

Министерство просвещения Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный педагогический университет»
Институт математики, физики, информатики
Кафедра информатики, информационных технологий
и методики обучения информатике

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ

*Выпускная квалификационная работа
бакалавра по направлению подготовки
44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Профиль «Математика и информатика»*

Работа допущена к защите:

«_____» _____ 2024 г.
дата

Зав. кафедрой: _____
подпись

Исполнитель:

Чечеткина Анастасия Евгеньевна,
обучающаяся группы МИ-1931

Научный руководитель:

Газейкина Анна Ивановна,
к.п.н., доцент кафедры ИИТиМОИ

Екатеринбург 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ	6
1.1 Технологии дополненной реальности: сущность, свойства и методы реализации.....	6
1.2 Анализ опыта внедрения технологии дополненной реальности в образовательный процесс	19
1.3 Анализ возможностей сервисов и приложений, предназначенных для разработки элементов дополненной реальности.....	29
1.4 Учет психолого-педагогических особенностей обучающихся при разработке материалов с элементами дополненной реальности	45
ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЗАДАНИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ	53
2.1 Примеры заданий с элементами дополненной реальности, разработанных с помощью онлайн сервисов.....	53
2.2 Апробация разработанного комплекса заданий и анализ полученных результатов	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	73

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире информационно-коммуникационные технологии (далее – ИКТ) играют все более значимую роль в образовании. Использование информационно-коммуникационных технологий в образовании отражено в Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования (далее – ФГОС ООО)¹, который устанавливает требования к программе формирования универсальных учебных действий у обучающихся. Одним из требований является формирование и развитие компетенций обучающихся в области использования ИКТ на уровне общего пользования, включая владение ИКТ. Кроме того, Федеральные государственные образовательные стандарты основного и среднего общего образования (далее – ФГОС СОО)² предусматривают новый подход к организации урока в рамках информационно-методических условиях реализации основной образовательной программы, которые направлены на создание современной информационно-образовательной среды. В свою очередь, информационно-образовательная среда организации включает комплекс информационных образовательных ресурсов, в том числе совокупность технологических средств ИКТ.

Для подтверждения целесообразности использования современных информационных технологий в образовательном процессе сфера образования активно использует передовые достижения научно-технического прогресса. Одним из последних достижений в области ИКТ являются технологии дополненной реальности. Дополненная реальность является информационно-коммуникационной технологией, которая способна заинтересовать и вовлечь в образовательную деятельность обучающихся. Использование элементов дополненной реальности в процессе обучения повышает наглядность учебного материала, предоставляя возможность обучающимся не только рассматривать, но и взаимодействовать с объектами, которые недоступны в реальном

¹ Приказ Минобрнауки РФ от 31.05.2021 г. №287 «Об утверждении государственного образовательного стандарта основного общего образования».

² Приказ Минобрнауки РФ от 17.05.2012 г. №413 «Об утверждении государственного образовательного стандарта среднего общего образования».

пространстве. Соответственно технологии дополненной реальности способствует повышению мотивации и стимулированию познавательного интереса у обучающихся к изучению дисциплин «Математика» и «Информатика».

Таким образом, интегрирование дополненной реальности в образовательный процесс обладает высокой значимостью, поскольку способствует улучшению качества и повышению эффективности образования.

Основные определения технологии дополненной реальности, а также некоторые особенности и возможности ее применения рассмотрены в работах Р. Азумы, А. И. Азевича, А. В. Дементьевой, О. Ю. Заславской, Н. Н. Зильберман, А. А. Смолина, Б. Чэна, и др.

В работах А. В. Гриншуна, А. С. Конушина, В. Р. Роганова и др. описываются преимущества использования средств дополненной реальности в образовании, а также предлагаются учебные задания, связанные с применением данной технологии в образовательном процессе.

Объект исследования: процесс обучения математике и информатике.

Предмет исследования: использование технологии дополненной реальности в процессе обучения информатике и математике.

Цель исследования: разработать комплекс заданий с элементами дополненной реальности для обучения школьников математике и информатике.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи исследования:**

1. Проанализировать психолого-педагогическую и научно-методическую литературу по теме исследования с целью выявления определения понятия «дополненная реальность» и его сущности.
2. Проанализировать существующий опыт внедрения технологии дополненной реальности в образовательный процесс, а также выделить преимущества и недостатки этой технологии.
3. Проанализировать сервисы и приложения, используемые для разработки элементов дополненной реальности.

4. Провести анализ познавательной сферы обучающихся с целью выделения и описания их психолого-педагогических особенностей.

5. Разработать комплекс заданий с элементами дополненной реальности для обучения школьников математике и информатике и предложить методические рекомендации по их применению.

6. Провести апробацию разработанных материалов методом экспертных оценок.

Методы исследования: анализ и изучение психолого-педагогической и научно-методической литературы по теме исследования; обобщение и систематизация содержания; контент-анализ определения понятия «дополненная реальность»; сравнительный анализ сервисов, предназначенных для разработки элементов дополненной реальности; анализ практического опыта применения педагогами дополненной реальности в учебном процессе; изучение нормативных документов, проектирование комплекса материалов с элементами дополненной реальности.

ГЛАВА I. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

1.1 Технологии дополненной реальности: сущность, свойства и методы реализации

Многие отечественные и зарубежные исследователи отмечают переходный характер существующей системы образования, в котором цифровизация образовательного процесса предъявляет новые требования к методологии и технологиям его организации. Одним из ключевых аспектов перехода является интеграция новых технологий в образовательный процесс. В рекомендациях [57], опубликованных в 2019 году Институтом ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании, отмечается, что эффективное внедрение информационно-коммуникационных технологий в школьное образование позволит открыть новые возможности для обучающихся, модифицировать традиционные педагогические методы. Вместе с тем рекомендации ЮНЕСКО выделяют дополненную реальность одним из направлений ИКТ как перспективную инновацию для развития образования и улучшения качества обучения в современных условиях. В связи с этим изучение эффективности применения иммерсивных технологий в сфере образования входит в число актуальных направлений исследований.

Иммерсивные технологии предоставляют возможность погружения человека в виртуальную среду с помощью когнитивно-сенсорных ощущений. Наиболее известными и распространенными видами иммерсивных технологий являются дополненная (AR – Augmented Reality) и виртуальная (VR – Virtual Reality) реальности.

А. И. Калинина [33] отмечает, что до недавнего времени не существовало четкого определения и разграничения данных терминов, хотя их концепции существуют уже давно. В мае 2019 года в американском национальном

стандарте СТА-2069-A³ были утверждены следующие определения, объясняющие сущность технологий AR и VR:

Дополненная реальность накладывает контент цифрового формата на реальную пользовательскую среду. Опыт использования дополненной реальности может варьироваться от наложения информационного текста на объекты или локации до интерактивных фотореалистичных виртуальных объектов. Дополненная реальность отличается от смешанной реальности тем, что AR-объекты (например: графика, звук и т. д.) получены методом суперпозиции (наложения), а не интеграции в пользовательскую среду.

Виртуальная реальность – это интерактивная среда с полным погружением пользователя в виртуальный мир посредством влияния, изменения и взаимодействия с информацией, получаемой через каналы восприятия (например: зрение, слух, осязание и обоняние). В большинстве случаев взаимодействие осуществляется при помощи видеошлема, с использованием объёмного или звука другого формата, и/или ручного управления (с возможностью/без тактильного восприятия или обратной связи).

В настоящее время в российском законодательстве отсутствует терминология, разграничивающая и поясняющего данные определения. Упоминание определения «виртуальная реальность» присутствует только в рамках образования как сферы применения в ГОСТ Р 57721-2017⁴ (п. 3.9), утверждённом приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №1254-ст от 28 сентября 2017 года. Документ носит название «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Эксперимент виртуальный» введён в действие с 1 сентября 2018 года.

Использование дополненной реальности в сфере образования в значительной степени зависит от контекста и целей обучения. Зарубежные и

³ Consumer Technology Association (CTA)TM, CTA-2069-A – Definitions and Characteristics of Augmented and Virtual Reality Technologies. Virginia, USA: Consumer Technology Association, 2019.

⁴ Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57721-2017 "Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Эксперимент виртуальный. Общие положения" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.09.2017 г. №1254-ст).

отечественные исследователи активно исследуют применение дополненной реальности в образовании и разрабатывают соответствующие методики и технологии. В то же время в российской среде использование дополненной реальности в образовании может быть менее распространено из-за того, что термин «дополненная реальность» зачастую по-разному понимается многими учеными и методистами. Так, в частности, можно встретить и другое название с аналогичным или близким смыслом – виртуальная реальность.

Проведем контент-анализ и систематизацию определений «дополненная реальность» с учетом специфики образовательной системы для эффективного интегрирования технологии учебный процесс.

Таблица 1

Систематизация определений понятия "дополненная реальность"

<i>№</i>	<i>Авторы</i>	<i>Определение</i>	<i>Источник</i>
1	А. В. Гриншкун	Дополненная реальность – это среда с прямым или косвенным дополнением реального (физического) мира цифровыми данными в режиме реального времени при помощи компьютерных устройств и программного обеспечения.	[24]
2	Н. Н. Зильберман, В. А. Сербин	Дополненная реальность – технология, позволяющая создать и ассоциировать виртуальный слой информации с каким-либо маркером, объектом в физической реальности при помощи компьютерных технологий.	[30]
3	А. А. Смолин, Д. Д. Жданов, И. С. Потемин, В. А. Богатырев	Дополненная реальность – технология, информирующая человека об окружающей обстановке и предоставляющая всю необходимую информацию об окружающих его объектах.	[41]
4	А. В. Дементьева, И. А. Откупщикова, К. Н. Реськов	Дополненная реальность – это технология добавления или внедрения элементов виртуальной информации в реальную жизнь человека, отображенную на экране с помощью технических средств, а также позволяющая стереть грань между окружающим и искусственно созданным миром.	[42]
5	M. Sirakaya, E. Kiliç Çakmak	Дополненная реальность – это один из современных методов в образовательном процессе, основанный на компьютерной информационной среде, а также учитывающий принцип индивидуализации обучения, который обогащает и поддерживает самообучение и обучение на протяжении всей жизни так, что учащийся способен справляться с непрерывным развитием и ростом знаний.	[43]

<i>№</i>	<i>Авторы</i>	<i>Определение</i>	<i>Источник</i>
6	M. Bulut, R. Borromeo Ferri	Дополненная реальность – разновидность технологии смешанной реальности, включающая виртуальные объекты, внедренные или «дополненные» в реальный мир, следовательно, позволяющая учащимся «видеть» цифровой учебный контент, наложенный на существующую среду, обеспечивая тем самым для них новый опыт.	[3]
7	S. A. Elsayed, H. I. Al-Najrani	Дополненная реальность – это тип технологии, который обогащает реальный мир за счет компьютерного контента, поскольку позволяет беспрепятственно добавлять цифровой контент для лучшего понимания и представления пользователя о реальном мире, также добавление 2D- и 3D-объектов, текстовых, аудио- и видео- и файлов способствует расширению знаний и восприятия людей о происходящем вокруг них.	[6]
8	S. A. Elsayed, H. I. Al-Najrani	Дополненная реальность – это технология, которая предоставляет множество вспомогательных средств для образовательного процесса, смешивает фактическую реальность с виртуальными объектами, переводит учащегося из роли получателя информации в ее искателя, обогащает учебный материал, делая его более интересным и привлекательным.	
9	O. M. Aldalalah, Z. Ababneh, A. Bawaneh, W. Alzubi	Дополненная реальность – метод обучения, объединяющий фактическую и виртуальную реальности с помощью интегрирования групп информации в фактическую реальность и внедряющий видео, фотографии, данные и т.д. в реальное окружение обучающегося, что увеличивает объем предоставляемой ему информации.	[1]
10	Ban Hassan Majeed, H. T. ALRikabi	Дополненная реальность – это вид электронной образовательной технологии, основанный на комплексе образовательных теорий, например, коммуникативного обучения, принципы которого заключаются в том, что обучение может осуществляться с помощью устройств и прочих программных средств, и на способности сохранения информации, способствующих эффективному учебному процессу. Технология спроектирована таким образом, что учащиеся могут неоднократно использовать ее и повторять ранее усвоенные ими знания.	[2]

Проанализировав различные отечественные и зарубежные литературные источники, можно рассмотренные определения свести в несколько групп [56]:

1. Определения дополненной реальности как *специфической среды*, в которой соединяются цифровые элементы и реальные объекты. Эти определения концентрируют внимание на психологической стороне восприятия объектов реальных и цифровых с помощью органов чувств. (определение 1).

2. Определения дополненной реальности как новой *технологии синтеза данных*, объединяющей возможные решения и реальность. Эти определения концентрируют внимание на технологических аспектах дополненной реальности (определения 2, 3, 4, 7).

3. Определения дополненной реальности в образовательном процессе как *инструмента улучшения восприятия, понимания и усвоения* учебного материала. Эти определения акцентируют внимание на педагогической стороне использования дополненной реальности в образовании, а также учитывают психологический аспект вовлеченности обучающихся в образовательный процесс (определения 5, 6, 8, 9, 10).

Таблица 3

Контент-анализ определений понятия «дополненная реальность»

Автор определения	Содержательный компонент												Итог
	Технология	Информация	Метод обучения	Индивидуализация	Знания	Дополнение	Цифровой контент	Образовательный процесс	Активность учащихся	Виртуальные объекты	Реальный мир	Средство	
M. Sirakaya, E. Kiliç Çakmak		+	+	+	+			+					5
M. Bulut, R. Borromeo Ferri	+					+	+		+	+	+		6
S. A. Elsayed, H. I. Al-Najrani	+	+				+		+	+	+	+	+	8
O. M. Aldalalah, Z. Ababneh,		+	+			+	+				+		5
A. Bawaneh,	+	+			+			+				+	5

На основе контент-анализа (Таблица 3) определений, относящихся к третьей группе, было выделено наиболее полное определение:

Дополненная реальность – это технология, которая предоставляет множество вспомогательных средств для образовательного процесса, смешивает фактическую реальность с виртуальными объектами, переводит учащегося из роли получателя информации в ее искателя, обогащает учебный материал, делая его более интересным и привлекательным.

По мнению А. И. Расторгуева [46] отсутствие базового понятийного аппарата в математической форме ведёт к тому, что дальнейшее развитие теоретических исследований в области дополненной реальности теряют свою корректность и обоснованность.

Пусть X – множество реальных объектов, Y – множество виртуальных объектов, R^3 – трёхмерное пространство. Следовательно, для любого x из X , не принадлежащего Y и для любого y из Y не принадлежащего X верно, представлено соответствие:

$$\left. \begin{array}{l} X | \forall x \in X \ x \notin Y \\ Y | \forall y \in Y \ y \notin X \\ X \cap Y = \emptyset \end{array} \right\} \Rightarrow \exists Z \cap X, Z \cap Y, z \in Z, \forall z \in R^3,$$

где Z – смешанная реальность.

При этом всё происходит в реальном времени, то есть при T_0 . Вместе с тем, $T_0 \cap T = \emptyset$, $T_0 \cap T_+ = \emptyset$, где T – множество промежутков времени в прошлом, T_+ – множество промежутков времени в будущем.

Если $\sum x \in X > \sum y \in Y$ – дополненная реальность, если $\sum x \in X < \sum y \in Y$ – дополненная виртуальность.

Предположим, что существует множество маркеров (специально оставленных меток) M .

Если $m \in M$ и $m \in X$, то имеет место маркерная дополненная реальность с реальным маркером, то есть в виде символа, QR-кода, объекта, распознанного с помощью нейросетей.

Если $m \in M$ и $m \in Y$, то данный тип дополненной реальности основа на распознавании виртуальных меток (например, геолокация).

На основании исследований [5, 18, 23, 24, 51] проведем сравнительный анализ технологий дополненной реальности и виртуальной реальности, направленный на выявление основных характеристик этих технологий. Результаты анализа позволят определить наиболее эффективную технологию для интеграции в образовательный процесс.

Таблица 2

**Сравнительный анализ технологий
дополненной и виртуальной реальностей**

<i>Критерий сравнения</i>	<i>Технологии виртуальной реальности (VR)</i>	<i>Технологии дополненной реальности (AR)</i>
Взаимодействие пользователя с реальным миром	Пользователи изолированы от реального мира, их взаимодействие с физическими объектами ограничено	Пользователь взаимодействует и с реальными и с виртуальными объектами. Цифровые элементы усиливают восприятие реального мира
Степень погружения	Обеспечивается полное погружение. Идет полная замена реального мира виртуальным. Пользователи воспринимают и взаимодействуют только с виртуальной средой	Частичное погружение. Виртуальный мир дополняет реальный. Пользователи могут взаимодействовать как с физической средой, так и с цифровой
Контекст и цель	Перемещает пользователя в моделируемую реальность. В образовательной сфере может использоваться для проведения виртуальных экскурсий, для демонстрации исторических реконструкций, для обучения с помощью интерактивного моделирования и т.д.	Направлена на улучшение понимания взаимодействия с физической средой. Широко используется в образовательных учреждениях с целью предоставления дополнительной информации, визуализации, создания интерактивности и т.д.
Устройства визуализации (Оборудование)	Мобильные устройства VR-очки Футляр с линзами Трекинг-системы Сенсорные гарнитуры: перчатки, костюмы и др. VR-шлем	Мобильные устройства AR-очки Футляр с линзами
Источник изображения	Компьютерная графика или реальные изображения	Сочетание машинно-генерируемых изображений и объектов реального мира
Перспектива/ракурс	Виртуальные объекты меняют свою позицию и размеры в соответствии с положением	Виртуальные объекты позиционируются в соответствии с расположением пользователя в реальном мире
Доступность	Характеризуется низкой доступностью, т. к. необходимо	Высокая доступность. Взаимодействие с дополненной

	отдельное пространство, дорогостоящее оборудование и высокая производительность устройств	реальностью возможно организовать с помощью смартфонов, планшетов. Приложения для дополненной реальности, как правило, более доступны
--	---	---

На наш взгляд, дополненная реальность представляет собой более удобный вариант с точки зрения применимости в образовательном процессе. Во-первых, для её использования не требуется дорогостоящее оборудование – достаточно мобильного устройства с установленным AR-приложением. Это обеспечивает гибкость обучения, позволяя обучающимся взаимодействовать с учебными материалами в местах, которые они считают наиболее удобными. Во-вторых, при использовании AR обучающиеся остаются в контакте с реальным миром, не отвлекаясь на виртуальную реальность, что снижает вероятность возникновения зрительных иллюзий, поскольку учащиеся не погружаются в трехмерное пространство, избегая таким образом конфликта восприятия и дезориентации.

Исследование, проведенное Ю. В. Корниловым, А. А. Поповым [36], позволило выделить ряд признаков, по которым можно классифицировать иммерсивные технологии (*Рис. 3*).

Стандартная система дополненной реальности состоит из отслеживания, распознавания, отображения (дисплей) и взаимодействия, как показано на *Рис. 4*. Основными компонентами дополненной реальности являются дисплей, системы оформления, отслеживание, а также аппаратное и программное обеспечения [8].

Рассмотрим классификации технологии дополненной реальности. В настоящее время существуют три основных направления в развитии технологии дополненной реальности:

1. «Безмаркерная» технология AR – работает по особым алгоритмам распознавания, где на окружающий ландшафт, снятый камерой, накладывается виртуальная «сетка». На этой сетке программные алгоритмы находят некие опорные точки, по которым определяют точное место, к которому будет «привязана» виртуальная модель. Преимущество данной технологии состоит в том,

что объекты реального мира сами по себе являются маркерами, т.е. отсутствует необходимость создания специальных визуальных идентификаторов. Главный критерий при выборе метки в данной технологии – изображение или объект должны быть контрастными сами по себе и относительно окружающей среды, иметь достаточное количество опорных точек для того, чтобы камера могла корректно распознавать их среди других меток.

2. AR-технологии на базе маркеров – работает на базе специальных маркеров, или меток, удобна тем, что они проще распознаются камерой и дают ей более жесткую привязку к месту для виртуальной модели. Под маркером понимается объект, расположенный в окружающем пространстве, который находится и анализируется специальным программным обеспечением для последующей отрисовки виртуальных объектов. Маркерами могут выступать: QR-коды, сохранённые изображения, логотипы брендов. Программная среда распознаёт через камеру маркер, который перед ней находится, после чего выводит поверх него 3D-модель или изображение. Данная технология гораздо надежнее «безмаркерной» и работает без сбоев. Недостатком маркерной технологии: когда камера мобильного телефона отдаляется от маркера, дополненная реальность пропадает, и маркер необходимо снова сканировать.

На *Рис. 1* представлена работа дополненной реальности с использованием маркерной технологии.

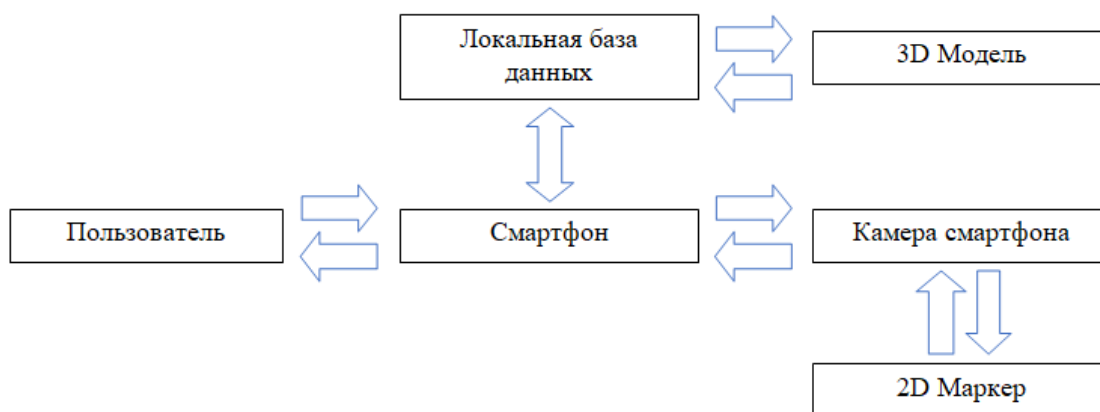


Рис 1. Дополненная реальность с использованием маркерной технологии

3. «Пространственная» технология – основана на пространственном расположении объекта. В ней используются данные GPS/ГЛОНАСС, гироскопа и компаса, встроенного в мобильный телефон. Место виртуального объекта определяется координатами в пространстве. Активация программы дополненной реальности происходит при совпадении координаты, заложенной в программе, с координатами пользователя.

Среда дополненной реальности обладает рядом свойств:

- совмещение виртуального и реального;
- взаимодействие в условиях реального времени;
- работа в трехмерном пространстве.

В отечественных исследованиях [52, 58] есть предложения относительно классификации дополненной реальности, однако относящиеся к общим направлениям применения дополненной реальности.

С точки зрения взаимодействия с потребителем интерфейсы с использованием дополненной реальности можно разделить на следующие группы:

1. *Автономные.* Не предполагают взаимодействие с пользователем и служат только для предоставления сопроводительных данных об объекте. Подобные приложения дополненной реальности могут анализировать объекты, находящиеся в поле зрения человека (камеры устройства), и выдавать о них справочную информацию. Например, пользователь рассматривает картину в музее и с помощью приложения дополненной реальности получает дополнительные данные о художнике, о судьбе картины, истории изображенного сюжета и т. п.

2. *Интерактивные.* Предполагают взаимодействие с пользователем, который может настраивать тип накладываемого дополнительного слоя данных и получать различные ответы по рассматриваемому объекту. Очевидно, что такие системы предполагают наличие устройства ввода данных, в роли которого может выступать сенсорный экран мобильного устройства или другие сенсорные датчики. Примером такого приложения дополненной реальности являются «примерочные», где пользователь взаимодействует с интерфейсом,

чтобы выбирать одежду из имеющегося набора и путем наложения слоев получать собственные изображения в различных нарядах.

По степени мобильности можно выделить следующие системы дополненной реальности [25]:

1. *Стационарные.* Системы этого типа предназначены для работы в одном месте и не предполагают какое-либо перемещение.
2. *Мобильные.* Их использование подразумевает перемещение в пространстве и работу в динамичном режиме с разными объектами окружающего реального мира.

По реализуемой *функциональной ценности* для потребителя приложения дополненной реальности можно разделить на следующие пять направлений:

1. *Визуальный поиск.* Предполагает подсказки навигационного характера по запросу пользователя. Причем в данном случае речь не идет об уже традиционных дорожных навигаторах, когда пользователю надо переместиться из одной географической точки в другую. В данном случае предполагается расширенный вариант запросов, связанный с поиском конкретного товара или услуги, объекта с запрашиваемыми характеристиками, людей, отзывов и т. п.

2. *Распознавание.* Данная реализация дополненной реальности предполагает предоставление контекстной информации об объекте или человеке в поле зрения. Примером подобного приложения может быть распознавание партнера по переговорам и получение дополнительной информации о нем из открытых источников (его профессиональный опыт, компетенции, награды, сфера интересов, увлечения и т.п.).

3. *Человек 2.0* – данный тип приложений дополненной реальности предполагает предоставление пошаговых инструкций для реализации конкретной задачи, например: подбор рецепта, алгоритм приготовления определенного блюда и контроль ингредиентов, дозировки и последовательности. Другим примером могут быть подсказки для ремонта автомобиля с указанием

инструментов, точек их приложения и последовательности действий для демонтажа или монтажа агрегатов.

4. *Экран-зеркало/линза.* Такая функциональность приложения дополненной реальности предполагает наложение виртуальных объектов на изображение окружения реального мира для лучшего представления о пространственных характеристиках виртуального объекта. Примером подобной реализации может быть получение изображения помещения с расставленными предметами мебели из интернет-магазина или каталога традиционной торговой точки. Таким образом, пользователь может увидеть выбираемый товар в условиях его будущего местоположения и лучшим образом определить его позицию без траты физических сил.

5. *Визуализация продукции под контекстные задачи.* Данный алгоритм больше подходит для промышленных предприятий для решения инженерных или конструкторских задач. Например, приложение дополненной реальности может показать работу оборудования в конкретных производственных условиях или получить представление о том, как будет двигаться прототип транспортного средства в реальных дорожных условиях.

Классификации же относительно применения дополненной реальности именно в образовательной сфере (Рис. 2) приведены в зарубежных источниках [2, 7].

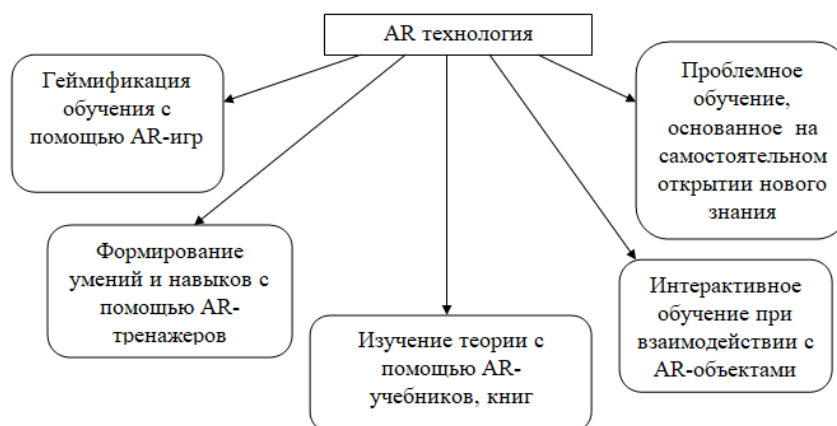


Рисунок 2. Классификация AR-технологий в образовательной сфере



Рисунок 3. Классификация иммерсивных технологий



Рисунок 4. Стандартные задачи структуры AR-системы

Обобщая вышесказанное, в данной работе под дополненной реальностью будем понимать технологию, которая предоставляет множество вспомогательных средств для образовательного процесса, смешивает фактическую реальность с виртуальными объектами, переводит учащегося из роли получателя информации в ее искателя, обогащает учебный материал, делая его более интересным и привлекательным. Для определения сущности дополненной реальности были выделены ее отличия от виртуальной реальности.

1.2 Анализ опыта внедрения технологии дополненной реальности в образовательный процесс

Вопрос о необходимости информационной поддержки образовательного процесса при помощи современных технологий, а именно технологии дополненной реальности, обусловлен стремлением улучшить качество и повысить эффективность образования.

Ю. А. Кравченко [37] считает, что для обеспечения качественного образования необходимо создание новой образовательной среды, ориентированной на применение информационных и коммуникационных технологий. В настоящее время многие образовательные учреждения испытывают ряд затруднений при внедрении новых технологий в образовательный процесс и не имеют полноценного представления о том, как использовать эти возможности для организации основных видов педагогической деятельности.

Основные принципы проектирования среды обучения на основе AR-технологии сформулированы с учетом современных особенностей и возможностей AR. В соответствии с принципами среда обучения должна обеспечивать:

1. Естественное взаимодействие с виртуальными объектами, обеспечивающее также организацию общения между сверстниками.
2. Активное обучение, где учащийся независимо от других контролирует виртуальные объекты, тем самым становится субъектом обучения.
3. Возможности для учителя, такие как система учебных задач, оперативное получение обратной связи от учеников и т. д.

Выполнение этих условий напрямую связано с наличием специально разработанных задач и с интерфейсом конкретного AR.

Изучение использования цифровых технологий, в том числе методов дополненной реальности, с позиции культурно-исторической теории Л. С. Выготского, позволяет выявить взаимосвязь развития новых видов деятельности и способов усвоения общественного опыта. С одной стороны, информатизация образования стимулирует усвоение содержания обучающих программ дополненной реальности, с другой, способов работы с ними, обогащая внутренний опыт и мышление обучающихся [48].

Образовательный процесс состоит из ряда подпроцессов, каждый из которых требуется активно поддерживать. Информатизация образовательного процесса является одним из таких способов поддержки. Суть информатизации заключается во внедрении современных информационно-коммуникативных технологий в учебно-воспитательную деятельность образовательных учреждений; с помощью таких инновационных технологий можно дополнить традиционные методы воспитания и обучения, которые позволяют усовершенствовать процесс обучения и обеспечивают более быстрый доступ к информационным ресурсам [35, 37].

Следует принять во внимание, что технологии дополненной реальности на данный момент не способны полностью заменить существующие традиционные методы обучения, но они могут использоваться для обогащения учебного процесса, делая его более доступным, интерактивным и увлекательным [46].

Внедрение технологии дополненной реальности в образовательных учреждениях предполагает выполнение следующих мер [30, 32]:

- исследовать теоретические и технические аспекты использования AR-технологии в учебном процессе;
- изучить оптимальные методы применения дополненной реальности для повышения когнитивного развития учащихся;

- обеспечить специальную подготовку педагогов для успешной интеграции AR-технологии в образовательные учреждения;
- определить способы использования сетевых возможностей дополненной реальности в целях поддержки коллективного обучения;
- разработать методические материалы для проведения уроков с использованием дополненной реальности;
- разработать единую методологию внедрения AR-технологии в образовательный процесс для обеспечения эффективного обучения;
- разработать механизмы интеграции приложений дополненной реальности;
- создать систему обратной связи с учащимися при использовании технологии дополненной реальности для промежуточного и итогового контроля усвоения знаний и навыков;
- определить основополагающие ценности, стандарты и политику использования, регулирующих иммерсивное обучение для обеспечения устойчивого и этичного использования AR-технологии в образовании;
- обеспечить безопасность и защиту конфиденциальности данных пользователей;
- предусмотреть способы контроля процесса обучения в случае одновременного использования оборудования несколькими учениками.

А.И. Расторгуева [46] в своей работе акцентирует внимание на том, что эффективность реализации дополненной реальности зависит от соблюдения санитарных норм. Кроме того, важно использовать подобные технологии умеренно, поскольку потеря чувства новизны может негативно повлиять на качество усвоения знаний.

Стоит отметить, что при внедрении иммерсивных технологий в образовательный процесс необходимо учитывать санитарно-эпидемиологические

требования⁵ [28]. В современной редакции требований к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях отсутствуют явные указания по применению средств дополненной реальности. Однако в данном документе можно выделить условия, оказывающие влияние на выбор и использование средств дополненной реальности:

- использование в учебном процессе инновационных образовательных программ и технологий, расписаний занятий, режимов обучения возможно при отсутствии их неблагоприятного влияния на функциональное состояние и здоровье обучающихся;
- при одновременной работе с инновационными технологиями сразу нескольких человек рекомендуется разделить рабочие области каждого для предотвращения травмирования ими друг друга;
- после использования технических средств обучения, связанных со зрительной нагрузкой, необходимо проводить комплекс упражнений для профилактики утомления глаз, а в конце урока - физические упражнения для профилактики общего утомления.

Для эффективного внедрения технических средств технологии дополненной реальности необходимо определить требования к таким техническим системам, а также описать возможные условия их применения, учитывающие текущие нормативно-правовые, программно-аппаратные требования и стандарты и т. д.

А. И. Азевич [14] отмечает, что при применении иммерсивных технологий в обучении математике и информатике, важно учитывать два подхода, которые отражаются в дидактическом дуализме. Первый подход заключается в создании объектов и сценариев виртуальной, дополненной или смешанной реальности непосредственно в учебной деятельности. В этом подходе модель должна отражать основные принципы методики, описывающей определенный объект, предмет или явление.

⁵ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 01.09.2011 "Об утверждении СанПиН 2.4.2.2821-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях".

Второй подход заключается в создании модели, которая описывает иммерсивные технологии в качестве средства обучения, применимого как на уроках, так и во внеурочной деятельности. Этот двухсторонний подход может быть изображен в виде схемы для наглядного понимания (Рис. 5).

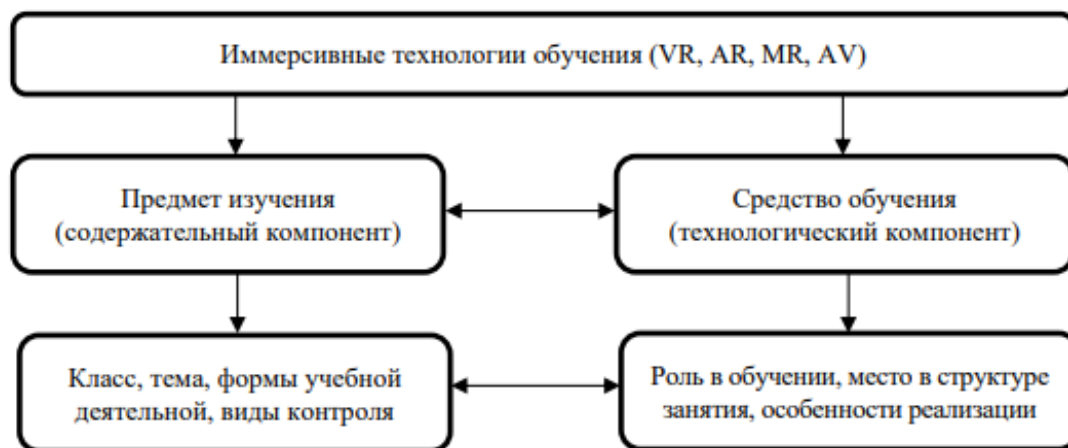


Рис. 5 Дидактический дуализм иммерсивных технологий

Дополненная реальность создает эффект присутствия, сливая воедино реальный и виртуальный миры, позволяя проникнуть в глубины научных знаний, при этом интерактивность и легкость восприятия информации психологически привлекают человека, активизируют его внимание и позволяют повысить заинтересованность к изучаемому предмету. Сложные концепции могут преподаваться с использованием иммерсивных учебных сред, где учащиеся могут участвовать в моделировании жизненного опыта, влияющего на когнитивные, социальные и аффективные аспекты их обучения. Таким образом, характер и степень вовлеченности учащегося в виртуальной среде зависит от уровня этого эффекта [5, 32, 52].

Также в ходе обучения с помощью AR-технологии обучающиеся могут получать дополнительную информацию, демонстрацию виртуальных объектов и взаимодействовать с ними посредством манипулирования реальными объектами, например: рассматривать их с разных сторон, перемещать, изменять масштаб, поворачивать и т. п. Все это способствует развитию пространственного мышления, позволяет воспринимать изучаемый предмет более полно, повышая тем самым уровень усваиваемых знаний и вырабатываемых учениками умений и навыков, а в конечном итоге и результативность всего

процесса обучения Кроме того, элементы дополненной реальности, облегчая работу с опасными материалами, предоставляют возможность объяснить ситуации с высоким уровнем риска без прямого присутствия обучающегося [1, 7, 52].

Визуализированная виртуальная информация синхронизируется с реальным пространством и временем, что приводит к полному погружению в дополненную реальность, в связи с этим происходит улучшение качества восприятия образовательного контента [52]. В математическом образовании дополненная реальность обладает большим потенциалом при изучении трехмерных моделей в связи с появлением у обучающихся возможности рассмотрения в реальном мире геометрических пространственных объектов с разных сторон и ракурсов, что особенно полезно при решении задач по стереометрии. Основанные на дополненной реальности средства с возможностью взаимодействия позволяют индивидуализировать обучение, способствуют активному участию обучающихся в образовательном процессе и выстраиванию своей структуры знаний. Также в материалах исследователей [3, 52] сообщается, что использование дополненной реальности оказывает положительное влияние на успеваемость учащихся и их отношение к математике, особенно в классах с углубленным ее изучением. Вместе с тем использование технологии дополненной реальности может способствовать формированию у обучающихся умения распознавать геометрические фигуры на чертежах, моделях и реальных объектах, что является одним из требований к предметным результатам освоения базового курса математики в соответствии с ФГОС СОО.

В своей работе С. В. Зенкина и О. П. Панкратова [29] отмечают: «...очень важно обучающимся привить интерес к предмету, желание получать новые знания, углубляя уже имеющиеся, именно этой цели отвечают технологии дополненной реальности, позволяя заинтересовать, раскрыть творческий потенциал, мотивировать к самостоятельным действиям и самообучению».

В свою очередь, Ю. А. Кравченко добавляет к уже сказанному то, что применение технологии дополненной реальности является фактором,

обуславливающим развитие у учащихся стремления к освоению новых возможностей и технологий, а также позволяет заменить дорогостоящие пособия и лабораторное оборудование на мультимедийные компьютерные моделями [37].

В новых ФГОС подчеркивается важность гармоничного развития личности, готовой к самореализации и выполнению гражданских обязанностей в различных сферах. В связи с этим стоит, стоит отметить, что технологии дополненной реальности обеспечивают более гармоничное развитие личности [2].

В контексте российской системы образования использование AR-технологии способствует объединению общеобразовательных программ, соответствующих ФГОС, с усилиями как учителей, так и учащихся, что достигается через:

- приобретение опыта проектной деятельности;
- коллективную реализацию информационных проектов;
- создание, редактирование, оформление, сохранение и передачу различных типов информационных объектов с использованием современных программных средств;
- информационную деятельность в различных сферах, актуальных на рынке труда;
- развитие алгоритмического мышления, способностей к формализации и элементов системного мышления;
- овладение умениями использовать информационно-коммуникационные инструментальные средства и настраивать их для нужд пользователя [29].

Тем не менее, опыт иммерсивного обучения может оказывать как положительное, так и негативное воздействие на учащихся. Преподавателям необходимо исследовать возможности взаимодействия с технологией дополненной реальности, чтобы понять преимущества и ограничения этого инструментария, а также как данные инструменты могут быть использованы для разработки содержательного обучения [32].

Анализ исследований [1, 5, 8, 13, 19, 30, 31, 34, 38, 45], направленных на выявление преимуществ и недостатков дополненной реальности в образовании, представлен в *Таблице 4*.

Таблица 4

Преимущества и недостатки дополненной реальности в образовании

<i>Категория</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
Аппаратное обеспечение	• возможность использования некоторых устройств с дополненной реальностью позволяет получить доступ к ее образовательным материалам в любое время и месте.	• высокая стоимость носимых устройств, прямая зависимость между производительностью и стоимостью; • неравномерность доступа у обучающихся к современным устройствам (в случае их отсутствия или устаревания) и скоростному интернету, что может привести к образовательному неравенству; • ограничение видимой области дополненной реальности экраном устройства пользователя; • успех распознавания маркера зависит от характеристик камеры; • вероятность использования обучающимся более одного устройства.
Контент	• возможность предоставления обучающимся материала в более понятной и доступной форме, благодаря визуализации абстрактных и сложных концепций; • возможность замены дорогостоящего лабораторного оборудования мультимедийными компьютерными моделями; • мультимодальность представления объектов.	• недостаток качественного контента: существующий контент склонен к однообразию, имеет низкое качество и несовершенную реализацию.
Программное обеспечение (ПО)	• простота использования приложений; • гибкость приложений дополненной реальности: ПО может быть доступно на различных платформах и устройствах; • возможность взаимодействия с виртуальными объектами и средой;	• ошибки распознавания объектов; • некорректное отображение накладываемых объектов в пространстве; • несовместимость с определенными платформами, отсутствие интеграции с платформ друг с другом;

<i>Категория</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
	• возможность создания интерактивных учебных материалов; • возможность наложения виртуальных объектов (текст, графика, видео и т. д.) на реальный мир.	• инфраструктура и программное обеспечение подвержены сбоям, недостаточно оперативное устранение ошибок; • освещение может быть причиной сбоев приложения, также от него зависит успех распознавания маркера; • необходимость разработки специальных приложений; • разнообразие приложений затрудняет формирование универсального инструмента для считывания информации; • приложения могут интерпретировать только двумерное изображение; • объекты не всегда остаются в соответствии с положением и ориентацией реальных объектов, когда пользователь меняет свое положение/точку обзора.
Безопасность	• возможность погружения учеников в любую ситуацию, например, такую как извержение вулкана, и при этом обеспечить полную безопасность для их жизни.	• отсутствие механизма защиты персональных данных и конфиденциальной информации увеличивает риск утечки личных данных учащихся, что требует более строгих мер по обеспечению кибербезопасности; • присутствует вероятность загрузки вредоносного ПО.
Воздействие на обучающегося	• улучшение памяти и понимания учебного материала; • развитие творческого и пространственного мышлений; • улучшение пространственной ориентации; • улучшение навыков интерпретации; • снижение тревожности; • снятие чувства тревожности и страха совершения ошибки за счет снижения видимости учителя; • повышение концентрации внимания, в том числе за счет возможности сокращения дистанции взаимодействия изучаемым объектом	• утомляемость

<i>Категория</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
Воздействие на образовательный процесс	• интерактивность обучения; • индивидуализация обучения: AR-технологии позволяют создавать персонализированные учебные программы, учитывая при этом индивидуальные потребности и темпы усвоения материала каждым обучающимся; • способствует активному участию обучающихся в процессе обучения; • повышение мотивации обучающихся; • наглядность обучения: возможна демонстрация многих явлений с большой степенью детализации, позволяет конкретизировать абстрактные понятия • повышение интереса к изучаемому материалу, самообучению; • развитие цифровых навыков: использование цифровых технологий в образовании способствует формированию ключевых цифровых навыков, необходимых для успешной адаптации в современном мире; • возможность изучения большого количества информации за меньшее время; • предоставление практического и адаптивного опыта, в том числе такого, который затруднительно получить в реальной жизни; • придание гибкости и динамичности образовательному процессу; • возможность реализации обучения в игровой форме; • применения теоретических знаний на практике, мультимедальность восприятия объектов.	• отсутствие межличностного взаимодействия: усиленное использование дополненной реальности может привести к снижению уровня межличностного взаимодействия между учителями и учениками, а также между самими учениками; • отсутствие гарантии осмысленного самообучения: внедрение дополненной реальности не всегда гарантирует осмысленное самообучение, так как связано с проблемами, требующими внимательного контроля и управления; • соблюдение особых требований к подготовке учителей для эффективного применения технологии дополненной реальности на уроках.

В качестве методических рекомендаций педагогам, планирующим включать технологию в образовательный процесс, отметим:

- необходимость регламентирования времени использования ресурсов дополненной реальности;

- чередование видов деятельности, традиционных методов и средств обучения с инновационными технологиями;
- проведение инструктажа обучающихся по безопасной работе с сетевыми ресурсами;
- отбор форм представления учебного материала с помощью иммерсивных технологий должен осуществляться с учетом индивидуальных особенностей учащихся (модальность, психолого-педагогические и возрастные особенности);
- организация процесса обучения на основе иммерсивных технологий должна сопровождаться своевременной обратной связью.

Анализ различных исследований позволяет утверждать, что использование технологии дополненной реальности оказывает положительный эффект на результаты обучения. Стоит отметить, что противоречие, выраженное в увеличении внешней когнитивной нагрузки и в повышении самооэффективности учащихся на практике, оказывает стимулирующий эффект на учебный процесс. Из этого следует, что внедрение дополненной реальности в образование представляет собой перспективное направление, однако требует соблюдения определенных условий для эффективного и безопасного использования данной технологии в учебном процессе.

Таким образом, внедрение технологии дополненной реальности позволяет повысить качество обучения за счет стимулирования внутренней мотивации обучающихся к самообучению, увеличения заинтересованности к изучаемым дисциплинам за счет повышения наглядности учебного материала, стимулирования интереса к использованию современных информационно-коммуникационных технологий и восполнения лабораторного оборудования мультимедийными компьютерными моделями.

1.3 Анализ возможностей сервисов и приложений, предназначенных для разработки элементов дополненной реальности

На сегодняшний день представлено множество приложений и сервисов, предназначенных для создания элементов дополненной реальности.

Инструменты данных сервисов могут быть применены для разработки учебных заданий и материалов. Проанализируем возможности некоторых сервисов для создания материалов с дополненной реальностью.

CleARmaths представляет собой приложение, основанное на технологиях дополненной реальности, предназначенное для обучения векторной геометрии. Приложение было разработано с целью предоставления возможности обучающимся визуализировать и исследовать геометрические объекты, такие как: плоскости, прямые и точки в трехмерной системе координат. За исключением мобильного устройства для работы в cleARmaths не требуется другое дополнительное оборудование.

Программное обеспечение cleARmaths отличается высокой степенью интерактивности, позволяя пользователю непосредственно влиять на визуализацию геометрических объектов в пространстве дополненной реальности. Интерфейс приложения отличается минимализмом и небольшим количеством управляющих элементов, что способствует высокой концентрации внимания пользователя. Основное взаимодействие с cleARmaths осуществляется с помощью кнопок, что делает его использование интуитивно понятным.

Пользовательский интерфейс состоит из следующих компонентов:

1. Область ввода и отображения уравнений объектов.
2. Виртуальная клавиатура.
3. Кнопки выбора вывода на экран уравнения плоскости, прямой или координат точки.
4. Кнопки для отмены ввода данных и закрытия клавиатуры.
5. Вертикальная колонка кнопок, включающая в себя кнопки быстрого ручного управления, масштабирования, приостановки визуализации.

Пользователи могут вводить коэффициенты уравнений или координаты объектов, что приводит к их графическому представлению. Объекты могут появляться на экране устройства с помощью специальных маркеров, находящихся в реальном пространстве. Таким образом, учащиеся получают представление о трехмерном компоненте, манипулируя объектами с помощью

интерфейса приложения. Помимо этого, в фоновом режиме приложение выполняет вычислительные операции, чтобы предоставить пользователю дополнительные данные. Обучающиеся могут использовать эту информацию для проверки собственных вычислений и создания учебных задач.

Недавнее обновление приложения позволяет пользователю, помимо предыдущих функций, сканировать маркеры нового типа, чтобы напрямую визуализировать геометрические фигуры без необходимости ввода координат вручную. Разработчики приложения также предлагают использовать веб-сайт с генератором маркеров и библиотеку с образцами упражнений.

Платформа Onirix представляет собой систему для реализации различных проектов в области дополненной реальности. Эта система включает в себя три компонента:

1. Onirix Studio – это веб-приложение, предназначенное для управления проектами, создаваемыми пользователями.
2. Onirix Web AR Player – проигрыватель, который обеспечивает возможность визуализации проектов в браузере (WebAR).
3. Onirix SDK представляет собой комплект инструментов для веб-разработчиков, который позволяет создавать уникальные элементы дополненной реальности для внешних платформ.

Сервис Onirix не требует установки дополнительного программного обеспечения для использования, пользователь может взаимодействовать с функционалом Onirix напрямую через веб-браузер, установленный на компьютере.

Платформа Onirix предлагает пользователям простой и интуитивно понятный интерфейс редактора проектов. Они могут легко загружать свои материалы и создавать интерактивные AR-проекты разных типов без навыков программирования. Это делает Onirix доступным и привлекательным для многих пользователей, стремящихся внедрить технологию дополненной реальности в свои проекты. Для более продвинутых пользователей сервис Onirix предоставляет возможность работать в онлайн-редактор кода, в котором они могут

добавлять различные уровни настройки и взаимодействия для элементов. Также данная среда программирования также позволяет модифицировать HTML- и CSS-слои веб-интерфейса дополненной реальности. Пользователь может изменять действия элементов сцены и подключаться к внешним службам и прикладным программным интерфейсам, кроме этого, он имеет доступ к блоку JavaScript для расширенной настройки проектов.

Библиотека Onirix состоит из готовых примеров проектов, доступных для ознакомления и редактирования в соответствии с творческими концепциями и потребностями пользователя. Весь AR-контент, который пользователь создает в Onirix Studio, сразу же доступен для просмотра на мобильном устройстве или в режиме предварительного просмотра в самом редакторе. Стоит отметить, что пользователь обладает возможностью организовать свои материалы в структурированные наборы, которые именуются "коллекциями". Данная функция позволяет распределять материалы в соответствии с различными критериями, включая: тематику, связанность с определенными проектами, их специфические характеристики и др.

Onirix поддерживает несколько технологий отслеживания дополненной реальности: отслеживание изображений, пространственное отслеживание и безмаркерное отслеживание. Технологии дополненной реальности, разработанные платформой Onirix позволяют сканировать физические объекты и помещения для наложения виртуальной информации на реальный мир в режиме реального времени. Стоит отметить, что с помощью сканера сервиса Onirix и технологии Spatial AR становится возможным создать цифрового двойника пользователя, которого зачастую используют как интерактивный элемент в тренажерах. Использование цифровых двойников обеспечивает интерактивное взаимодействие с дополненной реальностью, что значительно расширяет возможности обучающих программ и повышает их эффективность.

Благодаря функционалу платформы Web AR Onirix появляется возможность интегрировать элементы геймификации в образовательный процесс без значительных усилий. Технологии дополненной реальности реализуются на

мобильных устройствах, а также на гарнитуре, что позволяет расширить возможности обучения. Также платформа Web AR Onirix позволяет эффективно оптимизировать процесс обучения с помощью функции распределения участников, для которых предназначен проект, по группам и управления ими. Таким образом, внедрение Onirix в сферу образования позволяет сделать процесс обучения более интерактивным и динамичным, повышая тем самым уровень вовлеченности обучающихся и эффективность образовательного процесса.

Web-AR.Studio представляет собой онлайн-конструктор для разработки WebAR проектов, работающих без предварительной установки приложения на мобильное устройство.

Для быстрого создания проектов пользователю доступно использование предварительно разработанных шаблонов. В редакторе Web-AR.Studio можно создавать проекты различных типов, например: учебные пособия, оживающая галерея или изображение, интерактивное меню и др. В редакторе реализована функция добавления в проекты различных медиа-элементов: изображений, аудиозаписей, видеороликов, текстовых блоков и трёхмерных моделей. Кроме этого, поддерживается вставка и редактирование документов типов, таких типов как: PowerPoint (.pptx), Microsoft Word (.docx) и Microsoft Excel (.xlsx).

Web-AR.Studio также частично ориентирован на пользователей, работающих с такими программами как Blender и 3D Max. В режиме редактирования трехмерных моделей возможно: манипулировать слоями объекта на виртуальной сцене; управлять анимацией объекта, настраивать параметры освещения и др.

Бесплатная версия сервиса предоставляет хранилище для загруженных в проект файлов объёмом до 1000 Мб. При вставке изображений необходимо учитывать, что поддерживаются форматы .png и .jpg с размером до 3 Мб. При этом максимальный размер видеофайлов не должен превышать 25 Мб. Вставка 3D-моделей возможна только в форматах .glb и .gltf с размером до 10 Мб.

Для просмотра промежуточного результата проекта необходимо опубликовать его в одном из следующих форматах: WebAR, Lite Viewer или Viewer.

Рассмотрим подробнее каждый формат:

WebAR обеспечивает удобство для пользователя, позволяя просматривать проекты с дополненной реальностью прямо в браузере без необходимости установки отдельного мобильного приложения.

AR Studio Viewer предлагает возможность просмотра проектов через специальное мобильное приложение, которое необходимо предварительно установить на смартфон.

AR Viewer Lite предоставляет возможность запуска проектов через мобильное приложение без необходимости предварительной установки на мобильном устройстве.

В данном сервисе существует несколько способов реализации технологии дополненной реальности:

- применение триггеров или маркеров;
- способы, основанные на технологии SLAM, которые позволяют осуществлять распознавание и наложение виртуальных объектов без использования маркеров, основываясь на анализе поверхностей;
- использование глобальной системы позиционирования (GPS) для определения местоположения и нанесения виртуальных объектов на реальную карту мира.

Особенности Web-AR.Studio заключаются в следующем:

- бесплатное использование основного функционала конструктора для создания проектов без ограничений по времени;
- создание проектов, работающих в онлайн-режиме, через веб-браузеры без необходимости предварительной установки специализированных приложений для просмотра или редактирования материала;

- предоставление возможностей разработки проектов, включающих в себя несколько сцен, и регулирования переходов исчезновения и появления элементов в сценах;
- создание проектов с дополненной реальностью не требует навыков программирования или опыта работы с трехмерной графикой;
- возможность бесплатного использования стандартной коллекции двумерных и трехмерных объектов.

Также на сайте конструктора предусмотрен механизм обратной связи с пользователем, который позволяет технической поддержке своевременно обнаруживать неполадки в функционировании компонентов системы, а также предоставляет ей информацию об общем пользовательском опыте в данном сервисе.

Geogebra with AR – это кроссплатформенная динамическая математическая программа, предназначенная для всех уровней образования.

В GeoGebra 3D with AR дополненная реальность реализована посредством безмаркерной технологии, основанной на особых алгоритмах сканирования окружающей среды, с помощью которых накладывается виртуальная «сетка». На этой сетке алгоритмы выявляют опорные точки, по которым определяют точное место, к которому будет прикреплен объект виртуальной реальности, следовательно, данная реализация технологии позволяет разместить цифровой объект на любом месте в реальном окружении, которое выберет пользователь.

Пользовательский интерфейс Geogebra with AR обеспечивает удобный и интуитивно понятный способ взаимодействия с приложением. Чтобы приступить к использованию GeoGebra 3D with AR, в первую очередь, потребуется загрузить и установить бесплатное приложение GeoGebra 3D Calculator на свое мобильное устройство через магазин приложений Google Play или AppStore.

Основные элементы интерфейса GeoGebra with AR:

- раздел меню;
- панель инструментов;

- панель объектов (алгебраическая панель);
- кнопки «отменить» и «повторить»;
- строка ввода;
- рабочая область.

GeoGebra предоставляет качественный инструментарий для работы с геометрическими фигурами, алгебраическими выражениями, таблицами, графиками, статистическими данными и др. Все функции включены в один пакет для удобства.

При запуске GeoGebra with AR на мобильном устройстве снизу экрана появляются две всплывающие панели, которые позволяют работать в приложении: "Алгебра" и "Инструменты". Вдобавок в нижней части экрана располагается всплывающая виртуальная клавиатура, встроенная в мобильное устройство, и строка ввода, которая состоит из двух частей: непосредственно сама строка ввода, а также выпадающее меню, в котором можно выбрать команду для ввода из представленного списка. В алгебраической панели для создания, например, графика функции можно ввести необходимую формулу, которая его задает, в строку ввода, после чего он мгновенно отобразится в графическом окне. Работая же с пространственными инструментами GeoGebra with AR появляется возможность: строить геометрические тела и их комбинации, проводить плоскость через три заданные точки (либо через две прямые или через прямую и точку), строить сечения и другие дополнительные элементы геометрических тел, проводить измерения, делать развертки фигур и др. Для просмотра разработанных материалов в дополненной реальности необходимо нажать кнопку "AR", расположенную в правой части экрана.

Кроме того, в настройках программы можно изменять следующие параметры: скрывать или показывать оси, преобразовывать сетку координат, устанавливать расстояние между осями, скрывать или показывать описания и т. д. Интерактивный интерфейс приложения способствует изучению и исследованию математических объектов, подчеркивая когнитивно-визуальный процесс, который происходит при построении объекта в пространстве.

Рабочая область в приложении меняется в зависимости от выбранного пользователем режима, несмотря на это, по-прежнему остается возможность работать в алгебраическом окне и использовать необходимые инструменты, находясь как в режиме виртуального 3D пространства, так и в режиме дополненной реальности. К тому же, GeoGebra 3D with AR позволяет пользователю сделать фотографию установленного на окружающее пространство разработанного цифрового материала и сохранить ее. Стоит учитывать, что получившаяся дополненная реальность сохраняется лишь в виде изображения на мобильном устройстве, при следующем открытии приложения AR область будет изменяться в зависимости от размещения выбранного контента и местоположения пользователя.

В приложении можно продолжить работу над проектом даже после его закрытия, все необходимые разработки возможно сохранить несколькими способами: сохранить проект в формате .ggb на устройство, поделиться файлом проекта в социальных сетях или мессенджерах, скачать проект в формате изображения или сохранить его в личном профиле, выбрав необходимые настройки доступа к файлу. Также Geogebra поддерживает разработанные материалы каждого пользователя, позволяя загружать их в общедоступную библиотеку. Для просмотра оригинальных материалов необходимо открыть меню приложения и перейти на вкладку «Открыть». В данной вкладке будут находиться популярные материалы, а с помощью поисковой строки можно найти ресурсы на интересующую пользователя тему. При необходимости можно загружать в личный профиль авторские проекты, которые были добавлены из библиотеки, и вносить в них свои изменения.

Как уже упоминалось ранее, GeoGebra with AR имеет интуитивно понятный интерфейс, однако при первом использовании приложения некоторые пользователи могут столкнуться с трудностями. Кроме того, пользователям, которые уже обладают высоким уровнем математических знаний, потребуется потратить определенно меньше времени для полного освоения приложения по сравнению с теми, которые только находятся на начальных этапах изучения

математической науки. Несмотря на это, после того как начинающий пользователь ознакомится со всеми элементами интерфейса, он постепенно поймет, как проводить вычисления, строить графики функций, геометрические фигуры и использовать другие различные инструменты GeoGebra with AR для работы с математическими объектами, тем самым освоив работу в этом приложении.

Перечислим некоторые преимущества данного программного обеспечения:

- удобный интерфейс с многоязыковой локализацией;
- многообразие инструментов для работы с геометрическими фигурами, алгебраическими выражениями, таблицами, графами, статистическими данными и др.
- возможность работать с графикой;
- наличие собственного активного сообщества;
- кроссплатформенность: GeoGebra поддерживается практически всеми известными операционными системами – Windows, MacOS, Linux и др. Также разработана специальная версия приложения для смартфонов/планшетов на Android и iOS.

Мобильное приложение GeoGebra with AR позволяет углубиться в изучение геометрии, благодаря визуализации в реальном окружении под разным углом таких объектов как: поверхности второго порядка, геликоид (винтовая поверхность), бутылка Клейна и др. В работе [10] описана полезность «математических прогулок» для улучшения пространственного мышления. Например, с помощью приложения GeoGebra во время прогулки пользователь при наведении гаджета на окружающие архитектурные сооружения может видеть соответствующие им математические объекты.

В. А. Елифанцева [27] отмечает, что процесс решения задачи в динамической математике включает в себя три основных этапа:

- создание геометрической модели условия задачи на экране;

– решение задачи на экране с использованием анимационных функций на экране;

– построение математической модели, отражающей решение, которые было получено на экране.

Система Geogebra with AR как одна из эффективных и удобных в применении динамических математических сред позволяет реализовать указанные этапы в полной мере. Кроме того, достоинствами данной системы выступают: высокая мобильность, доступность широкому кругу пользователей, адекватность современному уровню научного знания.

Существует множество исследований, которые подтверждают, что использование на уроках математики Geogebra with AR оказывает положительное влияние на усвоение знаний обучающимися, обеспечивая глубокое и продуктивное взаимодействие с учебным материалом. Вдобавок приложение можно использовать в качестве инструмента, поддерживающего процесс самообучения учащихся. Благодаря реализации манипулятивного обучения, которое заключается в экспериментировании с 3D-объектами, а именно в возможностях визуализировать, размещать созданные объекты в реальном окружении и вращать их без каких-либо ограничений, улучшается понимание самого учебного материала.

ARGUMENT – первая российская платформа, которая позволяет создавать, редактировать и просматривать содержание дополненной реальности без навыков программирования.

Платформа ARGUMENT включает в себя два основных компонента: ARGUMENT Studio и мобильное приложение. ARGUMENT Studio предназначен для дополнения реальности путем интегрирования изображений физического мира с цифровым контентом. Кроме этого, пользователь с помощью редактора ARGUMENT Studio может назначать роли, разделять контент на группы с помощью системы авторизации по QR-кодам и отслеживать статистику взаимодействия с опубликованным контентом.

Приложение ARGUMENT позволяет просматривать дополненную реальность с помощью камеры мобильного устройства. Для этого пользователю необходимо навести камеру телефона на специальный маркер, созданный в редакторе. Важно отметить, что данное приложение позволяет осуществлять взаимодействие с материалом без необходимости подключения к интернету. Установка мобильного приложения доступна для устройств с операционной системой Android версии 6.0 и выше, а также для устройств с операционной системой iOS версии 9 и выше.

В режиме дополненной реальности пользователь имеет возможность осуществлять взаимодействие с разнообразными цифровыми материалами, включая: презентации, изображения, интерактивные элементы управления, аудио-, видеоматериалы, а также интерактивную новостную ленту. Особенностью редактора данной платформы является высокая степень его удобства и простота, поскольку все функции, необходимые для создания AR-контента, пользователь может реализовать за минимальное количество действий. Редактор ARGUMENT, обладающий интуитивно понятным интерфейсом, не предполагает наличие у пользователя специализированных знаний в области программирования, что делает процесс создания AR-контента максимально доступным. Также платформа ARGUMENT предоставляет возможность ознакомиться с материалами, созданными другими ее участниками платформы.

Платформа ARGUMENT предоставляет возможности, такие как:

- простое создание материалов с дополненной реальностью;
- обновление контента для уже созданных AR-меток;
- введение статистики по результатам обучения с дополненной реальностью;
- создание индивидуальных учебных траекторий в режиме AR;
- распределение прав доступа к AR-контенту;
- проведение голосований;
- опциональная идентификация учеников.

Реализация дополненной реальности с помощью инструментов платформы ARGUMENT состоит из следующих шагов:

- 1 Загрузите маркер в веб-интерфейс платформы. Маркером может выступать как физический объект, так и специально разработанное изображение или QR-код.
- 2 Добавьте к маркеру цифровой материал. У пользователя есть возможность изменить или обновить материал, как только это ему станет необходимо.
- 3 Установите приложение на мобильное устройство с операционной системой iOS или Android.
- 4 Сканируйте маркер и просматривайте интерактивный контент. После того как маркер будет распознан, пользователь может взаимодействовать с интерактивным контентом, который будет отображаться на экране устройства.

AR-контент может быть формата, такого как:

- презентации;
- иконки;
- видео/видео без фона;
- контакты;
- гиперссылки;
- галереи изображений/отдельные изображения;
- интерактивные элементы управления;
- лента.

В связи со следующими аспектами можно сделать вывод, что система ARGUMENT оказывает положительное воздействие на образовательный процесс:

Быстрое получение информации. Учащийся мгновенно получает информацию при направлении камеры мобильного устройства на объект в реальном мире, минуя процедуры авторизации, систем дистанционного обучения и длительного поиска.

Повышение уровня когнитивной активности. У обучающихся формируются прочные ментальные связи между учебными материалами и объектами, с которыми они связаны.

Контекстное обучение. Виртуальные объекты в физическом пространстве могут предоставить более полную информацию обучающимся об окружающем их мире.

Эмоциональная вовлеченность. Дополненная реальность вызывает «вау-эффект», что положительно влияет на вовлеченность учащихся в образовательный процесс.

Повышение мотивации и активация внимания. Дистанционные занятия с использованием дополненной реальности способствуют созданию стимулирующей и мотивирующей среды.

Можно выделить следующие преимущества системы ARGUMENT:

1. Интерфейс платформы характеризуется высокой степенью удобства в использовании.
2. Приложение предоставляет возможность доступа к контенту в условиях отсутствия подключения к сети Интернет.
3. Платформа интегрируется в различные системы: управления обучением (LMS), управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и управления контентом (CMS). ARGUMENT интегрируется в данные системы таким образом, что при работе с материалами дополненной реальности предоставляется возможность вызывать электронные курсы, выполнять тесты, экспортировать подробную статистику и т. д. Платформа содержит развитый программный интерфейс для обмена информацией со сторонними системами.

Также стоит отметить, что платформа ARGUMENT зарегистрирована в реестре отечественного программного обеспечения, что подтверждает ее соответствие установленным правилам и требованиям, предусмотренными действующим законодательством. В связи с этим, государственные и муниципальные заказчики имеют возможность приобрести ARGUMENT в рамках своих закупок.

В Таблице 5 представлен сравнительный анализ рассмотренных сервисов. Критерии, выделенные для сравнения, были составлены на основе критериев оценки качества приложений дополненной реальности, представленных в работе М. Р. Абляева [12], и критериев сравнения конструкторов дополненной реальности, которые были выделены в материалах А. И. Газейкиной [22].

Таблица 5

Сравнительный анализ сервисов, предназначенных для разработки элементов дополненной реальности

<i>Критерии сравнения</i>	<i>Названия сервисов</i>				
	<i>cleARmaths</i>	<i>Onirix</i>	<i>GeoGebra 3D with AR</i>	<i>ARGUMENT</i>	<i>Web-AR.studio</i>
Интерфейс	Простой	Удобный, специфич- ный	Удобный, специфич- ный	Удобный, стандарт- ный	Удобный
Языковая локализация	—	—	+	+	+
Качество наложения AR	Высокое	Высокое	Высокое	Среднее	Среднее
Учитывание особенностей сборки приложения для разных ОС	—	+/-	+	+/-	+/-
Разнообразие форматов контента (текст, видео, аудиоматери- алы, кнопки и др.)	—	+	+	+	+
Возможность публика- ции/загрузки материалов	+/-	+	+	+	+/-
Создание смешанного AR-контента	—	+	+	+	+
Возможность загрузки 3D- объектов	—	+	+	+	+
Выбор	+/-	+	—	+	+

Критерии сравнения	Названия сервисов				
	<i>cleARmaths</i>	<i>Onirix</i>	<i>GeoGebra 3D with AR</i>	<i>ARGUMENT</i>	<i>Web-AR.stu- dio</i>
маркеров (QR-код, кар- тинка)					
Обновления	+	+	+	+	+
Пробная версия сервиса и полнота функционала	Бесплатное	15 дней, полный функционал, 10 проектов	Бесплатное	14 дней Доступно 5 маркеров, 50 Мб дис- кового про- странства, полный функционал	Бессрочная, 10 активных проектов, 1000 Мб дискового простран- ства, огра- ниченный функционал
Минимальная стоимость подписки и полнота функционала		90€/месяц, ограничен- ный функ- ционал		Необходимо заполнить заявку	600Р /месяц, ограничен- ный функ- ционал
Отличительные особенности		Предусмот- рена воз- можность редактиро- вания про- екта с помо- щью языков программи- рования	Просмотр и редактиро- вание мате- риалов, ко- торые разра- ботаны дру- гими поль- зователями		Предусмот- рена воз- можность создания проекта с несколь- кими сце- нами, а также реа- лизация гиб- кого пере- хода между ними
Качество графики	Низкое	Высокое	Высокое	Среднее	Среднее
Кроссплат- форменность	—	—	+	—	—
Обязательное использование мобильного приложения	+	—	—	+	—
Способ наложения контента	QR-код	На QR-код, изображе- ние, физиче- ский объект, по коорди- натам GPS	Объекты ре- ального мира сами по себе яв- ляются мар- керами	На QR-код, изображе- ние, физиче- ский объект	По коорди- натам GPS, на QR-код, изображе- ния
Наличие	—	+	+	+	+

<i>Критерии сравнения</i>	<i>Названия сервисов</i>				
	<i>cleARmaths</i>	<i>Onirix</i>	<i>GeoGebra 3D with AR</i>	<i>ARGUMENT</i>	<i>Web-AR.stu- dio</i>
обратной связи					
Наличие библиотеки с контентом	+/-	+	+	—	+
Возможность использовать готовые шаблоны/мате- риалы	+/-	+	+	—	—
Рейтинг пользователей			4.3	3.2	3.4

На основании проведенного сравнительного анализа сервисов, предназначенных для разработки элементов дополненной реальности, наиболее удобными отметим сервисы GeoGebra 3D with AR и Onirix. Данные сервисы будем использовать для разработки элементов дополненной реальности к заданиям.

1.4 Учет психолого-педагогических особенностей обучающихся при разработке материалов с элементами дополненной реальности

Согласно идее Л. С. Выготского о культурно-исторической теории деятельности, высшие психические функции человека имеют социальную природу. Если элементы цифровой реальности становятся для современного школьника преобладающими средствами деятельности и общения, то это находит свое отражение через процессы интериоризации в развитии высших психических функций (ВПФ): внимания, памяти, мышления, а также в структуре личности человека в целом. Элементы цифровой реальности интериорируются в ВПФ, а значит меняются и сами познавательные процессы, что позволяет сделать вывод о том, что у обучающихся 7-9-х классов существует специфика познавательных процессов [24, 25]. В подростковом возрасте выделяют два возрастных периода: младший подросток (11-12 лет, 5-6-ые классы) и старший подросток (13-17 лет, 7-11-ые классы).

Используя работы А. В. Сапа [47], Н. В. Литвиненко [39], В. М. Николаенко [44], Ю. А. Дутко [26], Ю. В. Михайлюк [42] опишем общую психолого-педагогическую характеристику современных учащихся. Среди познавательных процессов для рассмотрения были выбраны такие познавательные процессы как внимание, память, мышление и некоторые другие особенности, характерные данным возрастам.

Психолого-педагогические особенности подростков цифрового поколения раскрываются прежде всего в их онлайн- и офлайн-коммуникации. Непосредственное взаимодействие сети Интернет с техническими устройствами и программными продуктами позволяет личности погрузиться в виртуальное пространство, став его частью. Таким образом, традиционная система общения трансформируется в онлайн-коммуникацию, с одной стороны, это преобразование обеспечивает безопасный формат взаимодействия, с другой стороны, приводит к тому, что обучающийся воспринимает средства доступа к сети Интернет как инструмент для продолжения своей личности в «промежуточном пространстве» [55].

Словесно-логическое мышление определяется не только построением логических операций, но и грамотным владением речи. В связи тем, что современные подростки в общении предпочитают невербальные средства передачи информации в интернет-коммуникации, следует то, что другие формы передачи информации становятся менее развитыми. Кроме того, у подростков наблюдается преобладание в устной речи. Подростки старшего возраста отличаются высокой эмоциональностью, потребностью в самовыражении и стремлением подчеркнуть свою индивидуальность, поэтому в их речи преобладает использование экспрессивных синтаксических конструкций таких, как: конструкции, содержащие синтаксический повтор с синтаксическим распространением, лексические повторы без распространения, а также парцеллированные и сегментированные конструкции.

Наглядно-образное мышление характеризуется зрительным представлением образов и ситуаций, а также практической деятельностью с предметом.

Этот вид мышления у подростков поколение Z наиболее развит, так как их развитие проходит в условиях кибер-среды, в которой зачастую размещен наглядный и легко воспринимаемый материал – любая информация в их телефоне, планшете, компьютере представлена в графической форме.

Устойчивость внимания. У подростков поколения Z наблюдаются трудности с концентрацией внимания, поэтому из-за нетерпеливости и склонности отвлекаться у них часто возникают проблемы с успеваемостью. Ошибочное восприятие прочитанного текста, дисфункция памяти, затруднения с формулированием своих мыслей свидетельствуют о недостаточной концентрации внимания у учащихся. Однако показатели переключаемости и продуктивности внимания у старших подростков соответствует норме.

Долговременная память. В цифровую эпоху на подростков сильное влияние оказывает интенсивный поток цифровой информации, так как они обладают возможностью найти интересующую их информацию с помощью мобильного устройства в любое время. В следствии чего у учащихся наблюдается ограниченный объем долговременной памяти, что указывает на неспособность пользоваться приемами долгосрочного запоминания и воспроизведения.

В исследованиях, посвященных изучению *кратковременной памяти* подростков, отмечаются нормативные показатели объема кратковременной слухоречевой и зрительно-образной памяти, соответствующие их возрастному периоду. Стоит отметить, что особенно хорошо запоминаются видеоролики, для которых характерно не только визуальное сопровождение, но и речевая продукция, а также материал, который представлен визуально.

По мнению Б. С. Волкова [20]: «При становлении доминирующей направленности познавательных интересов объем знаний подростка значительно возрастает – как результат самостоятельной работы. Поэтому самостоятельные занятия для подростка приобретают большой личностный смысл». Также автор указывает, что для более эффективного обучения школьников подросткового возраста следует предоставлять им возможности

почувствовать себя взрослыми и ответственными за результат собственной деятельности.

Еще одна особенность современных подростков – *клиповое мышление*. Преобладание данного типа мышления у школьников является естественной адаптационной реакцией организма на непрерывный поток информации, который им приходится воспринимать и обрабатывать. Среди преимуществ клипового мышления можно выделить защиту от информационной перегрузки, развитие навыков работы в условиях многозадачности, более эффективное запоминание ключевых фрагментов информации и способность самостоятельно дополнять информацию до необходимого объема на основе сжатой. Основным недостатком клипового мышления является фрагментарность аудиовизуальной формы получения информации, что указывает на исключительно эмоциональное усвоение предлагаемого контента. Определенная последовательность аудиовизуальных отрывков не позволяет обучающимся установить причинно-следственные связи воспринимаемого явления, проанализировать увиденное, сделать логические выводы, кроме этого, препятствует глубинному пониманию текстов и ослабляет навыки работы с ними. Это влечет за собой то, что обучающиеся испытывают трудности в структурировании материала и аргументации своей позиции [30, 44, 55].

В. М. Николаенко [44] выделяет два подхода к решению проблемы клипового мышления:

- совершенствование методов обучения;
- разработка специальных средств для развития познавательных процессов учащихся.

Подростки поколения Z обладают высоким уровнем *эмпатических способностей*. Наиболее выражена у них шкала «проникающая способность эмпатии». Это свидетельствует о том, что подростки более ориентированы на создание доверительной атмосферы при коммуникации, где комфорт и безопасность играют ключевую роль, что предоставляет им виртуальное общение.

Дополненная реальность может быть полезным инструментом для укрепления и развития эмоционального интеллекта обучающихся, навыков эмпатии по отношению к окружающим и навыков контроля сильных негативных эмоций при коллективной работе.

В психолого-педагогической литературе под термином «иммерсивность» понимается свойство аппаратно-технологического компонента среды, обеспечивающие погружение человека в психологическое состояние, при котором он ощущает себя включенным в некоторую среду и взаимодействующим с ней. Обучающийся, манипулируя содержанием этой виртуальной среды, получает поток информации, прочные знания и практический опыт, который затруднительно или невозможно приобрести в реальной жизни [15].

Эмпатические симуляции позволяют преодолеть многие социальные барьеры, лучше понять их сущность, испытать важные для самопознания эмоции, формировать позитивные межличностные отношения в коллективе, что тем самым способствует созданию комфортной образовательной среды. Таким образом, основными показателями воздействия эмпатических симуляций являются положительные изменения в социальной среде, развитие гуманистических ценностей и чувства ответственности, повышение уровня знаний участников [16].

Современная общественная среда часто требует от подростков выполнения нескольких задач одновременно, вследствие этого они обладают высоким уровнем переключаемости. Исследователи выявили, что современные школьники, работая за компьютером, меняют деятельность и переключаются с одного онлайн-ресурса на другой в среднем три раза за минуту, а также в условиях многозадачности они одновременно усваивают информацию из нескольких информационных потоков. Вместе с тем, для обучающихся однозадачность зачастую воспринимается как монотонный и утомительный процесс, в то время как многозадачность считается повседневной практикой [26, 43].

Некоторые исследования показывают, что учащиеся сталкиваются с негативными последствиями многозадачности, например: рассеянность,

гиперактивность, дефицит внимания и т.д. Вследствие этого обучающиеся отдают предпочтения визуальным образам нежелая логики и углубленному изучению текстов, что, в свою очередь, может привести к проявлению трудностей в следующем: запоминание информации, счет в уме, смысловое чтение и обогащение словарного запаса и др. Активность в режиме многозадачности в течение длительного времени приводит к утомлению, истощению, а также может вызвать тревожное и депрессивное состояния.

На данный момент не существует единого мнения относительно многозадачности. Одни исследователи в своих работах акцентируют внимание на влиянии медиамногозадачности на познавательные функции личности, такие как концентрация внимания, переключение внимания и развитие памяти. Другие считают, что склонность подростков к медиамногозадачности связана с недостатков когнитивного контроля и повышенной импульсивности, что отражается на исполнительных функциях. Несмотря на некоторые негативные аспекты многозадачности и медиамногозадачности, можно выделить и положительный момент данных особенностей: обучающийся испытывает большее эмоциональное удовлетворение, когда совмещает одновременно несколько видов различной деятельности [28].

Учитывая вышесказанное, феномен медиамногозадачности можно охарактеризовать следующим образом [50]:

- одновременное использование нескольких технологических средств;
- совмещение использования цифровых и традиционных источников информации;
- сочетание видов деятельности, происходящих как в реальном, так и в виртуальном пространствах.

Социальное развитие. Ведущей потребностью у подростков, кроме познания и построения собственного «Я», является потребность в аффилиации и причастности к определенным группам, референтным для них. В связи с этим, обучающиеся ориентированы на работу в группе сверстников. Для подростков важен обмен мнениями и социальное взаимодействие. Поэтому следует для

учащихся составлять такие задания, которые требуют совместной работы в группе, обмена идеями между участниками, так как это может способствовать развитию навыков коммуникации и совместного решения задач.

Рекомендации при разработке заданий с элементами дополненной реальности с учетом психолого-педагогических особенностей обучающихся «Поколения Z»:

1. Составлять задания, которые направлены на работу с информацией, представленной в различных формах.
2. Разрабатывать комплексные задания, которые связаны между собой.
3. Разрабатывать задания, при выполнении которых обучающиеся переключаются между разными видами деятельности обучающихся.
4. Включать задания на составление описательных текстов при комментировании вычислений, аргументированных текстов при объяснении ответа.
5. Составлять задания на «одном» языке, представляющем деятельность обучающихся в надежно опознаваемых действиях.
6. Разрабатывать задания, предполагающих применение мобильных устройств в процессе их выполнения для повышения вовлеченности обучающихся.
7. Применять в заданиях графические средства визуализации учебной информации, такие как: рисунки, таблицы, схемы, 3D-модели и др.

Обобщая вышесказанное, сформулируем суждение о том, что для эффективного внедрения технологии дополненной реальности в образовательный процесс должны использоваться задания с AR-элементами, которые составляются с учетом следующих психолого-педагогических особенностей обучающихся:

- преобладание наглядно-образного мышления над словесно-логическим;
- свойства внимания характеризуются низкими показателями устойчивости и продуктивности, но высокими показателями переключаемости;

- высокие показатели объема памяти кратковременной памяти и низкие показатели долговременной, что определяет эффективность обучаемости учащихся;
- возникновение трудностей с сосредоточением внимания на предмете или одном виде деятельности в течение длительного времени, обусловленные присущими им многозадачностью и клиповым мышлением;
- преобладание невербального интеллекта над вербальным;
- интеграция информационных технологий в повседневной жизни обучающихся является неотъемлемым аспектом;
- обладание высоким уровнем эмпатических способностей;
- преобладание видов деятельности, относящихся к личностному, общественному, профессиональному контексту.

ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЗАДАНИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ-МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ

2.1 Примеры заданий с элементами дополненной реальности, разработанных с помощью онлайн сервисов

Опираясь на психолого-педагогические особенности обучающихся, выявленные в разделе 1.4, разработаем задания, включающие элементы дополненной реальности. Исходя из сравнительного анализа сервисов, проведенного в пункте 1.3, для создания элементов дополненной реальности к заданиям выберем сервисы GeoGebra 3D with AR и Onirix.

Математика

Задание 1. Отсканируйте QR-код и перейдите в приложение GeoGebra 3D with AR в режим дополненной реальности. Рассмотрите один из графических способов доказательства теоремы Пифагора, передвигая части разбиения квадратов в пустой квадрат.



Рисунок 7. QR-код на материалы к Заданию 1

- 1) Опишите шаги, которые нужно выполнить при данном способе доказательства теоремы Пифагора.
- 2) Приведите другой способ доказательства теоремы Пифагора.

Комментарий к заданию:

В режиме дополненной реальности в приложении GeoGebra with AR обучающиеся манипулируют разбитыми частями квадратов, что позволяет им подробно наблюдать за динамическим процессом одного из графических способов доказательства теоремы Пифагора (Рис. 8). После этого учащимся необходимо описать рассматриваемые этапы данного способа доказательства и привести пример иного способа доказательства теоремы

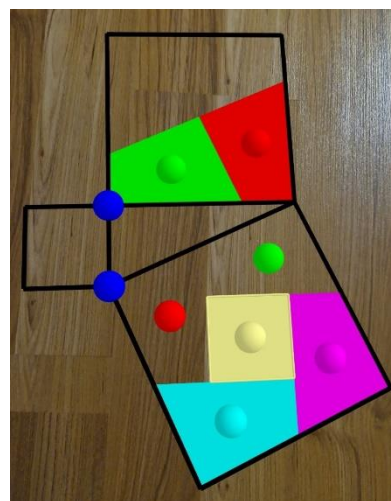


Рисунок 8. Задание 1

Пифагора. Таким образом, манипулятивный подход, реализуемый в задании, не только позволяет обучающимся лучше осмыслить ход доказательства теоремы Пифагора, но и углубляет его понимание через наглядное представление.

Задание можно использовать в 8-ом классе при изучении темы: Теорема Пифагора.

Задание 2. Зайдите в приложение GeoGebra 3D with AR и перейдите в режим дополненной реальности. Постройте графики следующих квадратичных функций:



Рисунок 9. QR-код на материалы к Заданию 2

$$y = x^2 - 4x + 3$$

$$y = -2x^2 - 2x + 1$$

$$y = 9x^2 + 0,5x$$

$$y = -3,5x^2 + 2 - 3$$

$$y = -7,5x^2 - 2$$

Используя построенные графики, заполните таблицу:

Таблица 6

Функция	Коэффициенты			Направление ветвей
$y = x^2 - 4x + 3$	a	b	c	
$y = -2x^2 - 2x + 1$				
$y = 9x^2 + 0,5x$				
$y = -3,5x^2 + 2 - 3$				
$y = -7,5x^2 - 2$				

Определите закономерность. Сформулируйте вывод, используя данные таблицы.

Комментарии к заданию:

В режиме AR обучающиеся поочередно строят графики функций, наблюдая за их расположением на одной координатной оси (Рис. 10). Затем, используя готовые чертежи, они заполняют таблицу и, проанализировав ее результаты, приходят к выводу о зависимости направлений ветвей параболы от коэффициента a . Задание можно использовать в 9-ом классе

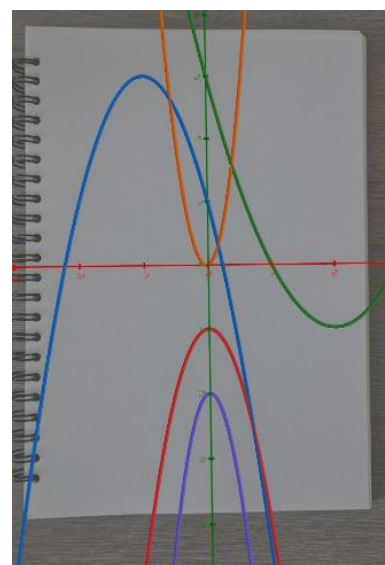


Рисунок 10. Задание 2

при изучении темы: Квадратичная функция, её график и свойства.

Задание 3. На одном чертеже постройте графики трех функций:

1. $y = -(x + 2)^2 + 3$

2. $y = -3x$

3. $y = (x - 1)^3$

Определите, какие из этих функций имеют общие точки.

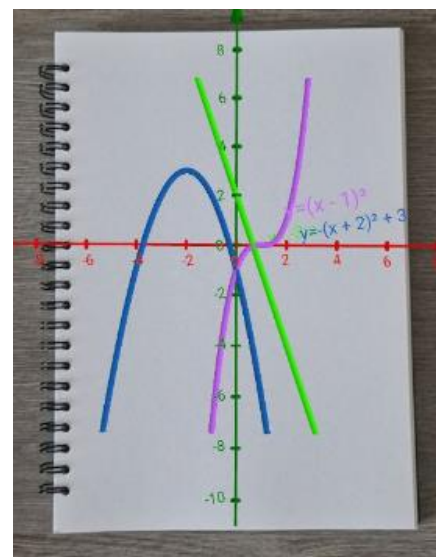
Отсканируйте QR-код и перейдите в приложение GeoGebra 3D with AR в режим AR. По готовому динамическому чертежу к данной задаче проверьте, правильно ли Вы построили графики функций и определили наличие общих точек. Обоснуйте свой ответ.



Рисунок 11. QR-код на материалы к Заданию 3

Комментарии к заданию:

Первым этапом обучающиеся самостоятельно выполняют построения графиков функций и отвечают на вопрос задания. После этого ученики сканируют QR-код и открывают готовый чертеж к задаче в приложении (Рис. 12). С помощью наглядного чертежа учащиеся приходят к выводу о правильности/неправильности своих рассуждений.



Задание можно использовать на уроках алгебры в качестве домашнего задания в 9-ом классе при изучении темы: Графики функций и их свойства.

Рисунок 12. Задание 3

Методические рекомендации:

1. Задание может быть включено в урок дистанционного формата, а также выдано учащимся в качестве домашнего задания.

2. Перед началом выполнения задания учителю необходимо провести вводный инструктаж по работе с приложением GeoGebra 3D with AR.

3. В ходе проведения инструктажа учителю следует акцентировать внимание обучающихся на необходимости корректного определения

масштаба графиков функций до перехода в режим AR. Несоблюдение этого положения может привести к сложностям при последующей настройке масштабирования, что негативно скажется на выполнении заданий.

4. Стоит предусмотреть систему оценивания выполненного задания и обеспечить обратную связь, чтобы понять, каким аспектам необходимо уделить больше внимания и какие улучшения можно внести в задания.

Задание 4. Прочитайте условие задачи: на скрещивающихся прямых a и b отмечены точки A и B соответственно. Плоскость m проведена через прямую a и точку B . Плоскость n проведена через прямую b и точку M .

Ответьте на вопросы:

- а) Лежит ли прямая b в плоскости m ?
- б) Пересекаются ли плоскости m и n ? При положительном ответе укажите прямую, по которой они пересекаются.

Отсканируйте QR-код и перейдите в режим AR в приложении GeoGebra 3D with AR. По готовому динамическому чертежу к данной задаче проверьте, правильно ли Вы ответили на вопросы. Если ответы неверные, укажите причину затруднений и исправьте ее.



Рисунок 13. QR-код на материалы к Заданию 4

Комментарии к заданию:

В первую очередь обучающиеся самостоятельно решают задачу: делают чертеж, проводят рассуждения и т. д. После ответов на вопросы ученики сканируют QR-код и открывают готовый чертеж к задаче (Рис. 14). С помощью наглядного чертежа они приходят к выводу о правильности/неправильности своих рассуждений.

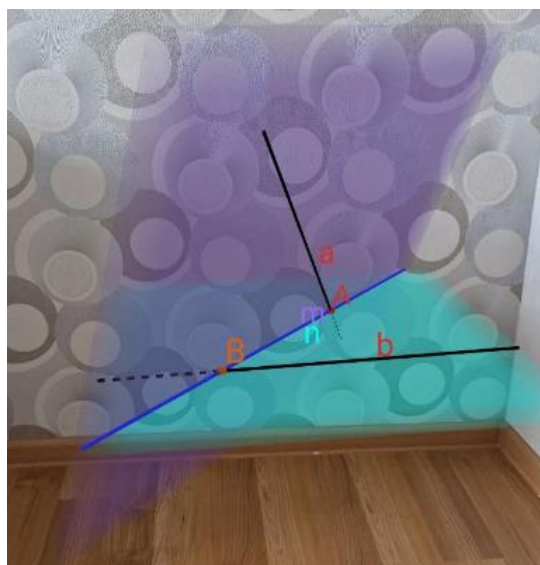


Рисунок 14. Задание 4

Задание можно использовать на уроках геометрии или в качестве домашнего

задания в 10-м классе при изучении темы: Взаимное расположение прямых в пространстве: пересекающиеся, параллельные и скрещивающиеся прямые.

Задание 5. Отсканируйте QR-код и перейдите в режим AR в GeoGebra 3D with AR. Используя динамический рисунок, определите и запишите в *Таблицу 7* следующее:



Рисунок 15. QR-код на материалы к Заданию 5

Таблица 7

А) плоскости, в которых лежат прямые:				
РЕ	МК	DB	AB	EC
Б) точки пересечения:				
прямой DK с плоскостью ABC		прямой CE с плоскостью ADB		
В) точки, лежащие в плоскостях:				
ADB		DBC		
Г) прямые, по которым пересекаются плоскости:				
ABC и DCB		ABD и CDA		PDC и ABC

Комментарии к заданию:

Когда ученики переходят по QR-коду, перед ними появляется 3D-модель пирамиды с отмеченными на ней точками и проведенными через точки прямыми (Рис. 16). Используя данную модель, ученикам нужно определить необходимые элементы и записать их в пустые ячейки таблицы.

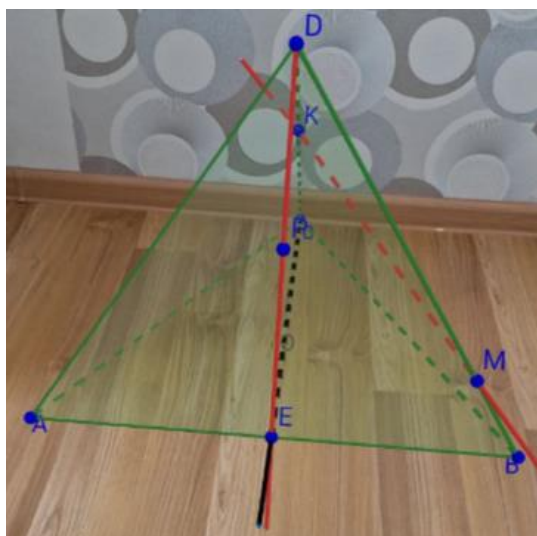


Рисунок 16. Задание 5

Задание можно использовать на первых уроках геометрии или в качестве домашнего задания в 10-м классе при изучении тем: Основные понятия

стереометрии. Точка, прямая, плоскость, пространство. Понятие об аксиоматическом построении стереометрии: аксиомы стереометрии и следствия из них.

Задание 6. Постройте сечение прямоугольного параллелепипеда $ABCDEFGH$ (Рис. 18) плоскостью, проходящей через точку I параллельно плоскости DBG . Отсканируйте QR-код и в режиме дополненной реальности в приложении GeoGebra 3D with AR проверьте правильность построенного Вами сечения.



Рисунок 17. QR-код на материалы к Заданию 6

Если сечение построено не верно, запишите возникшие трудности и пути их решения.

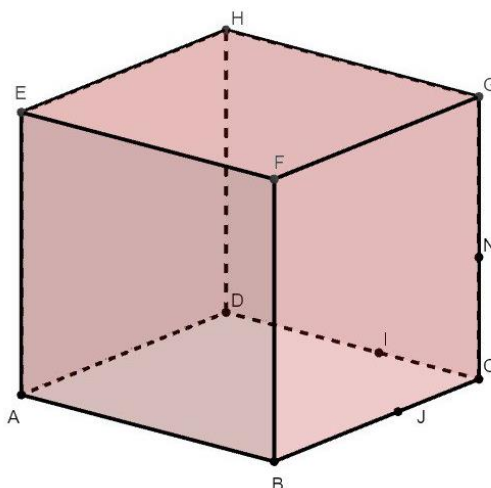


Рисунок 18. Параллелепипед $ABCDEFGH$

Комментарии к заданию:

Первым этапом ученики самостоятельно строят сечение параллелепипеда в тетрадах. После того, как ученики перешли по QR-коду в приложение GeoGebra 3D with AR в режиме дополненной реальности, перед ними появляется динамический чертеж. Используя чертеж, ученики осуществляют самопроверку своей работы, находят ошибки и выписывают пути их решения.

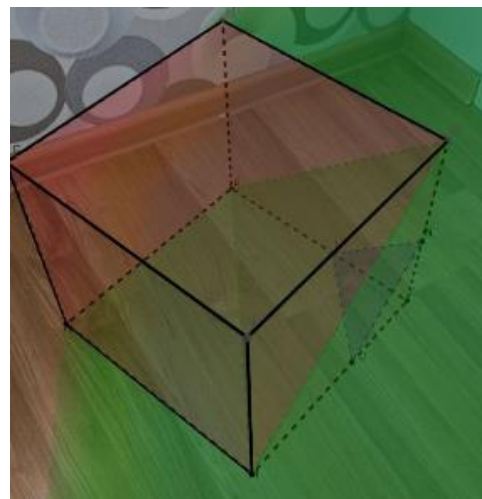


Рисунок 19. Задание 6

Задание можно использовать в 10-ом классе при изучении темы: Построение сечений.

Методические рекомендации:

1. Задание может быть включено в урок дистанционного формата, а также выдано учащимся в качестве домашнего задания.
2. Перед началом выполнения задания учителю необходимо провести вводный инструктаж по работе с приложением GeoGebra 3D with AR.
3. Стоит предусмотреть систему оценивания выполненных заданий и обеспечить обратную связь, чтобы понять, каким аспектам необходимо уделить больше внимания и какие улучшения можно внести в задания.
4. Вдобавок можно модифицировать условия заданий на построение сечений, чтобы обучающиеся выполняли построения сечений непосредственно в самом приложении. В этом случае можно создать специальную электронную форму, куда учащиеся будут загружать свои результаты для проверки.
5. Для более продвинутых учащихся можно предложить дополнительные задания на построение более сложных сечений.

Задание 7. Отсканируйте QR-коды на 3D-модели правильных многогранников. Включите AR-режим в приложении GeoGebra 3D with AR и посчитайте количество граней, вершин и ребер представленных фигур. Данные занесите в таблицу. По таблице определите закономерность, запишите ее в словесной форме и символьном виде.

Таблица 8

<i>Правильный многогранник</i>	<i>QR-код</i>	<i>$G+B$ (где G – число граней, B – число вершин)</i>	<i>P (число ребер)</i>
Тетраэдр	 <i>Рисунок 20. QR-код на 3D-модель тетраэдра</i>		

Гексаэдр (куб)	 <i>Рисунок 21. QR-код на 3D-модель гексаэдра</i>		
Октаэдр	 <i>Рисунок 22. QR-код на 3D-модель октаэдра</i>		
Додекаэдр	 <i>Рисунок 23. QR-код на 3D-модель додекаэдра</i>		
Икосаэдр	 <i>Рисунок 24. QR-код на 3D-модель икосаэдра</i>		

Комментарии к заданию:

Задание можно использовать в 10-ом классе при изучении темы: Теорема Эйлера. Оно направлено на формирование у учащихся устойчивой системы знаний о соотношениях Эйлера для числа рёбер, граней и вершин многогранника, а также видах правильных многогранников, их названиях и количествах граней. Рассмотренные модели многоугольников обеспечивают получение информации, необходимой для успешного выполнения задания. На основе выделенных данных выводится теорема Эйлера о соотношении граней, вершин и ребер правильных многоугольников. Стоит отметить, что задание целесообразно использовать, если у обучающихся отсутствует возможность рассматривать реальные модели многогранников.

Методические рекомендации:

1. Задание может быть включено в урок дистанционного формата, а также выдано учащимся в качестве домашнего задания.
2. Перед началом выполнения задания учителю необходимо провести вводный инструктаж по работе с приложением GeoGebra 3D with AR.
3. Перед выполнением задания учащиеся могут вместе с учителем рассмотреть модель простейшего правильного многоугольника, такую как треугольная пирамида (тетраэдр).
4. В процессе инструктажа учителю необходимо уточнить способ разворачивания модели многогранника: развернуть, растянув его через одну из граней (Рис. 13, 14), или применить инструмент "Развертка".
5. Вдобавок в некоторых учебниках приведены развертки поверхностей правильных многогранников, на основании которых преподаватель может дать учащимся индивидуальные/групповые задания по самостоятельному изготовлению моделей изученных тел и предложить наложить на получившиеся реальные фигуры виртуальные модели многогранников.

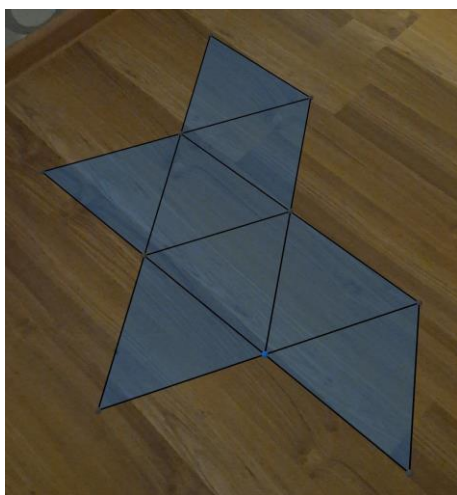


Рисунок 25. Развертка октаэдра



Рисунок 26. Развертка додекаэдра

Информатика

Тема: Основные компоненты компьютера и их функции.

Класс: 7

Задание 1. Прочитайте информацию об устройствах, отсканируйте QR-коды для просмотра 3D моделей устройств. Нажмите на модель и ответьте на

вопрос, появившийся на экране. Выполните письменно задание, представленное в *Таблице 9*.

Таблица 9

Принтер	
Принтер – это устройство печати цифровой информации на твёрдый носитель, обычно на бумагу.	 <i>Рисунок 27. QR-код на 3D-модель принтера</i>
Запишите виды принтеров.	
Наушники	
Наушники – устройство для персонального прослушивания музыки, речи или иных звуковых сигналов.	 <i>Рисунок 28. QR-код на 3D-модель наушников</i>
Запишите отличие наушников от гарнитуры.	
Флешка	
Флешка – относительно небольшое устройство для надежного сохранения и переноса какой-либо цифровой информации (фото, документы, музыка).	 <i>Рисунок 29. QR-код на 3D-модель флешки</i>
Приведете примеры современных носителей информации.	
Клавиатура	
Клавиатура – устройство, представляющее собой набор клавиш (кнопок), расположенных в определённом порядке и позволяющее осуществлять ввод информации в компьютер.	 <i>Рисунок 30. QR-код на 3D-модель клавиатуры</i>
Запишите, на какие группы можно разделить клавиши клавиатуры.	
Компьютерная мышь	
Компьютерная мышь – устройство для управления курсором и отдачи различных команд компьютеру. Управление курсором осуществляется путём перемещения мыши по поверхности стола.	 <i>Рисунок 31. QR-код на 3D-модель компьютерной мыши</i>
Запишите разновидности компьютерной мыши.	

Комментарии к заданию:

Обучающимся необходимо самостоятельно ознакомиться с некоторыми устройствами компьютера, используя мобильные устройства для сканирования QR-кода. При сканировании соответствующих маркеров устройства

визуализируются в трёхмерном формате с возможностью рассмотрения их с разных ракурсов (Рис. 32). После рассмотрения 3D-модели, обучающиеся путем нажатия на виртуальное устройство активируют отображение тестового задания (Рис. 33).



Рисунок 32. AR-элемент к заданию 1

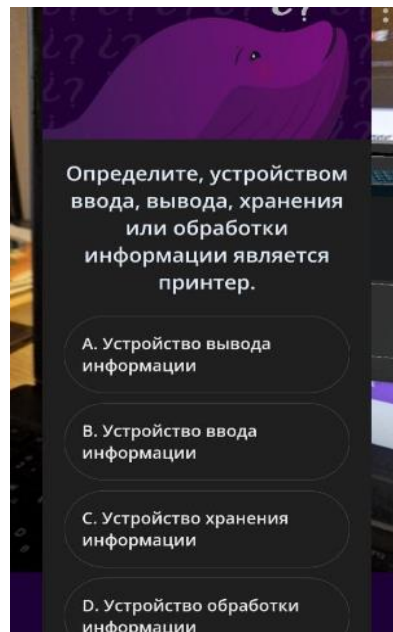


Рисунок 33. Тестовое задание

В зависимости от правильности ответа на экране устройства обучающегося появляется информационное окно с соответствующим музыкальным сопровождением (Рис. 34, 35). Далее ученики возвращаются к выполнению заданию, представленному на карточке. Таким образом, обучающимся предстоит ознакомиться со всеми устройствами.



Упс!

Выбран неверный вариант ответа. Вы можете попробовать снова...

Попробовать снова

Рисунок 34. Окно при неверном выборе ответа



Великолепно!

Вы ответили правильно! Переходите к следующему вопросу

Следующий вопрос

Рисунок 35. Окно при верном выборе ответа

Тема: Основные компоненты компьютера и их назначение.

Класс: 7

Задание 2. Отсканируйте QR-код и наведите камеру устройства на изображение (Рис. 37) для получения доступа к 3D-модели системного блока компьютера (Рис. 38). Посмотрите видеоролик о основных компонентах компьютера и их назначении, нажав на соответствующую иконку в дополненной реальности.



Рисунок 36. QR-код на материалы к Заданию 2



Рисунок 37. Устройства, образующие системный блок

Используя предоставленную информацию, ответьте на вопросы и выполните задания:

1) Выпишите устройства системного блока компьютера, обозначенные цифрами на 3D-модели.

2) Для чего предназначен процессор? Каковы его основные характеристики?

3) Выясните основные характеристики компьютера, к которому вы имеете доступ дома или в школе: характеристика процессора; объем оперативной памяти; объём жесткого диска и/или твердотельного накопителя.

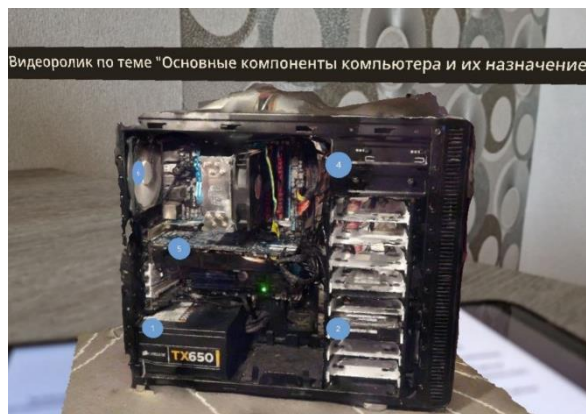


Рисунок 38. AR-элемент к Заданию 2



Рисунок 39. AR-элемент к Заданию 2

Тема: Основные компоненты компьютера и их назначение.

Класс: 7

Задание 3. Отсканируйте QR-код для получения доступа к 3D-модели Commodore 64. Изучите информацию о модели, используя возможности масштабирования и поворота.



Ответьте на вопросы и выполните задания, используя предоставленную информацию:

Рисунок 40. QR-код на материалы к Заданию 3

- 1) Как называются устройства компьютера, которые не входят в состав системного блока?
- 2) Сколько клавиш имеет стандартная клавиатура? Совпадает ли количество клавиш стандартной клавиатуры с той, которую Вы рассмотрели?
- 3) Какие группы клавиш можно выделить на клавиатуре компьютера Commodore 64? Дайте их краткую характеристику.



Рисунок 41. AR-элемент к Заданию 3

Тема: История развития компьютеров и программного обеспечения.

Класс: 7

Задание 4. Отсканируйте QR-коды для получения доступа к 3D-моделям компьютеров. Ознакомьтесь с информацией о каждой модели, нажимая на иконки с цифрами.



Рисунок 42. QR-код на Osborn 1



Рисунок 43. QR-код на IBM PS/2

Используя предоставленную информацию, ответьте на вопросы и выполните задания:

1. К какому поколению относятся представленные модели компьютеров?
2. Определите тип каждой модели компьютера и приведите достоинства и недостатки этих типов.
3. Запишите, какие внешние отличия Вы можете выделить у данных моделей компьютеров.

Комментарии к заданию:

Учащиеся сканируют QR-коды, соответствующие моделям определенных исторических компьютеров, с помощью камеры мобильного устройства, что запускает отображение их 3D-моделей с иконками в дополненной реальности. При нажатии на иконки,

обозначенные цифрами, учащиеся получают информацию о характеристиках и исторических фактах представленной модели (Рис. 44, 45). Используя полученную информацию, учащиеся отвечают на вопросы.

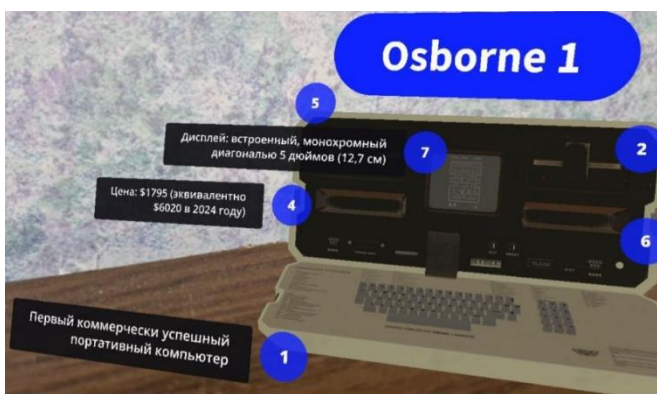


Рисунок 44. AR-элемент к Заданию 4

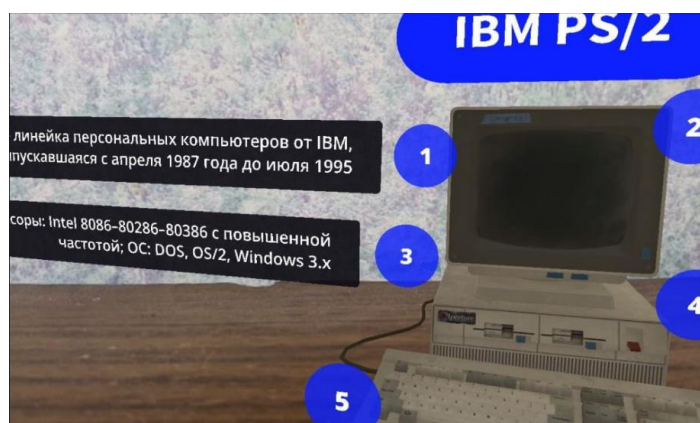


Рисунок 45. AR-элемент к заданию 4

Тема: Основные тенденции развития компьютерных технологий.

Класс: 10

Задание 5. Отсканируйте QR-код для получения доступа к 3D-модели компьютера. Нажмите на иконки с цифрами, расположенные на 3D-модели, чтобы узнать больше сведений о компьютере IBM 1401.



Рисунок 46. QR-код на материалы к заданию 5

Используя предоставленные сведения и информацию из учебника, ответьте на вопросы и выполните задания:

- 1) К какому поколению ЭВМ относится IBM 1401?
- 2) Приведите примеры моделей этого поколения.
- 3) Дайте краткую характеристику этому поколению компьютеров.
- 4) Напишите существенные отличия ЭВМ этого поколения от их предшественников.

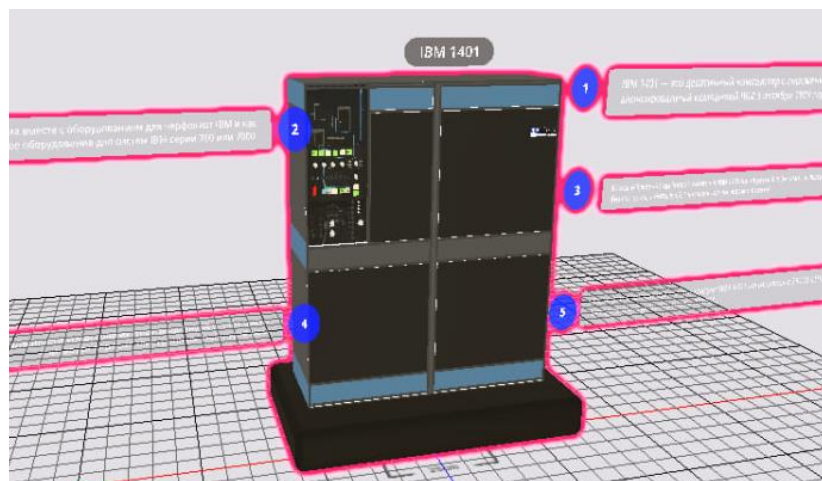


Рисунок 47. AR-элемент к заданию 5

Методические рекомендации:

1. Задания могут быть включены в урок дистанционного формата, а также выдано учащимся в качестве домашнего задания.
2. Перед началом выполнения заданий необходимо провести вводный инструктаж по работе с сервисом или предоставить дополнительные материалы, направленные на ознакомление обучающихся с функционалом используемого сервиса.
3. Предусмотрите реализацию обратной связи для обучающихся после выполнения заданий. Это может быть обсуждение результатов с учителем или обмен мнениями между учащимися, в котором каждый из них может поделиться своими наблюдениями и выводами по проделанной работе.
4. Перед предоставлением заданий обучающимся проведите их тестирование, чтобы убедиться в том, что они работают корректно и способствуют достижению поставленных целей.

Представленный комплекс заданий, включающий элементы дополненной реальности, разработан с целью развития пространственного мышления и повышения восприятия образовательного материала в рамках изучения дисциплин "Математика" и "Информатика" у обучающихся средней и основной школы. В дополнение к заданиям предложены методические рекомендации, направленные на их эффективное использование в образовательном процессе.

2.2 Апробация разработанного комплекса заданий и анализ полученных результатов

Апробация разработанного комплекса материалов была проведена при помощи метода экспертных оценок. В качестве экспертов выступили студенты группы МИ-1931 в составе 10 человек. Цель апробации заключалась в выявлении практического потенциала разработанного комплекса материалов.

Для проведения апробации был использован сервис Google Forms. Экспертной группе требовалось ознакомиться с разработанными материалами, далее пройти анкету, выразив свою степень согласия с утверждениями анкеты,

где 0 – полное несогласие, 5 – полное согласие. В последнем вопросе нужно выбрать вариант ответа «да» или «нет».

Утверждения анкеты:

1. Разработанный комплекс заданий характеризуется новизной.
2. Разработанный комплекс заданий может использоваться на уроках математики/информатики.
3. Разработанные задания сформулированы корректно.
4. Использование технологии дополненной реальности в разработанных заданиях оправдано.
5. Комплекс заданий с элементами дополненной реальности способствуют повышению наглядности учебного материала.
6. Использование заданий комплекса в учебном процессе ориентировано на реализацию требований ФГОС ООО и ФГОС СОО.
7. Задания комплекса соответствуют возрастным особенностям обучающихся.
8. Задания комплекса обладают практической значимостью.
9. Методические рекомендации к комплексу заданий сформулированы корректно и обладают практической значимостью.
10. Рекомендуете ли вы разработанные материалы для использования в учебном процессе?

После проведения анкетирования были получены результаты, представленные в *Таблице 10*.

Таблица 10

Результаты анкетирования

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эксперт 1	5	4	5	5	5	4	5	5	5	да
Эксперт 2	5	5	5	4	5	5	5	4	5	да
Эксперт 3	5	5	4	5	5	5	4	5	4	нет
Эксперт 4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	да
Эксперт 5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	да
Эксперт 6	4	5	5	5	5	4	5	5	5	да
Эксперт 7	5	5	4	5	5	5	5	5	4	да
Эксперт 8	5	4	5	5	5	5	3	5	5	нет
Эксперт 9	5	5	5	5	4	5	5	5	5	да
Эксперт 10	5	5	4	5	5	5	5	5	4	да

Было получено среднее значение всех результатов (Таблица 11).

Таблица 11

Среднее значение результатов анкетирования

№	Утверждение	Среднее значение
1	Разработанный комплекс заданий характеризуется новизной	4,9
2	Разработанный комплекс заданий может использоваться на уроках математики/информатики	4,8
3	Разработанные задания сформулированы корректно	4,7
4	Использование технологии дополненной реальности в разработанных заданиях оправдано	4,8
5	Комплекс заданий с элементами дополненной реальности способствуют повышению наглядности учебного материала	4,8
6	Использование заданий комплекса в учебном процессе ориентировано на реализацию требований ФГОС ООО и ФГОС СОО	4,8
7	Задания комплекса соответствуют возрастным особенностям обучающихся	4,7
8	Задания комплекса обладают практической значимостью	4,8
9	Методические рекомендации к комплексу заданий сформулированы корректно и обладают практической значимостью	4,6
10	Рекомендуете ли вы разработанные материалы для использования в учебном процессе?	80 % – да

Представим полученные результаты в виде диаграмм (Рис. 48, 49).

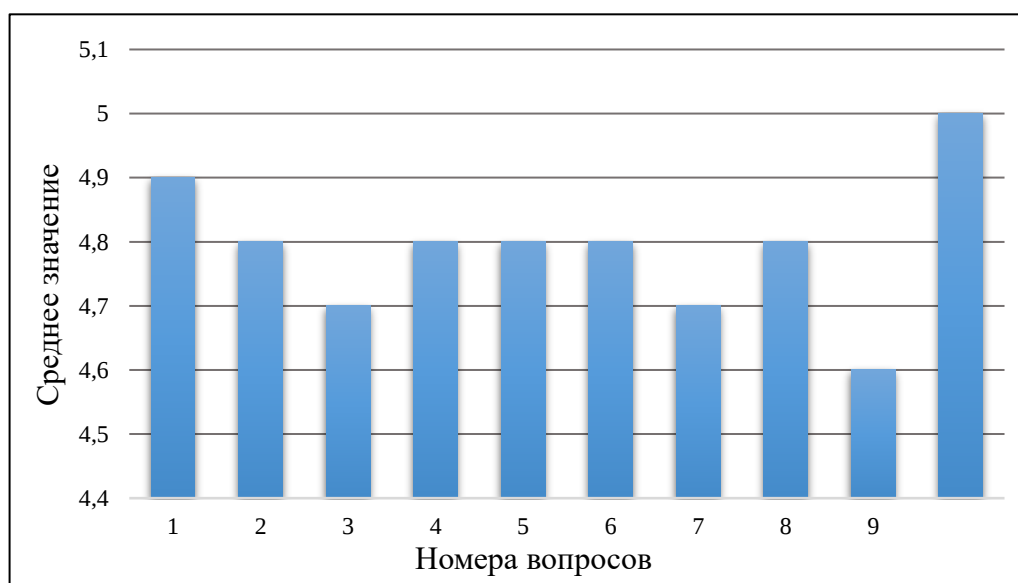


Рисунок. 48. Результаты экспертной оценки

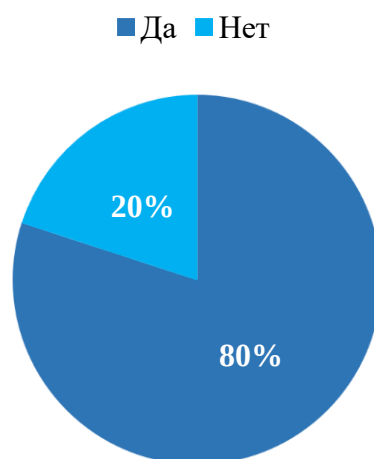


Рисунок. 49. Результаты экспертной оценки на десятый вопрос

Результаты проведения экспертной оценки показали, что разработанный комплекс заданий характеризуется новизной, применимостью на уроках математики и информатики, ориентированностью на реализацию требований ФГОС, соответствием возрастным особенностям учащихся. Большинство экспертов выразили положительное мнение о разработанном комплексе заданий и рекомендуют его для использования в учебном процессе. В связи со всем вышесказанным, можно сделать вывод, что разработанный комплекс заданий обладает практической значимостью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставим результаты исследовательской работы с поставленными задачами и целью ВКР.

1) На основе анализа научно-методической литературы было выбрано определение понятия «дополненная реальность». Под «дополненной реальностью» в нашей работе будем понимать технологию, которая предоставляет множество вспомогательных средств для образовательного процесса, смешивает фактическую реальность с виртуальными объектами, переводит учащегося из роли получателя информации в ее искателя, обогащает учебный материал, делая его более интересным и привлекательным. Для определения сущности дополненной реальности были выделены ее отличия от виртуальной реальности.

2) Проанализирован существующий опыт использования технологии дополненной реальности при обучении школьников математике и информатике, выделены преимущества и недостатки данной технологии.

3) В результате рассмотрения сервисов: cleARmaths, Onirix GeoGebra 3D with AR, ARGUMENT, Web-AR.studio, использующихся для разработки элементов дополненной реальности, был проведен их сравнительный анализ, на основании которого для создания заданий были отобраны сервисы Onirix и GeoGebra 3D with AR.

4) Разработан комплекс заданий с AR-элементами по математике и информатике для обучающихся средней и основной школы, а также предложены методические рекомендации по их применению в образовательном процессе.

5) Методом экспертной оценки была проведена апробация разработанного комплекса заданий с элементами дополненной реальности и предложенных к нему методических рекомендаций. Проанализировав ответы экспертов предложенной анкеты, был сделан вывод о практической значимости представленных в работе материалов.

Таким образом, все задачи данной работы выполнены, следовательно, можно считать, что цель достигнута.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aldalalah, O. M. Effect of Augmented Reality and Simulation on the Achievement of Mathematics and Visual Thinking Among Students / O. M. Aldalalah, Z. Ababneh, A. Bawaneh, W. Alzubi // International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET). – 2019. – vol. 14(18), – pp. 164-185. – DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i18.10748> (дата обращения: 15.03.2024).
2. Ban Hassan Majeed, Effect of Augmented Reality Technology on Spatial Intelligence among High School Students / Ban Hassan Majeed, H. T. ALRikabi // International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET). – 2022. – vol. 17(24). – pp. 131-143. – DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i24.35977> (дата обращения: 11.02.2024).
3. Bulut, M. A systematic literature review on augmented reality in mathematics education / M. Bulut, R. Borromeo Ferri // European Journal of Science and Mathematics Education. – 2023. – vol. 11(3). – pp. 556-572. – DOI: <https://doi.org/10.30935/scimath/13124> (дата обращения: 04.04.2024).
4. Cetintav, G. The Effect of Augmented Reality Technology on Middle School Students' Mathematic Academic Achievement Self-Regulated Learning Skills, and Motivation / G. Cetintav, R. Yilmaz // Journal of Educational Computing Research. – 2023. – vol. 61(7), – pp. 1483-1504. – DOI: <https://doi.org/10.1177/07356331231176022> (дата обращения: 20.03.2024).
5. Cruz, A., Paredes, H., Martins, P. A Proposal of a Classification Scheme to a Survey of Augmented Reality for Education and Training / A. Reis, J. Barroso, J. B. Lopes, T. Mikropoulos, CW. Fan (eds) // Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education. TECH-EDU 2020. Communications in Computer and Information Science. – 2021. – vol. 1384. – pp. 519-531. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73988-1_42 (дата обращения: 15.03.2024).
6. Elsayed, S. A. Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students / S. A. Elsayed, H. I. Al-Najrani // Eurasia Journal of Mathematics, Science

and Technology Education. – 2021. – vol. 17(8). – DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/11069> (дата обращения: 11.02.2024).

7. Lai, J. W. Adoption of Virtual and Augmented Reality for Mathematics Education: A Scoping Review / J. W. Lai, K. H. Cheong // IEEE Access. – 2022. – vol. 10(1). – pp. 13693-13703. – URL: https://www.researchgate.net/publication/358095244_Adoption_of_Virtual_and_Augmented_Reality_for_Mathematics_Education_A_Scoping_Review (дата обращения: 15.03.2024).

8. Rabbi, I. A Survey of Augmented Reality Challenges and Tracking. / I. Rabbi, S. Ullah // ACTA GRAPHICA Journal for Printing Science and Graphic Communications. – 2013. – vol. 24(1-2), – pp. 29-46. – URL: https://www.researchgate.net/publication/236461845_A_Survey_of_Augmented_Reality_Challenges_and_Tracking (дата обращения: 07.01.2024).

9. Sirakaya, M. Investigating Student Attitudes toward Augmented Reality / M. Sirakaya, E. Kiliç Çakmak // Malaysian Online Journal of Educational Technology. – 2019. – vol. 6(1). – pp. 30-44. – URL: <https://www.learntechlib.org/p/188664/> (дата обращения: 11.02.2024).

10. Widada, W. Augmented Reality assisted by GeoGebra 3-D for geometry learning. / W. Widada, D. Herawaty, K. U. Nugroho, A. Anggoro // Journal of Physics: Conf. ser. 1731. – 2021. – URL: https://www.researchgate.net/publication/348491497_Augmented_Reality_assisted_by_GeoGebra_3-D_for_geometry_learning (дата обращения: 08.03.2024).

11. Zhao, X. Leading Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in Education: Bibliometric and Content Analysis From the Web of Science (2018–2022) / X. Zhao, Y. Ren, K. S. L. Cheah // Sage Open. – 2023. – vol. 13(3). – DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440231190821> (дата обращения: 20.03.2024).

12. Абляев, М. Р. Критерии оценивания приложений дополненной реальности / М. Р. Абляев, А. Н. Аблякимова, З. С. Сейдаметова // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2020. – Т. 20, №4. – С. 414-421. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/criteria-of-evaluating-augmented-reality-applications> (дата обращения: 12.05.2024).

13. Аджеева, Э. Р. Использование цифровых технологий в образовании / Э. Р. Аджеева, Ш. Эргашева // Лучшие практики общего и дополнительного образования по естественно-научным и техническим дисциплинам : Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАН К.А. Валиева, Елабуга, 19 января 2024 года. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – С. 14-17. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=61942434&pff=1> (дата обращения: 11.03.2024).

14. Азевич, А. И. Модели использования иммерсивных технологий обучения в деятельности учителя информатики / А. И. Азевич // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2021. – Т. 18, №2. – С. 152-161. – URL: <https://elibrary.ru/synvxb?ysclid=lxq0feay30118296217> (дата обращения: 12.05.2024).

15. Алексеева, О. В. Возможности развития личности школьников в иммерсивной образовательной среде / О. В. Алексеева, Н. В. Александрова, Т. П. Скворцова, Д. Я. Бурцева – Текст : электронный // Вестник ТГПУ. – 2023. – №5(229). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-razvitiya-lichnosti-shkolnikov-v-immersivnoy-obrazovatelnoy-srede> (дата обращения: 31.05.2024).

16. Бакин, М. В. Иммерсивные технологии в развитии социальной эмпатии и образования / М. В. Бакин – Текст : электронный // МНИЖ. – 2020. – №10-2(100). – С. 16-19. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/immersivnye-tehnologii-v-razvitii-sotsialnoy-empatii-i-obrazovaniya> (дата обращения: 31.05.2024).

17. Балущкина, А. А. Дополненная реальность: определение, классификация и область применения / А. А. Балущкина – Текст : электронный // Молодая мысль: наука, технологии, инновации : Материалы XIV (XX) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Братск, 04-08 апреля 2022 года. – Братск: Братский

государственный университет, 2022. – С. 246-250. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49365584&pff=1> (дата обращения: 05.05.2024).

18. Блинова, Т. Л. Технологии виртуальной и дополненной реальности в обучении математике / Т. Л. Блинова, К. Ю. Наймушина, И. Е. Подчинов // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании : Материалы VII Международной научной конференции, Красноярск, 19-22 сентября 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2023. – С. 165-168. – URL: <https://elibrary.ru/cwdhfhf?ysclid=lxm110cn7k302621295> (дата обращения: 11.03.2024).

19. Буракова, М. С. Возможности использования технологии дополненной реальности в образовании / М. С. Буракова – Текст : электронный // Цифровые, компьютерные и информационные технологии в науке и образовании : Сборник статей Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 01-02 ноября 2023 года. – Брянск: Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, 2023. – С. 127-132 – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=qsfulk> (дата обращения: 01.03.2024).

20. Волков Б. С. Психология подростка : учебное пособие / Б. С. Волков. – М. : Академический проект, 2017. – 240 с. – Текст : непосредственный.

21. Выготский Л. С. Психология развития человека. – М. : Изд-во Смысл; Изд-во Эксмо, 2005. – 1136 с., ил.

22. Газейкина, А. И. Применение элементов дополненной реальности в процессе обучения школьников математике и информатике / А. И. Газейкина, А. Э. Новикова // Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий. – 2023. – № 8. – С. 130-143. – URL: <https://elibrary.ru/gopfwn> (дата обращения: 12.05.2024).

23. Гриншкун, А. В. Возможности использования технологий дополненной реальности при обучении информатике школьников / А. В. Гриншкун – Текст : электронный // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и

информатизация образования. – 2014. – № 3(29). – С. 87-93. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22762200&ysclid=lxm0zlun7m470805394> (дата обращения: 07.01.2024).

24. Гриншкун, А. В. Терминологические особенности изучения технологии дополненной реальности при обучении информатике / А. В. Гриншкун – Текст : электронный // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2016. – №4(38). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/terminologicheskie-osobennosti-izucheniya-tehnologii-dopolnennoy-realnosti-pri-obuchenii-informatike> (дата обращения: 10.05.2024).

25. Дементьева, А. В. Дополненная реальность в учебном процессе / А. В. Дементьева, И. А. Откупщикова, К. Н. Реськов – Текст : электронный // Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования : Электронный сборник статей по материалам XLII студенческой международной научно-практической конференции. Т. 7(42) : Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга". – 2018. – С. 112-118. – URL: [https://si-bas.info/archive/meghdis/7\(42\).pdf](https://si-bas.info/archive/meghdis/7(42).pdf) (дата обращения: 23.09.2023).

26. Дутко, Ю. А. Особенности развития познавательных процессов подростков поколения z / Ю. А. Дутко – Текст : электронный // Евразийский Союз Ученых. – 2019. – №7-3(64). – С. 22-25. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-poznavatelnyh-protssessov-podrostkov-pokoleniya-z> (дата обращения: 31.05.2024).

27. Епифанцева, В. А. Особенности использования системы GeoGebra в процессе обучения / В. А. Епифанцева – Текст : электронный // Общество: социология, психология, педагогика. – 2020. – №12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-sistemy-geogebra-v-protssesse-obucheniya> (дата обращения: 09.06.2024).

28. Заславская, О. Ю. Подходы к построению системы оценивания результатов обучения на основе применения технологии дополненной виртуальности / О. Ю. Заславская, С. Н. Буеракова // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2022. – №3(61). – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-postroeniyu-sistemy-otsenivaniya-rezultatov-obucheniya-na-osnove-primeneniya-tehnologii-dopolnennoy-virtualnosti> (дата обращения: 25.04.2024).

29. Зенкина, С. В. Использование информационных образовательных технологий в условиях внедрения новых стандартов общего образования / С. В. Зенкина, О. П. Панкратова – Текст : электронный // Информатика и образование. – 2014. – № 7(256). – С. 93-95. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22589450&ysclid=lxm2kcve2w915166594> (дата обращения: 02.03.2024).

30. Зильберман, Н. Н. Возможности использования приложений дополненной реальности в образовании / Н. Н. Зильберман, В. А. Сербин – Текст : электронный // Открытое и дистанционное образование. – 2014. – № 4(56). – С. 28-33. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22704226&ysclid=lxm2isxr7r268557768> (дата обращения: 02.03.2024).

31. Иванова, А. В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения / А. В. Иванова – Текст : электронный // CPPM. – 2018. – №3(108). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-vozmozhnosti-i-prepyatstviya-primeneniya> (дата обращения: 19.04.2024).

32. Калимуллина, О. В. Иммерсивные технологии в образовании: психологическое и технологическое погружение / О. В. Калимуллина, М. А. Егорова // Лучшие практики общего и дополнительного образования по естественно-научным и техническим дисциплинам : Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАН К.А. Валиева, Елабуга, 19 января 2024 года. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – С. 176-181. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=61479274> (дата обращения: 01.03.2024).

33. Калинина, А. И. Сущность терминов "виртуальная", "дополненная" и "смешанная" реальности / А. И. Калинина – Текст : электронный //

Интернаука. – 2019. – № 20-1(102). – С. 53-54. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38567518> (дата обращения: 10.02.2024).

34. Кирьянов, А. Е. Технологии дополненной реальности в сфере образования / А. Е. Кирьянов, Р. М. Йылмаз, Д. В. Маслов [и др.] – Текст : электронный // Инновации. – 2020. – № 5(259). – С. 81-88. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=SBPTSB> (дата обращения: 07.01.2024).

35. Корниенко, Т. В. Использование дополненной реальности в школьном печатном издании / Т. В. Корниенко, А. А. Потапов – Текст : электронный // КПЖ. – 2018. – №1 (126). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dopolnennoy-realnosti-v-shkolnom-pechatnom-izdanii> (дата обращения: 19.04.2024).

36. Корнилов, Ю. В. К вопросу о терминологии и классификации иммерсивных технологий в образовании / Ю. В. Корнилов, А. А. Попов – Текст : электронный // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – №68-2. – С. 171-174. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-terminologii-i-klassifikatsii-immersivnyh-tehnologiy-v-obrazovanii> (дата обращения: 12.02.2024).

37. Кравченко, Ю. А. Особенности использования технологии дополненной реальности для поддержки образовательных процессов / Ю. А. Кравченко, А. А. Лежебоков, С. В. Пашенко – Текст : электронный // Открытое образование. – 2014. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-tehnologii-dopolnennoy-realnosti-dlya-podderzhki-obrazovatelnyh-protsessov> (дата обращения: 18.04.2024).

38. Левицкий, М. Л. Подходы к трансформации содержания и методов обучения учащихся основной школы в условиях использования технологии дополненной виртуальности / М. Л. Левицкий, О. Ю. Заславская – Текст : электронный // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2021. – №4(58) – С. 7-15 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-transformatsii-soderzhaniya-i-metodov-obucheniya-uchaschihsya-osnovnoy-shkoly-v-usloviyah-ispolzovaniya-tehnologii> (дата обращения: 11.02.2024).

39. Литвиненко, Н. В. Психология виртуального пространства: анализ проблемы / Н. В. Литвиненко, И. Г. Литвиненко – Текст : электронный // Гуманитарные науки. – 2023. – №2(62). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologiya-virtualnogo-prostranstva-analiz-problemy> (дата обращения: 01.06.2024).

40. Маколкина, М. А. Разработка и исследование комплекса моделей трафика и методов оценки качества для дополненной реальности : специальность 05.12.13 "Системы, сети и устройства телекоммуникаций" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Маколкина Мария Александровна. – Санкт-Петербург, 2020. – 436 с.

41. Маслова, Ю. А. Технологии дополненной реальности / Ю. А. Маслова, Ю. С. Белов – Текст : электронный // E-Scio. – 2022. – №2(65). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-dopolnennoy-realnosti> (дата обращения: 05.05.2024).

42. Михайлюк, Ю. В. Экспрессивные синтаксические конструкции как основные параметры речевого портрета школьника / Ю. В. Михайлюк – Текст : электронный // Научная мысль Кавказа. – 2013. – №1(73). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekspressivnye-sintaksicheskie-konstruktsii-kak-osnovnye-parametry-rechevogo-portreta-shkolnika> (дата обращения: 02.06.2024).

43. Мухаметзянова, Ф. Г. Размышления о новых поколениях обучающихся и особенности поколения альфа в глобальном образовании / Ф. Г. Мухаметзянова, К. И. Степанова – Текст : электронный // Глобальная экономика и образование. – 2021. – №2. – С. 42-49. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razmyshleniya-o-novyh-pokoleniyah-obuchayuschihsya-i-osobennosti-pokoleniya-alfa-v-globalnom-obrazovanii> (дата обращения: 31.05.2024).

44. Николаенко, В. М. Развитие познавательных способностей поколения Z / В. М. Николаенко – Текст : электронный // Вестник СГУПС: гуманитарные исследования. – 2021. – №3(11). – С. 103-108. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-poznavatelnyh-sposobnostey-pokoleniya-z>
(дата обращения: 31.05.2024).

45. Нуриахметов, Д. Д. Цифровые технологии в учебно-воспитательном процессе / Д. Д. Нуриахметов // Лучшие практики общего и дополнительного образования по естественно-научным и техническим дисциплинам : Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАН К.А. Валиева, Елабуга, 19 января 2024 года. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – С. 439-441. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=61942530> (дата обращения: 11.03.2024).

46. Расторгуева, А. И. Дополненная реальность как метод преподавания математики / А. И. Расторгуева // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2023) : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 04-06 декабря 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2023. – С. 80-81. URL: – <https://elibrary.ru/item.asp?id=59885923&pff=1> (дата обращения: 01.03.2024).

47. Сапа, А. В. Поколение z – поколение эпохи ФГОС / А. В. Сапа – Текст : электронный // Инновационные проекты и программы в образовании. – 2014. – №2. – С. 24-30. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokolenie-z-pokolenie-epohi-fgos> (дата обращения: 31.05.2024).

48. Селиванов, В. В. Влияние кратковременных дидактических программ в виртуальной реальности на связь образного и понятийного мышления и памяти / В. В. Селиванов, П. В. Сорочинский, В. Ю. Капустина – Текст : электронный // ПНиО. – 2022. – №2(56). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-kratkovremennyh-didakticheskikh-programm-v-virtualnoy-realnosti-na-svyaz-obraznogo-i-ponyatiynogo-myshleniya-i-ramyati> (дата обращения: 31.05.2024).

49. Смолин А. А. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности : учебное пособие / А. А. Смолин, Д. Д. Жданов, И. С. Потемин [и

др.] – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2018. – 59 с. – Текст : непосредственный.

50. Солдатова, Г. У. Эффект Юлия Цезаря: типы медиамногозадачности у детей и подростков / Г. У. Солдатова, С. В. Чигарькова, А. А. Дренева [и др.] // Вопросы психологии. – 2020. – Т. 66. № 4. – С. 54-69.

51. Суворова Е. Ю. Образовательный потенциал дополненной реальности / Е. Ю. Суворова – Текст : электронный // Известия ВГПУ. – 2021. – №4(157). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnyy-potentsial-dopolnennoy-realnosti> (дата обращения: 20.03.2024).

52. Таран, В. Н. Применение дополненной реальности в обучении / В. Н. Таран – Текст : электронный // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – №60-2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-dopolnennoy-realnosti-v-obuchenii> (дата обращения: 15.04.2024).

53. Тахаев, У. Р. Применение виртуальной и дополненной реальности в российском высшем образовании / У. Р. Тахаев, А. У. Менциев, Р. И. Алиев // Ползуновский альманах. – 2023. – №3. – С. 140-141.

54. Темнова, Л. В. Влияние виртуального пространства на коммуникацию представителей поколений z и y / Л. В. Темнова, М. М. Медникова – Текст : электронный // Теория и практика общественного развития. – 2017. – №11. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-virtualnogo-prostranstva-na-kommunikatsiyu-predstaviteley-pokoleniy-z-i-y> (дата обращения: 31.05.2024).

55. Третьякова, В. С. Цифровое поколение: потери и приобретения / В. С. Третьякова, Н. Г. Церковникова – Текст : электронный // Профессиональное образование и рынок труда. – 2021. – №2 (45). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-pokolenie-poteri-i-priobreteniya> (дата обращения: 31.05.2024).

56. Шпенглер, А. В. Анализ теоретических подходов к определению категории "дополненная реальность" / А. В. Шпенглер, А. Н. Дажинова //

Актуальные вопросы современной экономики. – 2021. – № 12. – С. 91-96. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=aikmbc> (дата обращения: 11.02.2024).

57. ЮНЕСКО. Структура ИКТ-компетентности учителей. Рекомендации ЮНЕСКО/ Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании // Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры. – 2019. – URL: https://studylib.ru/doc/6225086/ict-kompetentnost._-yunesco-cft-version-3-russian-1?ysclid=lxndi50u64266607188 (дата обращения: 31.10.2023).

58. Яковлев Б. С. Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности / Б. С. Яковлев, С. И. Пустов – Текст : электронный // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-i-perspektivnye-napravleniya-ispolzovaniya-tehnologii-dopolnennoy-realnosti> (дата обращения: 11.02.2024).

59. Яковлев, Б. С. История, особенности и перспективы технологии дополненной реальности / Б. С. Яковлев, С. И. Пустов – Текст : электронный // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – №3. – С. 479-484.