

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИММЕРСИВНЫХ СИСТЕМ В ИНДУСТРИИ И МЕДИЦИНЕ

Лешкович С.С., Красовская Д.Ю.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Марамыгина Т.А. – ст. преподаватель кафедры ИКТ

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ использования технологий виртуальной реальности в промышленном и медицинском секторах по состоянию на 2026 год. Рассмотрены технические особенности внедрения VR-симуляторов в Республике Беларусь и международный опыт использования дихоптической визуализации в нейрореабилитации. Особое внимание уделено алгоритмическим аспектам построения иммерсивных сред.

Ключевые слова: виртуальная реальность, процедурная память, дихоптрический рендеринг, промышленная безопасность

Введение. Виртуальная реальность (VR) – это ехнология, которая погружает человека в полностью цифровой мир, где можно взаимодействовать с объектами почти как в реальности. К 2026 году VR сильно выросла: из простых «посмотреть и поиграть» она превратилась в серьёзные симуляторы, которые реально влияют на работу мозга и когнитивные способности. В нашем докладе мы сравнили, как VR применяют в Беларуси и в мире – особенно в двух направлениях: промышленность и медицина (реабилитация, терапия). Интересно, что несмотря на разные сферы, в основе всех этих проектов лежат очень похожие технические принципы создания цифрового контента. Например, в промышленных тренажёрах РУП «Витебскэнерго» (у них есть крутой VR-комплекс «Виртуальная подстанция») главное – добиться максимальной реалистичности картинки. Здесь используют специальные алгоритмы физически правильного рендеринга, чтобы оборудование выглядело точно, как настоящее. Это критично, когда человек учится диагностировать неисправности или отрабатывает действия в опасных условиях – ошибка может дорого стоить. А в медицинских приложениях, например, в системах для лечения амблиопии (ленивого глаза), фокус совсем другой. Здесь важно точно разделять картинку между глазами: одному показывают ярче/чётче, другому – с пониженным контрастом или с маской части изображения. Это называется дихоптическая стимуляция – она заставляет мозг заново учиться работать обоими глазами вместе, активируя зрительную кору по-новому. Получается, что VR уже давно вышла за рамки просто «красивой визуализации». Теперь это инструмент, который напрямую воздействует на биологию человека – тренирует мозг, восстанавливает зрение, учит навыкам в безопасной среде.

Основная часть. В начале 2026 года в Республике Беларусь отмечается формирование собственного комплекса технологических решений в области иммерсивного обучения. Ключевой особенностью является модель инноваций «снизу вверх», где инженерные инициативы специалистов адаптируются под государственные задачи безопасности.

Наглядным примером является VR-тренажер МЧС, разработанный для обучения детей поведению в чрезвычайных ситуациях [1]. Система генерирует критические сценарии: пожары в жилых помещениях, грозовую активность и дезориентацию в лесных массивах. Практическая ценность и значимость проекта заключается в том, что VR-тренажер позволяет довести действия до автоматизма. Вместо заучивания правил безопасности, человек многократно проживает ситуацию в виртуальной среде. Это задействует процедурную память – механизм, отвечающий за формирование устойчивых навыков. В результате у человека вырабатывается своего рода «мышечная память» на правильные действия в экстремальной ситуации. То есть в реальной опасности мозг не будет тратить время на раздумья, а сработает автоматически, воспроизводя уже отработанный в виртуальной реальности сценарий, что критически важно для сохранения самообладания в чрезвычайных ситуациях.

В промышленном секторе особого внимания заслуживает разработка предприятия «Витебскэнерго» – специализированная обучающая среда по охране труда [2]. Проект основывается на принципе преобладания виртуального опыта над реальным. Суть его проста: прежде чем человек получит доступ к работе с опасным высоковольтным оборудованием, он должен доказать свое мастерство в безопасном цифровом пространстве. Такой подход позволяет новичку совершать ошибки, не подвергая риску свое здоровье или дорогое оборудование. Программа имитирует производственную ситуацию, а автоматизированная система оценивает поведение сотрудника. Только после того, как все алгоритмы действий (от проверки заземления до последовательности переключений) будут подтверждены безупречным результатом в очках виртуальной реальности, специалист допускается к работе на реальном объекте. Важно подчеркнуть, что этот проект является примером полной технологической независимости. Весь программный код, логика сценариев и трехмерные модели оборудования созданы белорусскими инженерами и методистами. Это не просто копия зарубежных аналогов, а продукт, учитывающий специфику наших энергообъектов и национальные стандарты безопасности.

Однако потенциал подобных разработок выходит далеко за рамки промышленности, поскольку создание любой иммерсивной системы – это прежде всего решение сложнейших задач в области компьютерной графики. Если в тренажерах для энергетиков инженеры делают ставку на физически корректную визуализацию (так называемый метод PBR), то в мировой клинической медицине те же графические технологии используются для прямого воздействия на здоровье человека. Ярким примером такого подхода является метод раздельного (дихоптического) вывода изображения, который успешно применяется для лечения амблиопии. Амблиопия – заболевание, известное как «ленивый глаз» [3]. Технически ее лечение реализуется через глубокую настройку графического конвейера: программа разделяет видеопоток на этапе формирования изображения. Вместо одного стандартного кадра система создает два независимых буфера кадра – Eye Buffers. Благодаря этому становится возможным дифференцированный вывод графики: в буфер левого глаза передаются одни элементы сцены, а в буфер правого – другие, дополняющие их. Например, в специализированных версиях игры «Тетрис» один глаз видит только падающие фигуры, а другой – только стакан, в который их нужно поместить. Такое искусственное разделение картинки заставляет мозг активно включаться в работу и объединять два изображения. Этот процесс стимулирует естественную пластичность мозга и постепенно восстанавливает полноценное объемное зрение. Последние научные данные за 2025-2026 годы подтверждают высокую эффективность таких тренировок: всего за 10-20 часов занятий в виртуальной реальности острота зрения пациентов повышается. Таким образом, графические алгоритмы, которые создавались для визуализации, превращаются в действенный инструмент нейрореабилитации.

Помимо офтальмологии, технологии виртуальной реальности показывают впечатляющие результаты в лечении сложных неврологических состояний, таких как болезнь Паркинсона [4]. Опираясь на последние клинические отчеты за начало 2026 года, использование VR-тренажеров позволяет значительно улучшить двигательную активность пациентов. Это происходит во время создания игровых сценариев, требующих от человека точно скоординированных движений в виртуальном пространстве. Например, пациенту необходимо обходить препятствия или ловить виртуальные объекты. Благодаря высокой частоте обновления кадров и точному отслеживанию движений рук и ног, мозг получает мгновенную визуальную обратную связь. Это стимулирует создание новых нейронных связей в обход поврежденных участков мозга. Статистика подтверждает: у группы пациентов, регулярно проходивших VR-тренинги, наблюдается значимое улучшение координации и скорости ходьбы. Инженерная ценность таких систем заключается в возможности настройки под каждого человека, что превращает обычный шлем виртуальной реальности в полноценный медицинский аппарат. Это еще раз доказывает, что иммерсивное программное обеспечение – это не просто визуальная оболочка, а инструмент глубокого воздействия на биологические процессы организма.

Особое место в современной медицине 2026 года занимает использование виртуальной реальности для борьбы с фантомными болями [5]. Это состояние, при котором человек продолжает чувствовать мучительную боль в ампутированной конечности, возникает из-за

«ошибки» в работе головного мозга: он посылает сигналы к отсутствующей руке или ноге и, не получая ответа, интерпретирует это молчание как сигнал сильной боли. Инженерное решение этой проблемы: пациент надевает VR-шлем, в котором создается точная копия его тела. С помощью датчиков движения система отслеживает жесты здоровой конечности и зеркально отображает их на месте отсутствующей в виртуальном пространстве. Когда человек видит в цифровом мире свою «восстановленную» руку, которая плавно двигается и выполняет команды, его мозг получает визуальное подтверждение того, что конечность на месте и с ней всё в порядке. Этот процесс, называемый протоколом целевой нейрореабилитации (TBR), буквально «перепрошивает» нейронные связи. Статистика начала 2026 года показывает, что уровень боли у пациентов снижается примерно в два раза – с 4.9 до 2.4 баллов по международным шкалам. Таким образом, виртуальная реальность является не просто как визуальным аттракционом, а своего рода «цифровым обезболивающим», позволяя пациентам возвращаться к нормальной жизни без тяжелых медикаментов.

Заключение. К началу 2026 года в Республике Беларусь сформировалась устойчивая технологическая база для развития иммерсивных систем. Проекты в сфере промышленной и общественной безопасности уже доказали свою эффективность. Они работают на уровне мировых стандартов. И хотя задачи у инженеров-энергетиков и медиков радикально различаются, их объединяет общая технологическая основа: использование эффекта присутствия для формирования устойчивых навыков и управление графическим контентом.

Тот опыт, который был получен при разработке тренажеров для МЧС и энергосектора, открывает реальные перспективы для создания отечественных медицинских VR-платформ. Мы научились использовать виртуальную реальность для визуализации сложных технологических процессов, следовательно, использование VR-технологий в медицине – это лишь вопрос времени. Дальнейший прогресс в этой области зависит не только от мощности графических процессоров, но и от тесного взаимодействия инженеров, врачей и педагогов. Именно такой состав команды позволит превратить виртуальную реальность из простого средства визуализации в по-настоящему нужный инструмент для развития человека.

Список литературы

1. Мину-центр безопасности «Центр 112» открылся в Гродно / *Новости Гродно* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.grodnoplustv.by/index.php/novosti/item/24073-mini-tsentr-bezopasnosti-tsentr-112-otkrylsya-v-grodno>. Дата доступа: 01.03.2026.
2. Виртуальную систему обучения охране труда презентовали в «МНТКО» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vitebskbelproftrans.by/virtualnuyu-sistemu-obucheniya-ohrane-truda-prezentovali-v-mitso.html>. Дата доступа: 02.03.2026
3. Hess, R.F. Dichoptic training enables binocular vision in adults with amblyopia / R.F. Hess, B. Thompson, G. Baker // *Current Biology*. – 2013. – Vol. 23, № 9. – P. 826-831 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23618662/>. Дата доступа: 04.03.2026
4. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. VR training in Parkinson's disease: randomized controlled trial/J. Yu., J. Wu [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12984-023-01256-y>. Дата доступа: 04.03.2026
5. *Journal of Hand Therapy*. Targeted Brain Rehabilitation (TBR) protocol for phantom limb pain/ Calvin C. Chandler, Ryan P. Serbin [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130\(25\)00202-9/Annotation](https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130(25)00202-9/Annotation). Дата доступа: 04.03.2026

UDC 004.946:614.8:615.825

APPLIED ASPECTS OF IMMERSIVE SYSTEMS IN INDUSTRY AND MEDICINE

Leshkovich S.S., Krasovskaya D.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radio electronics, Minsk, Republic of Belarus

Maramygina T.A. – senior lecturer at the department of ECG

Annotation. The paper provides a comparative analysis of the use of virtual reality technologies in the industrial and medical sectors as of 2026. Technical features of the implementation of VR simulators in the Republic of Belarus and international experience in using dichoptic rendering in neurorehabilitation are considered. Particular attention is paid to the algorithmic aspects of constructing immersive environments.

Keywords: virtual reality, immersiveness, procedural memory, dichoptic rendering, industrial safety