

А.В. Гриншкун¹, Е.Х. Жабаев^{2*}, М.И. Ревшенова²

¹ Московский городской педагогический университет, г. Москва, Российская Федерация

² Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: ermahan_zh.h@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ РОБОТОТЕХНИКЕ

Аннотация

Статья посвящена исследованию возможностей применения технологий дополненной реальности (AR) в обучении школьников робототехнике. Рассмотрены ключевые концепции иммерсивных технологий, их классификация и методические подходы к интеграции AR в образовательный процесс. Проведен анализ преимуществ AR в сравнении с традиционными методами обучения, включая повышение наглядности, интерактивности и вовлеченности учащихся. Особое внимание уделено казахстанскому опыту внедрения AR в школьное образование в рамках программы «Цифровой Казахстан». Представлены примеры успешного использования AR в образовательных учреждениях Казахстана, а также зарубежные кейсы, демонстрирующие эффективность технологии в обучении программированию роботов. Рассматриваются вызовы внедрения AR, такие как нехватка оборудования, методическая неподготовленность учителей и необходимость разработки качественного учебного материала. Выявлены два ключевых способа дополнения реальности – добавление нового виртуального объекта и добавление информационного слоя. В заключении сформулированы рекомендации по дальнейшему развитию AR в образовательной сфере, включая необходимость создания национальных AR-приложений и повышения квалификации педагогов.

Ключевые слова: информатизация образования, дополненная реальность, робототехника, иммерсивные технологии, STEM.

А.В. Гриншкун¹, Е.Х. Жабаев², М.И. Ревшенова²

¹ Мәскеу қалалық педагогикалық университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы

² Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ОҚУШЫЛАРДЫ РОБОТОТЕХНИКАҒА ОҚЫТУ КЕЗІНДЕ ТОЛЫҚТЫРЫЛҒАН ШЫНАЙЫЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ

Аңдатпа

Мақала мектеп оқушыларын робототехникаға оқытуда толықтырылған шынайылық (AR) технологияларын қолдану мүмкіндіктерін зерттеуге арналған. Иммерсивті технологиялардың негізгі тұжырымдамалары, олардың жіктелуі және AR-ны білім беру процесіне біріктірудің әдістемелік тәсілдері қарастырылады. Оқушылардың көрнекілігін, интерактивтілігін және қатысуын арттыруды қоса алғанда, дәстүрлі оқыту әдістерімен салыстырғанда AR артықшылықтарына талдау жүргізілді. "Цифрлық Қазақстан" бағдарламасы шеңберінде мектеп біліміне AR енгізудің қазақстандық тәжірибесіне ерекше назар аударылды. Қазақстанның білім беру мекемелерінде AR-ны табысты пайдалану мысалдары, сондай-ақ роботтарды бағдарламалауды оқытуда технологияның тиімділігін көрсететін шетелдік кейстер ұсынылған. Жабдықтардың жетіспеушілігі, мұғалімдердің әдістемелік дайындығы және сапалы оқу материалын әзірлеу қажеттілігі сияқты AR-ны енгізу мәселелері қарастырылады. Шындықты толықтырудың екі негізгі әдісі анықталды-жаңа виртуалды нысанды қосу және ақпарат қабатын қосу. Қорытындыда ұлттық AR-қосымшаларды құру және педагогтердің біліктілігін арттыру қажеттілігін қоса алғанда, білім беру саласында AR-ны одан әрі дамыту бойынша ұсыныстар тұжырымдалған.

Түйін сөздер: білім беруді ақпараттандыру, толықтырылған шынайылық, робототехника, иммерсивті технологиялар, STEM.

A.V. Grinshkun¹, Ye.H. Zhbayev², M.I. Revshenova²

¹Moscow City University, Moscow, Russia

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

THE POSSIBILITIES OF USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN TEACHING ROBOTICS TO SCHOOLCHILDREN

Abstract

The article is devoted to the study of the possibilities of using augmented reality (AR) technologies in teaching robotics to schoolchildren. The key concepts of immersive technologies, their classification and methodological approaches to the integration of AR into the educational process are considered. The advantages of AR in comparison with traditional teaching methods, including increasing visibility, interactivity and student engagement, are analyzed. Special attention is paid to the Kazakh experience of introducing AR into school education within the framework of the Digital Kazakhstan program. Examples of successful use of AR in educational institutions in Kazakhstan are presented, as well as foreign cases demonstrating the effectiveness of technology in teaching robot programming. The challenges of implementing AR are considered, such as lack of equipment, methodological unpreparedness of teachers and the need to develop high-quality educational material. Two key ways of complementing reality have been identified – adding a new virtual object and adding an information layer. In conclusion, recommendations are formulated for the further development of AR in the educational field, including the need to create national AR applications and improve the skills of teachers.

Keywords: informatization of education, augmented reality, robotics, immersive technologies, STEM.

Основные положения

В настоящем исследовании был проведен анализ возможности применения технологии дополненной реальности при обучении робототехнике школьников. Дополненная реальность относится к иммерсивным технологиям – средствам, которые работают в реальном времени и позволяют работать с виртуальными объектами с привязкой к реальному пространству. Дополненная реальность является эффективным средством для обучения школьников робототехнике. В условиях Казахстана использование AR-технологий позволяют решить проблему нехватки учебного оборудования и значительно повысить качество преподавания инженерных и технических дисциплин.

Введение

Технология дополненной реальности позволяет учащимся изучать устройства и принципы работы роботов, визуализируя их в цифровом виде прямо в реальном окружении без изоляции от окружения и учителя. С помощью дополненной реальности школьники могут рассматривать 3D-модели роботов в натуральную величину, изучать их конструкцию и компоненты, и даже наблюдать имитацию работы сенсоров и приводов – без доступа к физическим роботам или лаборатории. Например, вместо реального робототехнического набора можно с помощью приложения дополненной реальности спроецировать модель робота на стол, разбирать ее на части, менять размеры деталей и наблюдать, как робот выполняет виртуальные задачи. Это особенно актуально для школ, где недостаточно оборудования – дополненная реальность выступает в роли “виртуального лабораторного стенда”, восполняя отсутствие дорогостоящих робототехнических комплектов [1]. Исследования подтверждают, что применение интерактивных 3D-моделей в учебном процессе улучшает понимание устройства роботов и принципов их работы, снижая зависимость от наличия материальных ресурсов. Кроме того, дополненная реальность дает возможность «заглянуть внутрь» механизмов – учащиеся могут увидеть, как перемещаются скрытые передачи или протекают сигналы, чего нельзя добиться при простом изучении схем в учебнике.

Методология исследования

Был проведен первичный анализ возможностей применения технологии дополненной реальности при обучении школьников робототехнике. Определены наиболее подходящие способы дополнения реальности при изучении робототехники.

Результаты исследования

Иммерсивные технологии позволяют существенно повысить эффективность обучения за счет повышения наглядности, интерактивности учебных материалов, реализуя более реалистичное взаимодействие с виртуальными объектами. На основе таксономии Милграма и Кашино была сформирована более подходящая для образования классификация иммерсивных технологий. В отличие от оригинальной системы, основанной на разделении носимых на голове дисплеев (HMD, head-mounted display) по степени «знания» устройством свойств реального окружающего мира, предложенная классификация распространяется на любые иммерсивные системы, а не только HMD. Кроме того, главным параметром, по которому происходит отбор, является более «смысловое» свойство, а не техническое – соотношение реальных и виртуальных объектов в поле зрения пользователя (рис. 1).

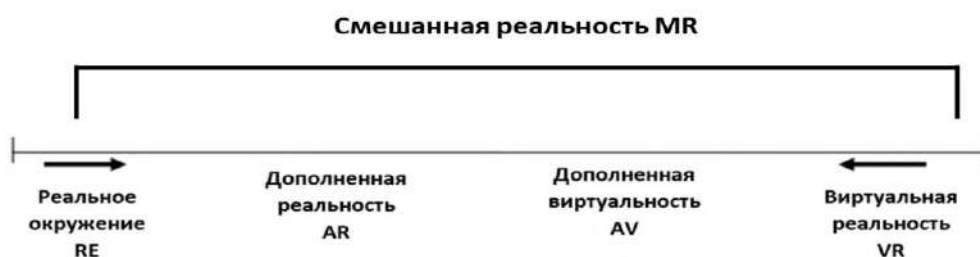


Рисунок 1. Классификация иммерсивных технологий «Континуум Милграма реальность-виртуальность»

1. Реальное окружение (RE) – это среда без применения иммерсивных технологий. Как правило наиболее предпочтительна для образования, однако реальные объекты и модели не всегда доступны, что особенно актуально при изучении робототехники. Позволяет передать не только габариты объектов, но и полноценно организовать физическую обратную связь, что дает возможность вырабатывать рабочие навыки.

2. Смешанная реальность (MR) – это область иммерсивных технологий, в которой реальные и виртуальные объекты существуют в различных соотношениях. Включает в себя дополненную реальность и дополненную виртуальность.

Дополненная реальность (AR) – пространство, в котором реального больше, чем виртуального, то есть при добавлении виртуальных объектов в реальное окружение.

а. Дополненная виртуальность (AV) – пространство, в котором виртуального больше, чем реального, то есть при добавлении реальных объектов в виртуальное пространство.

3. Виртуальная реальность (VR) – полностью виртуальное пространство, в котором можно эмулировать большинство сред и объектов, но при этом затруднительно передать часть физических свойств изучаемых объектов. Изолирует пользователя от окружающего пространства, что затрудняет его взаимодействие с учителем, а также накладывает определенные ограничения на организацию образовательного процесса в рамках классно-урочной системы.

Таким образом, использование технологий дополненной реальности в обучении робототехнике предоставляет ряд преимуществ, особенно в условиях, когда доступ к реальному оборудованию ограничен: во-первых, повышается наглядность и интерактивность обучения. Школьники могут наблюдать работу виртуального робота в реальной обстановке, экспериментировать с его настройками и сразу видеть результат – это гораздо более наглядно, чем статические рисунки или фотографии в учебнике [2]; во-вторых, дополненная реальность

способствует увеличению вовлеченности и мотивации учащихся. Добавление виртуальных элементов (3D-роботов, анимаций) в привычную обстановку делает урок более захватывающим, что подтверждается опытом: дополненная реальность усиливает интерес учеников к тому, как движется и взаимодействует робот, тем самым побуждая их глубже разобраться в программировании и механике [3].

Еще одно существенное преимущество – опыт без рисков. Учащиеся могут пробовать управлять виртуальным роботом или собирать его из деталей в дополненной реальности, не опасаясь поломать дорогое оборудование или нанести себе травму. Это особенно ценно при изучении промышленной робототехники, где реальные роботы громоздки и потенциально опасны. Среда дополненной реальности позволяет имитировать эксперименты, которые были бы сложны или небезопасны в классе. Например, при помощи дополненной реальности можно продемонстрировать работу промышленного роботизированного манипулятора на заводе – школьники увидят, как он двигается, какова зона его досягаемости, при этом нет необходимости иметь реальный манипулятор в школе (рис. 2).



Рисунок 2. Технология дополненной реальности позволяет в безопасной среде изучать наиболее реалистично в том числе промышленных роботов. Добавление нового виртуального объекта.

[Dall-e; Trellis]

Помимо этого, технология дополненной реальности является экономически эффективным решением. Один планшет или смартфон с приложением дополненной реальности может во многом заменить сразу несколько физических наборов – на экране можно отображать любые модели роботов по мере необходимости. Это снижает расходы на оборудование для образовательных учреждений. В условиях Казахстана, где не каждая школа оборудована полноценным STEM-лабораториям, технологии дополненной реальности помогают преодолеть разрыв между школами с разным уровнем оснащения. Как отмечают исследователи, инструменты дополненной реальности стали простым и недорогим способом помочь учащимся преодолеть ограничения, возникшие, например, при дистанционном обучении без доступа к школьным лабораториям. Однако важно отметить, что полностью заменить реальные объекты и модели, даже такая технология как дополненная реальность не способна [4]. Существуют исследования, подтверждающие непосредственное влияние дополненной реальности на успеваемость. По результатам экспериментов, учащиеся, обучавшиеся с использованием технологий дополненной реальности, показывают улучшение академической успеваемости по сравнению с традиционными методами обучения. Дополнительные зарубежные исследования также фиксируют рост показателей: так, по данным экспериментов Стэнфордского университета, применение контента в дополненной реальности может повысить результаты тестов учащихся на 16–26% за счет более глубокого понимания и запоминания материала. Повышение мотивации, наглядности и практического вовлечения через дополненную реальность в конечном итоге способствует лучшему усвоению знаний [5].

В Республике Казахстан тема внедрения AR в образование получает все большее внимание в контексте программы «Цифровой Казахстан». Одним из ярких примеров стала апробация AR-технологий в преподавании естественно-научных дисциплин. Например, в лицее № 85 города Нур-Султан был реализован проект по использованию AR-приложения на уроках физики. С его помощью школьники изучали сложные темы, наблюдая виртуальные физические опыты и приборы прямо на партах. По итогам исследования, проведенного казахстанскими учеными, интерактивные AR-модели улучшили результаты обучения по физике и повысили интерес учащихся к предмету. Учащиеся отмечали, что эксперименты, показанные в дополненной реальности, помогли им лучше понять абстрактные концепции, а учителя фиксировали рост успеваемости и мотивации. Этот казахстанский кейс продемонстрировал, что AR может эффективно компенсировать нехватку школьных лабораторий и оборудования, расширяя возможности преподавания робототехники и наук [6].

Применение AR в обучении робототехнике развивается и за рубежом. В США и странах Европы проводились исследования и пилотные проекты, демонстрирующие эффективность AR для обучения программированию роботов. Так, американские специалисты из Университета Тафтса разработали AR-приложение для популярных школьных роботов LEGO Mindstorms EV3. Учащиеся с помощью планшета видели поверх реального робота данные с его датчиков (цвета, расстояния) в наглядной форме – например, луч ультразвукового дальномера, визуализированный в пространстве (рис. 3). В пилотном испытании с участием восьмиклассников было замечено, что AR-помощник облегчает отладку программ – дети сразу видели, что «видит» их робот, и могли быстрее скорректировать код. Кроме того, виртуальные подсказки снизили барьер входа для тех, кому ранее робототехника казалась слишком сложной. Это подтверждает потенциал AR в упрощении освоения робототехники: даже без большого опыта школьники успешнее справлялись с задачами программирования робота, когда получали визуальную поддержку через AR [7].

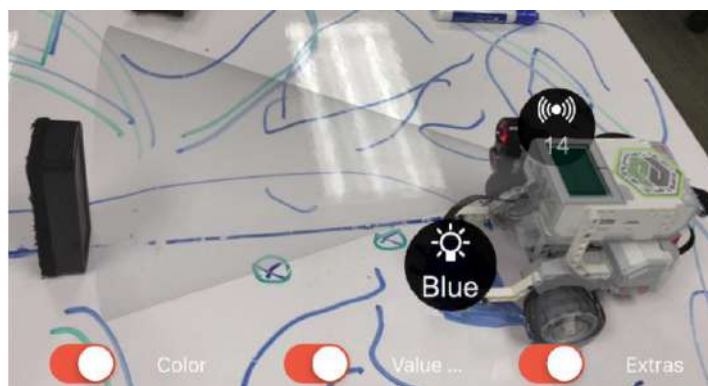


Рисунок 3. Система дополненной реальности визуализирует работу датчиков робота. Добавление информационного слоя.

В Европе в рамках программы Erasmus+ реализован международный проект eROBSON (Educational Robotics at Schools Online with AR), нацеленный на внедрение AR в обучение образовательной робототехнике в школах. Проект возник во время пандемии COVID-19, когда остро проявилась потребность проводить занятия по робототехнике удаленно. В сотрудничестве нескольких университетов была разработана методика использования AR для дистанционного и смешанного обучения робототехнике, включая специальное приложение eROBSON и платформу AR Tutor. Эти инструменты позволили школьникам в разных странах изучать робототехнику дома: они наводили камеру планшета на маркер или объект и видели перед собой виртуального робота, которого можно программировать и изучать, как на реальном занятии. Проект eROBSON продемонстрировал, что AR-технологии могут успешно поддерживать практико-ориентированное обучение робототехнике даже вне классической классно-урочной системы, обеспечивая приближенный опыт, как и при работе с настоящими

конструкторами [8]. Полученные результаты и методические материалы распространяются среди школ Европы, формируя сообщество преподавателей, готовых применять AR на уроках. Также стоит отметить опыт использования AR в промышленном обучении, который постепенно проникает и в образование. В ряде стран (США, Германия, Япония) проводятся эксперименты по обучению студентов программированию промышленных роботов с помощью AR-очков. Так, были разработаны системы, позволяющие обучать работа манипулятора “путем демонстрации”: студент двигает руку с контроллером в AR-среде, а виртуальный робот повторяет эти движения, генерируя программу. Подобные методики показали эффективность и интерактивность – они дают почувствовать процесс обучения робота гораздо лучше, чем чтение инструкций или просмотр видео. Хотя такие подходы больше относятся к вузам и профобучению, со временем они могут найти отражение и в школьных курсах робототехники.

Дискуссия

Для успешного включения AR в школьную программу робототехники необходима разработка продуманных методических подходов. Международный опыт показывает, что наиболее эффективно AR работает в составе смешанного обучения, дополняя традиционные уроки. Например, урок может состоять из теоретической части с обсуждением концепций, за которой следует практическое задание в AR: школьники, разбившись на группы, выполняют виртуальный эксперимент с роботом через приложение. Такой подход был реализован в проекте eROBSON, где AR-модули встроены в типовую программу STEM-дисциплины и используются как лабораторные работы в цифровом формате. Еще одна методика – обучение через проектную деятельность с элементами AR. Школьники могут выполнять мини-проекты, в которых они моделируют в AR собственных роботов для решения определенной задачи. К примеру, в течение четверти ученики разрабатывают дизайн робота-помощника, рисуют эскизы, а затем при помощи AR-приложения создают его 3D-модель и демонстрируют классу его работу в дополненной реальности. Проектный подход с AR развивает творческое мышление и инженерные навыки без потребности в реальных деталях. Также актуальна методика «перевернутого класса» с AR: учащиеся дома изучают базовые концепции (например, смотрят видео), а на уроке, вооруженные планшетами с AR, применяют знания на практике, решая прикладные задачи с виртуальными роботами. Важно, чтобы внедрение AR сопровождалось обучением учителей новым технологиям. Педагоги должны уверенно владеть AR-приложениями, уметь интегрировать их в план урока и комбинировать с другими средствами обучения. В Казахстане проведенное исследование отметило, что для эффективного использования AR в старшей школе требуется повышать цифровую грамотность учителей и снижать их стресс при работе с новыми технологиями [9]. Другими словами, успешность применения дополненной реальности во многом зависит от того, насколько комфортно преподаватель чувствует себя с этими инструментами и как хорошо он подготовлен методически. Методики повышения квалификации могут включать в себя тренинги, обмен опытом между школами, создание методических пособий по применению AR на уроках робототехники. Наконец, разработка контента – тоже часть методики внедрения. Учебные заведения могут либо использовать готовые AR-приложения (например, виртуальные симуляторы популярных робототехнических наборов), либо создавать собственный образовательный контент с помощью конструкторов AR-сценариев. В мире появляются специализированные платформы (тот же ARTutor и др.), позволяющие преподавателям без навыков программирования создавать простые AR-материалы для своих уроков. Важно планировать учебный процесс так, чтобы AR не была самоцелью, а служила инструментом для достижения конкретных результатов обучения. Если методически обосновать, какие темы выигрывают от AR-наглядности (например, изучение устройства датчиков, принципов механики, алгоритмов движения робота), и вписать AR-активности в учебную программу, то технология органично дополняет традиционные методы.

Хотя потенциал AR в образовании высок, на практике школы могут столкнуться с рядом вызовов при внедрении этой технологии. Один из основных – техническое обеспечение. Для работы AR необходимы современные устройства (планшеты, смартфоны или AR-очки) и надежная инфраструктура. Не все школы, особенно в отдаленных регионах, имеют достаточное количество техники или скоростной интернет для поддержания AR-приложений. Это создает риск усиления неравенства между школами: более обеспеченные смогут внедрять AR, а ресурс ограниченные – нет. Частичное решение предлагает государственная поддержка и инициативы вроде того же «Цифрового Казахстана», направленные на оснащение школ. В перспективе, по мере удешевления технологий, устройства AR станут более доступными, включая появление бюджетных AR-очков или расширение парка школьных планшетов. Второй вызов – методический и психологический барьер. Учителям требуется время и усилия, чтобы освоить новые формы работы. Некоторые педагоги могут скептически относиться к AR, считая это игрушкой или отвлекающим фактором. Необходимо преодолеть сопротивление со стороны преподавателей, показывая реальные преимущества для обучения и предоставляя поддержку. Также важно учитывать, что у учеников может возникать стресс – перегрузка от обилия цифровых эффектов, либо, напротив, чрезмерное увлечение игровой стороной в ущерб учебным целям [10]. Отмечались случаи, когда AR-приложения вызвали у некоторых учащихся трудности в использовании (проблемы с интерфейсом, метками и т.д.), что парадоксально повышало “порог входа” для этих учеников. Таким образом, при внедрении нужно тщательно продумывать удобство приложений, давать инструкции и постепенно усложнять задания, чтобы не отпугнуть новичков техническими нюансами. Еще одна проблема – ограниченное количество качественного образовательного контента. Хотя рынок AR-приложений растет, по некоторым узким темам робототехники может не быть готовых решений. Создание же собственного AR-контента требует либо времени от учителя, либо участия сторонних разработчиков. Перспективным направлением здесь является сотрудничество вузов, EdTech-компаний и школ для разработки локализованных AR-ресурсов на казахском и русском языках, учитывающих специфику программы РК. Несмотря на перечисленные трудности, перспективы применения AR в образовании выглядят очень позитивно. Технология стремительно развивается: с каждым годом устройства становятся мощнее, появляются новые платформы и инструменты для упрощенной разработки AR-сцен. Растет сообщество преподавателей-новаторов, уже накопивших опыт интеграции AR и готовых делиться лучшими практиками. В образовательных планах многих стран AR упоминается как часть стратегии цифровизации обучения. В Казахстане, учитывая акцент на модернизации образования и подготовке учащихся к компетенциям XXI века, AR может занять прочное место в преподавании не только робототехники, но и других предметов (физика, химия, биология, история – где визуализация тоже крайне важна). В долгосрочной перспективе, AR и смежные технологии (VR, смешанная реальность) способны трансформировать школьную среду, сделав обучение более персонализированным, интерактивным и приближенным к реальному миру. Главное – преодолеть начальные барьеры и извлечь из технологий максимальную пользу для образования [11].

При анализе эффективности AR важно сопоставить ее с привычными методами обучения робототехнике – чтением учебников и использованием компьютерных симуляторов. По сравнению с учебниками AR дает несомненное преимущество в наглядности. В то время как учебник может содержать лишь статичные изображения или описания роботов, AR обеспечивает объемное восприятие: ученик может обойти вокруг виртуального робота, рассмотреть его со всех сторон, увеличить или уменьшить масштаб модели. Такая непосредственная визуализация облегчает понимание пространственных аспектов – размеров деталей, пропорций, взаимного расположения компонентов, что в тексте передать сложно. Кроме того, AR добавляет элемент взаимодействия: вместо пассивного чтения у учащегося есть возможность активно манипулировать объектом (разбирать, запускать, изменять параметры), что соответствует принципам деятельностного подхода в образовании. Это делает

усвоение материала более прочным – известно, что учащиеся лучше запоминают то, что делают сами, а не просто читают или слушают.

Если сравнивать AR с компьютерными симуляциями на экране, различия более тонкие. Традиционные симуляторы (виртуальные лаборатории, 3D-модели на компьютере) уже давно используются в обучении робототехнике и дают возможность отрабатывать навыки программирования без реальных устройств. AR, по сути, расширяет идею симулятора, выводя его в окружающее пространство. Ключевое отличие – контекстность и ощущение присутствия. В обычной симуляции модель робота ограничена экраном монитора; ученик воспринимает ее отстраненно. В AR же виртуальный робот появляется прямо перед учеником в классе или дома, как бы становясь частью реального мира. Это создает эффект совместного пространства: учащиеся могут подойти к проекции робота, указать на него рукой, обсудить с одноклассником, как если бы перед ними действительно стояла техника. Благодаря этому AR-сценарии нередко оказываются более увлекательными и наглядными, чем работа с симулятором на ПК. К тому же, AR может задействовать мобильные устройства, давая большую свободу – ученики не привязаны к компьютеру, они могут перемещаться, выполняя задания (например, провести робота по траектории, нарисованной на полу, глядя через планшет). Это приближает виртуальный опыт к реальному практическому занятию. Однако стоит отметить, что AR и традиционные электронные симуляции имеют и схожие ограничения. Обе технологии требуют определенной технической оснащенности и навыков работы с ПО. В отличие от физических экспериментов, виртуальные могут не полностью передавать тактильный опыт, ощущение массы, инерции и других реальных факторов. Поэтому не следует противопоставлять AR классическим методам, а лучше использовать их комплементарно. Учебники по-прежнему важны для теоретической базы и справочной информации; компьютерные симуляторы удобны для отработки кода в комфортной среде. AR же может связать теорию и практику, сделав учебный процесс более осмысленным: прочитав о принципе, ученик сразу видит его проявление на виртуальном объекте, а написав программу – наблюдает, как виртуальный робот выполняет ее в реальном пространстве. Такой цикл «чтение – симуляция – наблюдение в AR – реальный эксперимент» дает наиболее полный образовательный эффект.

С технической точки зрения, наиболее простым для массового внедрения является реализация технологии дополненной реальности на базе мобильных устройства обучающихся. В таком случае, необходимо приложение с поддержкой дополненной реальности с образовательными материалами по робототехнике. При этом существует два фундаментальных подхода к реализации дополненной реальности: добавление нового виртуального объекта, а также наложение виртуального слоя. Добавление виртуального объекта позволяет познакомить обучающегося с как правило недоступным для изучения объектом (см. рис. 2). Модель робота проецируется на маркер дополненной реальности (заранее подготовленное изображение), либо с помощью технологии позиционирования SLAM располагается на определенных системой окружающих пользователя плоскостях. Контекстная связь с реальным окружением при этом достаточно слабая, такие симуляции относительно просты в реализации и масштабировании. Однако к недостаткам стоит отнести отсутствие физической обратной связи. Для добавления виртуального информационного слоя требуется объект в реальности, на который система уже будет позиционировать некоторую модель для повышения наглядности или расширения функционала (см. рис. 3). При этом сохраняется полная физическая обратная связь, однако такие системы сложнее в разработке, а также требуют распространения физических объектов, что затрудняет масштабирование.

Заключение

Подводя итог, дополненная реальность представляет собой эффективное средство обучения робототехнике в школе. Для Республики Казахстан внедрение AR-технологий открывает возможность преодолеть ограниченность материальной базы и вывести преподавание

инженерно-технических дисциплин на новый уровень. Дополненная реальность позволяет изучать устройства и принципы работы роботов в наглядной и интерактивной форме, недоступной при традиционных подходах. Научные исследования и практические кейсы – от казахстанских школ до международных проектов – демонстрируют, что AR повышает интерес учащихся, улучшает усвоение материала и делает возможным проведение виртуальных экспериментов. В условиях, когда школы не всегда могут оборудовать полноценные робототехнические лаборатории, дополненная реальность выступает частичной альтернативой, предоставляя каждому ученику “виртуального робота” для освоения навыков программирования и конструирования. Одновременно необходимо учитывать и решать возникающие вызовы: обеспечивать школы техникой, готовить педагогов к работе с новыми инструментами, создавать качественные учебные материалы и приложения. При правильном подходе AR интегрируется в учебный процесс не как развлечение, а как полноценный дидактический инструмент, дополняющий учебники и реальные практикумы. Сравнение с традиционными методами показывает, что AR не заменяет их полностью, но существенно расширяет дидактические возможности, делая обучение более близким к практике и интересным для современного поколения учеников.

Мобильные приложения по робототехнике с поддержкой технологии дополненной реальности для личных устройств обучающихся позволяют наиболее эффективно масштабировать такой инструментарий среди всех школ Республики Казахстан. При этом, в зависимости от учебной задачи и технических возможностей может применяться как добавление виртуального объекта (при отсутствии физических моделей и образцов), так и добавление информационного слоя (при наличии объектов, но при сложной структуре и недостаточном функционале). Для системы образования Казахстана, нацеленной на инновации, дальнейшее развитие AR-направления может стать значимым шагом. Создание сетевых сообществ учителей, обмен научно-методическими исследованиями, поддержка пилотных проектов на государственном уровне, разработка образовательных мобильных приложений – все это будет способствовать успешному внедрению дополненной реальности. Можно прогнозировать, что уже в ближайшие годы такое средство займет прочное место в классах по робототехнике, а опыт Казахстана в этой области станет примером эффективной модернизации образования в цифровую эпоху.

Благодарность

Статья подготовлена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового исследования: №AP19579496 «Разработка мобильного приложения по обучению робототехнике для учащихся средней казахской школы».

Список использованных источников

- [1] Mukhtarkyzy K., Abildinova G., Sayakov O. *The Use of Augmented Reality for Teaching Kazakhstani Students Physics Lessons // International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2022. – Vol. 17, № 12. – P. 215–235.
- [2] Mukhtarkyzy K., Abildinova G., Serik M., Kariyeva K., Sayakov O. *Systematic Review of Augmented Reality Methodologies for High School Courses // International Journal of Engineering Pedagogy*. 2023. Vol. 13, № 4. P. 79–92.
- [3] Cheli M., Sinapov J., Danahy E., Rogers C. *Towards an Augmented Reality Framework for K-12 Robotics Education // Proceedings of the 1st International Workshop on Virtual, Augmented and Mixed Reality for Human-Robot Interaction (VAM-HRI'18), Chicago, IL, USA*. – 2018. – P. 1–4.
- [4] Daineko Ye., Ipalakova M., Tsoy D., Bolatov Zh., Baurzhan Zh., Yelgondy Ye. *Augmented and virtual reality for physics: Experience of Kazakhstan secondary educational institutions // Computer Applications in Engineering Education*. – 2020. – Vol. 28, № 5. – P. 1220–1231.
- [5] Satubaldina A. *Virtual and augmented reality lab launches in capital school to help kids learn // The Astana Times*. – 2019. – 8 April. – URL: <https://astanatimes.com/2019/04/virtual-and-augmented-reality-lab-launches-in-capital-school-to-help-kids-learn/> (дата обращения: 05.03.2025).

[6] Grace C. *Augmented Reality: A Tool for Teaching Students Robot Programming* [Электронный ресурс] // RobotLAB Blog. 2024. URL: <https://www.robotlab.com/blog/augmented-reality-a-tool-for-teaching-students-robot-programming> (дата обращения: 05.03.2025)

[7] Satubaldina A. *Virtual and Augmented Reality Lab Launches in Capital School to Help Kids Learn* // The Astana Times. 2019. URL: <https://astanatimes.com/2019/04/virtual-and-augmented-reality-lab-launches-in-capital-school-to-help-kids-learn/> (дата обращения: 15.03.2025)

[8] eROBSON (*Educational Robotics at Schools Online with Augmented Reality*) [Электронный ресурс] // Официальный сайт проекта e-robson.eu. URL: <https://e-robson.eu/project/> (дата обращения: 15.03.2025).

[9] Temirkhanova M., Abildinova G., Karaca C. *Enhancing digital literacy skills among teachers for effective integration of computer science and design education: a case study at Astana International School, Kazakhstan* // *Frontiers in Education*. 2024. Vol. 9. DOI: 10.3389/feduc.2024.1408512. URL:

[10] Гриншкун А.В., Вознесенская, Н. В. *Применение виртуальных лабораторий в системе общего образования / Н.В.Вознесенская, А.В. Гриншкун // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2021. № 3(57). С. 40-45. DOI 10.25688/2072-9014.2021.57.3.05. EDN MDTPTY.*

[11] Мнацаканян, В. В. *Роль и место лаборатории виртуальной реальности в организации учебных занятий студентов педагогического вуза / В. В. Мнацаканян // Фундаментальные проблемы обучения математике, информатике и информатизации образования : Сборник тезисов докладов международной научной конференции, Елец, 29 сентября – 01 октября 2023 года. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2023. – С. 218-221. – EDN JARGPF.*

References

[1] Mukhtarkyzy, K., Abildinova, G., & Sayakov, O. (2022). *The use of augmented reality for teaching Kazakhstani students physics lessons. International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(12), 215–235. <https://doi.org/10.31489/2024ped1/29-47>

[2] Mukhtarkyzy, K., Abildinova, G., Serik, M., Kariyeva, K., & Sayakov, O. (2023). *Systematic review of augmented reality methodologies for high school courses. International Journal of Engineering Pedagogy*, 13(4), 79–92. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i4.38165>

[3] Cheli, M., Sinapov, J., Danahy, E., & Rogers, C. (2018). *Towards an augmented reality framework for K-12 robotics education. Proceedings of the 1st International Workshop on Virtual, Augmented and Mixed Reality for Human-Robot Interaction (VAM-HRI'18), Chicago, IL, USA, 1–4. https://www.eecs.tufts.edu/~jsinapov/papers/Cheli_VAMHRI2018.pdf*

[4] Daineko, Y., Ipalakova, M., Tsoy, D., Bolatov, Z., Baurzhan, Z., & Yelgondy, Y. (2020). *Augmented and virtual reality for physics: Experience of Kazakhstan secondary educational institutions. Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1220–1231. <https://doi.org/10.1002/cae.22297>

[5] Satubaldina, A. (2019, April 8). *Virtual and augmented reality lab launches in capital school to help kids learn. The Astana Times. Retrieved March 5, 2025, from https://astanatimes.com/2019/04/virtual-and-augmented-reality-lab-launches-in-capital-school-to-help-kids-learn/*

[6] Grace, C. (2024). *Augmented reality: A tool for teaching students robot programming. RobotLAB Blog. Retrieved March 5, 2025, from https://www.robotlab.com/blog/augmented-reality-a-tool-for-teaching-students-robot-programming*

[7] Satubaldina, A. (2019). *Virtual and augmented reality lab launches in capital school to help kids learn. The Astana Times. Retrieved March 15, 2025, from https://astanatimes.com/2019/04/virtual-and-augmented-reality-lab-launches-in-capital-school-to-help-kids-learn/*

[8] eROBSON (*Educational Robotics at Schools Online with Augmented Reality*). (n.d.). *Official website of e-robson.eu. Retrieved March 15, 2025, from https://e-robson.eu/project/*

[9] Temirkhanova, M., Abildinova, G., & Karaca, C. (2024). *Enhancing digital literacy skills among teachers for effective integration of computer science and design education: A case study at Astana International School, Kazakhstan. Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1408512>

[10] Grinshkun, A. V., & Voznesenskaja, N. V. (2021). *Primenenie virtual'nyh laboratorij v sisteme obshhego obrazovaniya [The use of virtual laboratories in the general education system]. Vestnik MGPU. Serija: Informatika i informatizacija obrazovaniya*, 3(57), 40–45. <https://doi.org/10.25688/2072-9014.2021.57.3.05> (In Russian)

[11] Mnacakanjan, V. V. (2023). *Rol' i mesto laboratorii virtual'noj real'nosti v organizacii uchebnyh zanjatij studentov pedagogicheskogo vuza [The role and place of the virtual reality laboratory in the organization of educational activities for students of a pedagogical university]. Fundamental'nye problemy obuchenija matematike, informatike i informatizacii obrazovaniya: Sbornik tezisev dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Elec, 29 sentjabrja – 01 oktjabrja 2023 goda, 218–221. (In Russian)*