

Денис Владимирович Соломатин

Омский государственный педагогический университет, кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры математики и методики обучения математике, Омск, Россия
e-mail: solomatin_dv@omgpu.ru

О применении в обучении математике технологических систем дополненной и виртуальной реальности

Аннотация. Указанные в заголовке технологии, несомненно, стали сверхактуальными в цифровую эпоху. Они востребованы ныне не столько в военной и оборонной сфере, сколько в сфере развлечений и обучения. Несмотря на многомиллиардные оценки оборотов данной индустрии, в статье пойдет речь о том, как использовать столь передовые технологии на уроках математики в отечественных школах.

Ключевые слова: системы виртуальной реальности, системы дополненной реальности, системы смешанной реальности, системы расширенной реальности, наглядность в обучении математике, CalcPlot3D, Cardboard.

Denis V. Solomatin

Omsk State Pedagogical University, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Omsk, Russia
e-mail: solomatin_dv@omgpu.ru

On the Use of Augmented and Virtual Reality in Teaching Mathematics

Abstract. The technologies mentioned in the title are undoubtedly super-relevant in the digital age. They are now in demand not as much in the military and defense sphere as in entertainment and training. Despite the multibillion-dollar estimates of the turnover of this industry, the article will discuss how to use such advanced technologies in mathematics lessons in domestic schools.

Keywords: systems of virtual reality, system of augmented reality, system of mixed reality, system of extended reality, visualization in teaching mathematics, CalcPlot3D, Cardboard.

Введение (Introduction)

В современном мире немислимо обучение без применения передовых цифровых технологий. В силу того, что конкретными решениями транснациональные корпорации не спешат делиться, у школьного учителя-энтузиаста может сложиться ложное впечатление о том, что системы дополненной и виртуальной реальности — это нечто хорошее, полезное, но очень дорогостоящее и крайне недоступное. Опровергнем сей миф.

Методы (Methods)

Для развертывания учебной лаборатории по стереометрии в VR нам понадобился лишь стационарный компьютер, имеющий доступ к сайту CalcPlot3D [1], с предустановленным приложением VideoLAN, бюджетный ноутбук для трансляции формируемого изображения по локальной Wi-Fi-сети и ученические смартфоны, не имеющие особых характеристик в рамках проекта Google Cardboard [2]. Для создания точки доступа из локальной Wi-Fi-сети в консоли операционной системы выполняются специальные команды, после этого на стационарном компьютере с доступом к интернет осу-

ществляется проброс необходимых портов. Далее остается запустить скринкаст на стационарном компьютере и открыть в браузере онлайн-приложение CalcPlot3D, в главном меню которого переключение режима картинки осуществляется выбором 3D Options / VR Stereo Pair. В смартфоны на базе Android устанавливается видеоплеер актуальной версии, из которого смартфоны подключаются к транслируемому в локальной сети видеоряду с экрана компьютера. Даже без широкополосного доступа в интернет можно заранее записывать видеотрансляцию или слайд-шоу и просматривать их на смартфоне при помощи специализированного приложения. В простейшем случае высококачественная профессиональная панорамная видеозапись на 180° или 360° всегда может быть адаптирована к просмотру в разрешении экрана типового смартфона консольной командой. Схематично получившаяся система представлена на рисунке.

Рассмотрим теперь некоторые этапы проектирования, генерации и преобразования «онлайнной», динамической, визуализационной исследовательской деятельности. Сфокусируемся на одном цифровом ресурсе CalcPlot3D, но осветим его применение с разных точек зрения.

© Соломатин Д. В., 2022

Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования, 2022, № 2 (35), с. 214–218.
Review of Omsk State Pedagogical University. Humanitarian Research, 2022, no. 2 (35), pp. 214–218.

Инструмент генерации VR-контента на экране компьютера



Инструмент захвата видеоконтента с экрана и трансляции его по Wi-Fi-сети



Инструмент воспроизведения VR-контента на маломощных смартфонах в Google Cardboard

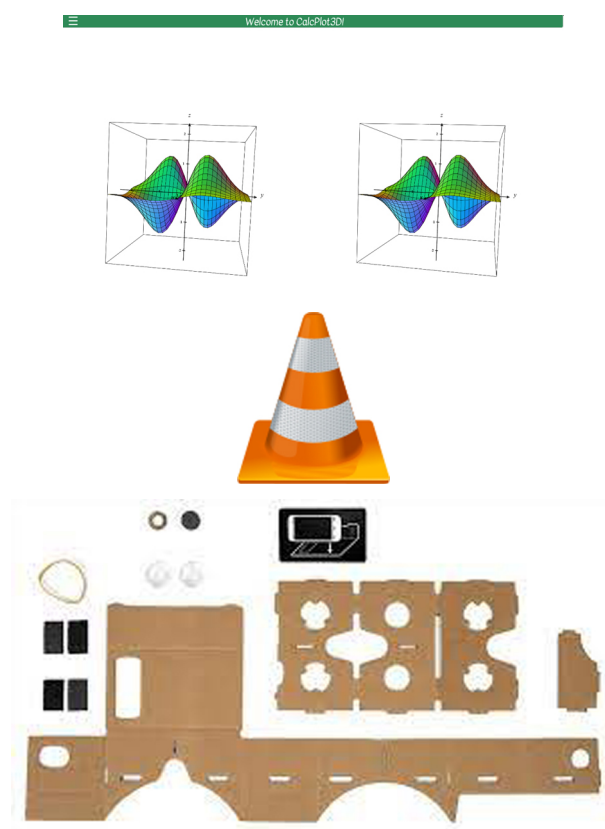


Схема VR-трансляции математических абстракций

При разработке обучающего онлайн-ресурса следует учитывать не только целевую аудиторию, но и само математическое содержание, связанные с этим педагогические вопросы и задачи технической реализации. Способы представления контента, когда контент входит в учебную программу (включая предварительные знания, ожидаемые от студентов), распространенные ошибки учащихся, системные требования (связанные с совместимостью программного обеспечения) и типы цифровых устройств, которые могут быть использованы, — это лишь некоторые из проблем, которые разработчик должен учитывать. Для преподавателей и учителей применение VR-иллюстраций в классе может привлечь внимание к таким педагогическим факторам, как типы деятельности, подходящие для преподавания конкретного материала с использованием конкретной технологии и особенности социализации ученика в классе. Тем не менее принятие новых методик на вооружение также должно повлечь за собой рефлексии в отношении понимания материала преподавателем (особенно когда онлайн-инструмент позволяет решать задачи исследовательского плана), предпочтений в выборе педагогических стратегий и знаний о технологических платформах (включая особенности аппаратного обеспечения и разных браузеров), которые будут использоваться для поддержки выбранного онлайн-инструмента. Кроме того, многие математические, педагогические и технологические вопросы, которые

следует учитывать учителю, пересекаются друг с другом. Разработчики дидактических материалов и преподаватели, использующие готовый ресурс, могут иметь значительные различия в своих знаниях математики, педагогики и технологии (и представлении тесных связей между ними), которые усложняют итоговую реализацию, но эти же аспекты используются разработчиком для улучшения создаваемого онлайн-инструмента.

Литературный обзор (Literature Review)

Общий обзор литературы, связанной с математическим содержанием, педагогикой и технологиями, приводит к выводу о приоритете социально-конструктивистского взгляда современников [3] на то, что интеграция цифровых технологий в математический класс изменила как форму, так и содержание передачи математических знаний между поколениями. С помощью современных технологий студенты развивают мультирепрезентативные взгляды на математику и почти кинематическое понимание абстрактного учебного материала. Поэтому описания проблем в обучении и внедрении онлайн-инструментов подчеркивают трудности, связанные с различными формами представления и визуализации VR-контента. Одно из направлений, в котором изменилась природа математического знания, заключается в том, что современные технологии позволяют студентам манипулировать высокоуровневыми математическими

абстракциями как материальными объектами и наблюдать устойчивые закономерности. На практике студент легче усваивает понятие, когда воспринимает инвариантные отношения между его характеристическими признаками, особенностями, т. е. такими аспектами или условиями, которые необходимы для понимания учебного материала. Например, к основным характеристикам векторов и их смешанного произведения относятся длина, направление, угол между двумя векторами, расположение векторов и относительная ориентация двух векторов. VR-технология, по мнению многих авторов, ослабила математическую составляющую, позволяя студентам буквально играть с фундаментальными идеями перед выполнением рутинных алгебраических выкладок, визуализировать динамические отношения и связывать формальную и неформальную математику. Манипулируя математическим объектом для наблюдения его свойств, учащиеся могут плавно перейти от догадок и предположений к формализации математического понятия. При изучении смешанного произведения это означает, что студентам не нужно знать, как вычисляется это произведение, нет необходимости расшифровывать символьные обозначения, чтобы получить некоторое сведения о ключевой идее, например о влиянии изменения угла между векторами и их длины на величину смешанного произведения, или прогнозировать и наблюдать изменение результата на основе изменения направлений перемножаемых векторов.

Наконец, любому цифровому ресурсу присущи такие технологические характеристики, как портативность, доступность, взаимосвязанность и интуитивно понятный пользовательский интерфейс, которые могут влиять на выбор методики преподавания и процесс обучения. В связи с ограничением объема статьи мы не сможем рассмотреть здесь все связанные с ними вопросы, упомянем лишь тот факт, что они раскрываются в специализированной литературе [4; 5]. Предоставление преподавателям определенной свободы действий для генерирования новых задач и создания удачных визуализаций приводит к большому разнообразию типов и уровней педагогических вариантов учебной деятельности. Например, предложение студентам использовать две пары векторов с одинаковым внутренним углом, но отсеять при этом произведения противоположно направленных векторов можно считать нововведением учебной деятельности со значительной степенью конструктивного подхода и активного участия студентов.

Векторы регулярно представляются как в средней школе, так и в старших классах. Учащиеся не будут шокированы расчетной формулой для вычисления смешанного произведения векторов, если предварительно выполнят виртуальный эксперимент. Студенты тоже могут запутаться, например, в выборе одного из многих условий применимости правила правой руки, что может привести к неправильному исполнению этого правила. Одним из источников ошибки с правилом правой руки может быть то, что учащиеся не видят различий между относительными ориентациями двух векторов. Другими словами, учащиеся могут безрезультатно пытаться различить ориентацию пары векторов на плоском рисунке и допускать прочие типовые ошибки [6]. Чтобы помочь студентам смягчить некоторые из затруднений,

которые они испытывают с правилом правой руки, уместна наглядная AR-визуализация.

Помимо педагогических проблем, которые возникают из содержания курса, усложняют обучение математике и технологически обусловленные проблемы. Это вытекает из отношения студентов к применяемой технологии, их способностей к пространственному рассуждению и визуализации, а также из ряда аппаратных или программных ограничений. Студенты, как правило, не ставят под сомнение результаты работы компьютера. Тем не менее даже в работе с цифровыми математическими ресурсами, которые прошли строжайшее тестирование, всё еще существуют ограничения с точки зрения точности вычислений, графических сбоев в особых точках и т. д., которые могут в лучшем случае запутать, а в худшем — ввести студента в заблуждение. Кроме того, студенты могут формировать ошибочные или нежелательные навыки путем использования передовых технологий. Поэтому преподавателям и учителям важно иметь технологическое, педагогическое и математическое понимание для уверенного овладения этими ситуациями.

В то время как исследователи не сходятся во мнении относительно того, насколько хорошо мультипрезентационные среды поддерживают обучение студентов, одним из общих моментов является тот факт, что все учащиеся имеют определенные особенности. В частности, студенты-аудиалы и кинестетики противятся визуализациям и пространственным рассуждением о векторах в трех измерениях, в отличие от дискретов, которым вовсе достаточно формального представления. Кроме того, сложные учебные задачи, связанные с разными представлениями исходных данных, имеют определенное преимущество при использовании на уроке. Например, в то время как инструменты онлайн-визуализации предоставляют учащимся наглядную систему отсчета, аналогичную используемой преподавателем на классной доске при объяснении правила правой руки, онлайн-визуализация может препятствовать передаче знаний и формированию навыков в момент переключения между различными носителями информации, в частности, между экраном смартфона в шлеме виртуальной реальности и тетрадным листом.

Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

Чтобы облегчить разработку инструментов онлайн-визуализации, перечислим области, требующие пристального внимания: 1) выбор оптимальной формы представления данных; 2) какие операции стоит применять к представлению данных для получения соответствующей информации о предметной области; 3) как выбрать соответствующее представление; 4) как построить соответствующее представление; 5) как соотнести разные представления одних и тех же данных. Наши исследования по пониманию студентами азов векторной алгебры показывают, что у студентов есть трудности в каждой из этих областей: 1) студенты путают синтаксис и семантику, и не различают графические отношения для пары векторов; 2) студенты, как правило, ненадлежащим образом применяют операции и идеи из школьного курса тригонометрии и ошибочно измеряют угол между двумя векторами

как имеющий отрицательное значение или как угол более 180° , могут также путать покомпонентное Адамарово произведение векторов со скалярным, а смешанное произведение вычислять как скалярное или вовсе векторное; 3) современные студенты не используют контекстные подсказки для того, чтобы разобраться в интерпретации векторных диаграмм, и они, как правило, полагаются на формулы в своих решениях, даже если формула не нужна для поиска ответа на стоящую перед ними задачу; 4) студенты не осознают необходимости перемещения векторов с помощью параллельного переноса для графического построения суммы двух векторов или реализации смешанного произведения; 5) студенты также могут ошибаться при интерпретации системы векторов, когда элементы заданы в разных форматах (например, есть векторы, представленные графически, символически, численно или расположены в физическом контексте).

Разнообразный опыт и знания учителей математики, наряду с другими факторами, такими, как их рабочая среда и потребности обучающихся, влияют на то, как именно онлайн-ресурс фактически реализуется в классе. Учителя в конечном итоге выбирают, как именно использовать онлайн-ресурс, основываясь на своих предпочтениях и потребностях, а не на намерениях авторов различных интерактивных учебников или руководства. Поэтому методист должен быть готов к этим сложностям, связанным с применением онлайн-ресурса в офлайн-классах, и должен понимать возможности преподавателей в процессе проектирования курса, когда они выбирают и адаптируют понравившийся ресурс к текущим обстоятельствам и потребностям. В то время как редкое исследование рассматривает приложения конкретной сферы динамической визуализации к обучению стереометрии, предлагаемые методы в достаточной мере универсальны, поскольку они демонстрируют фундаментальный подход, связанный с циклом проектирования и развертыванием образовательных онлайн-ресурсов и базовых моделей применения образовательных ресурсов на уроках математики. Современные исследования могут использоваться для информирования о разработке новых инструментов онлайн-обучения, чтобы помочь учителям, опасаясь внедрения новых технологий, подготовить их к работе в цифровом мире. Наконец, на теоретическом уровне важна согласованность двух сфер: инструментальной оснащенности и педагогических знаний для обучения в области информационно-коммуникационных технологий.

В то время как самостоятельное изучение новых технологий имеет одним из следствий ограничение объема и доступности возможных обобщений, существуют определенные преимущества, специфические для академического образования. Анализ документации имеющихся на сегодняшний день решений в сферах VR/AR/MR/XR охватывает достаточно широкие временные рамки, начиная с 1970-х гг., что позволяет изучить не только один вариант или одну версию онлайн-ресурса, но и то, как этот ресурс изменяется с течением времени. Обратная связь от студентов способствовала оценке эффективности применения онлайн-

ресурсов и послужила стимулом для внесения изменений в образовательный процесс на протяжении десятилетий. Систематические исследования служили катализатором для дальнейшего обсуждения не только того, как повысить эффективность применения CalcPlot3D, но и как улучшить понимание студентами основных стереометрических концепций.

Заключение (Conclusion)

Одним из недостатков предлагаемого инструментария, который наблюдали многие, было то, что описанные технологии могут оказаться недостаточными для охвата всех методологий, используемых преподавателями в гибридных онлайн-курсах, доступных с мобильных телефонов или планшетов. Предлагаемая методика первоначально разрабатывалась на основе наблюдения за обучающимися в офлайн-аудиториях, но, очевидно, существуют различия между офлайн- и онлайн-курсами. Например, на протяжении нескольких лет разработки онлайн-курсов на образовательном портале становятся заметны регулярно меняющиеся способы предоставления студентам видеоуроков и гипертекстовых рекомендаций в формате PDF о том, как использовать внешние ресурсы, что больше соответствует категории технической документации, не имеющей отношения к основному математическому содержанию курса. Они существенно различаются для нескольких версий используемого онлайн-ресурса, в отличие от демонстрации работы с традиционными офлайн-инструментами, циркулем и линейкой. Другой недостаток касается вопроса доступности интернета для студентов и принципиальных ограничений виртуального общения. Стоит ли оценивать продуктивность преподавателя, находящегося в одной аудитории со студентами, направляющего работу группы, которую он наблюдает, и готового ответить студенту, поднимающего руку по тем же нормативам, что и виртуального помощника?

Наш опыт указывает на необходимость дальнейших исследований потенциала обучения в онлайн-средах. Поскольку возможность использования учебных приложений на мобильных телефонах и планшетах сравнительно нова, у начинающих преподавателей и разработчиков еще не было возможности изучить, как это может повлиять на учеников. Планы уроков с использованием сотового телефона или планшетов приводят к самым неожиданным результатам. Поэтому в ближайшем будущем могут потребоваться исследования на более широкой выборке учителей и преподавателей для выявления новых закономерностей или уточнения существующих методик применения интерактивных инструментов при использовании мобильного телефона или планшета вместо стационарного компьютера.

Материалы статьи были апробированы на I Национальной научно-практической конференции «Перспективные направления развития современного образования и науки» 8–9 февраля 2022 г. в Уфе, проводимой на базе башкортостанского государственного педагогического университета имени М. Акмуллы.

Библиографический список

1. Front // CalcPlot3D Help : [сайт]. URL: <https://c3d.libretexts.org/CalcPlot3D/CalcPlot3D-Help/front.html> (дата обращения: 24.02.2022).
2. Google Cardboard : [сайт]. URL: <https://arvr.google.com/cardboard/> (дата обращения: 24.02.2022).
3. Seeburger P. // CalcPlot3D : [сайт]. URL: <https://c3d.libretexts.org/CalcPlot3D/index.html> (дата обращения: 24.02.2022).
4. Далингер В. А. Избранные вопросы информатизации школьного математического образования : моногр. М. : Флинта, 2016. 150 с.
5. Teaching and Learning Mathematics Online / J. P. Howard, J. F. Beyers. Boca Raton : CRC Press, 2021. 438 p.
6. Далингер В. А. Анализ типичных ошибок, допускаемых в курсе алгебры и начал анализа // Математика в школе. 1998. № 6. С. 13–18.

References

- Dalinger V. A. (1998) Analiz tipichnykh oshibok, dopuskaemykh v kurse algebrы i nachal analiza [Analysis of Typical Mistakes Made in the Course of Algebra and the Beginning of Analysis]*, *Matematika v shkole [Mathematics at School]**, no. 6, pp. 13–18. (in Russian)
- Dalinger V. A. (2016) *Izbrannye voprosy informatizatsii shkol'nogo matematicheskogo obrazovaniya [Selected Issues of Informatization of School Mathematics Education]**. Moscow, Flinta Publ., 150 p. (in Russian)
- Front, *CalcPlot3D Help*. Available at: <https://c3d.libretexts.org/CalcPlot3D/CalcPlot3D-Help/front.html> (accessed: 24.02.2022). (in English)
- Google Cardboard*. Available at: <https://arvr.google.com/cardboard/> (accessed: 24.02.2022). (in Russian)
- Howard J. P., Beyers J. F. (2021) *Teaching and Learning Mathematics Online*. Boca Raton, CRC Press, 438 p. (in English)
- Seeburger P. (2020) *CalcPlot3D*. Available at: <https://c3d.libretexts.org/CalcPlot3D/index.html> (accessed: 24.02.2022). (in English)

*Перевод названий источников выполнен автором статьи / Translated by the author of the article.