston, MA: Springer US, pp. 3–19. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_1
- Ryan A.M. (2000) Peer Groups as a Context for the Socialization of Adolescents' Motivation, Engagement, and Achievement in School. *Educational Psychologist*, vol. 35, no 2, pp. 101–111. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3502_4
- Saricam U., Yildirim M. (2021) The Effects of Digital Game-Based STEM Activities on Students' Interests in STEM Fields and Scientific Creativity: Minecraft Case. *International Journal of Technology in Education and Science*, vol. 5, no 2, pp. 166–192. <https://doi.org/10.46328/ijtes.136>
- Schumacker R.E., Lomax R.G. (2010) *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. New York, NY: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203851319>
- Stier S., Breuer J., Siegers P., Thorson K. (2019) Integrating Survey Data and Digital Trace Data: Key Issues in Developing an Emerging Field. *Social Science Computer Review*, vol. 38, no 5, pp. 503–516. <https://doi.org/10.1177/0894439319843669>
- Stone C. (2021) Improving Student Engagement, Retention and Success in Online Learning. *Student Retention and Success in Higher Education: Institutional*

- Change for the 21st Century* (eds M. Shah, S. Kift, L. Thomas), Cham: Palgrave Macmillan, pp. 167–189. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80045-1_9
- Sun J.C.Y., Rueda R. (2012) Situational Interest, Computer Self-Efficacy and Self-Regulation: Their Impact on Student Engagement in Distance Education. *British Journal of Educational Technology*, vol. 43, no 2, pp. 191–204. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01157.x>
- Tablatin C.L.S., Casano J.D., Rodrigo M.M.T. (2023) Using Minecraft to Cultivate Student Interest in STEM. *Frontiers in Education*, vol. 8, March, Article no 1127984. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1127984>
- Verbert K., Govaerts S., Duval E., Santos J.L., van Assche F., Parra G., Klerkx J. (2014) Learning Dashboards: An Overview and Future Research Opportunities. *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 18, November, pp. 1499–1514. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0751-2>
- Wang M., Li G. (2022) A Meta-Analysis of MOOC-Based Academic Achievement, Engagement, Motivation, and Self-Regulation During the COVID-19 Pandemic. *International Journal of e-Collaboration (IJeC)*, vol. 18, no 1, pp. 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJeC.301260>
- Wehlage G.G., Smith G.A. (1992) Building New Programs for Students at Risk. *Student Engagement and Achievement in American Secondary Schools* (ed. F.M. Newmann), Madison, WI: National Center on Effective Secondary Schools, pp. 92–118. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED371047.pdf#page=97> (accessed 10.05.2025).
- Wentzel K.R. (1997) Student Motivation in Middle School: The Role of Perceived Pedagogical Caring. *Journal of Educational Psychology*, vol. 89, no 3, Article no 411. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.3.411>
- Zemtsov D.I. (2023) Communities of Practice of the Future in Russian Universities: FabLabs, Centers for Youth Innovative Creativity, Kruzhoks. *Vysshee obrazovanie v Rossii / Higher Education in Russia*, vol. 32, no 5, pp. 36–55 (In Russian). <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-5-36-55>