

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ КОНВЕЙЕРА МАЗ

*Болбас К.В., Сакович А.П., Щербин Я.Ф.*

*Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Усенко Ф.В. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ*

**Аннотация.** Статья посвящена разработке VR-симулятора сборочного конвейера МАЗ. Рассматриваются этапы создания, включая 3D-моделирование, текстурирование и разработку интерактивных элементов, обеспечивающих пользовательское взаимодействие. Описаны преимущества виртуального обучения для освоения производственных навыков, а также технические аспекты реализации на базе Unity и XR Interaction Toolkit, с акцентом на тестирование и оптимизацию.

**Ключевые слова:** VR, сборочный конвейер, МАЗ, 3D моделирование, Unity, XR Interaction Toolkit, автомобильная индустрия.

**Введение.** С развитием технологий виртуальной реальности (VR) открываются новые возможности для обучения и погружения в различные сферы человеческой деятельности, включая производственные процессы. В последние годы VR становится неотъемлемой частью образовательных технологий и практического обучения. Особенно актуально использование VR в таких областях, как автомобильная индустрия, где важно продемонстрировать сложные технологические процессы, такие как сборка автомобилей. В данной статье рассматривается проект, в рамках которого был разработан интерактивный симулятор сборочного конвейера МАЗ на основе технологий виртуальной реальности. Создание такого симулятора позволяет не только продемонстрировать производственные процессы, но и улучшить обучение и подготовку специалистов, предоставляя им возможность взаимодействовать с процессами без необходимости физического присутствия на заводе. Актуальность темы обусловлена быстрым развитием VR-технологий и их применением для создания инновационных образовательных решений.

**Основная часть.** Процесс создания VR-симулятора сборочного конвейера МАЗ состоит из нескольких ключевых этапов, каждый из которых требует внимательной проработки и использования специализированных инструментов. Важно отметить, что проект направлен на создание не просто визуальной репрезентации сборочного процесса, но и полноценной интерактивной среды, которая позволяет пользователю не только наблюдать, но и активно участвовать в процессе сборки, что значительно улучшает восприятие материала.

Одним из первых этапов разработки было создание трехмерных моделей объектов, которые должны были быть включены в симулятор. Для этого использовались такие программы, как Autodesk Maya [1] и MakeHuman [2], которые предоставляют мощные инструменты для моделирования и текстурирования. Сначала была создана базовая структура завода и сборочного конвейера, которая включала в себя основное оборудование и рабочее окружение.

Моделирование 3D объектов начиналось с простых геометрических фигур, таких как кубы и цилиндры, которые постепенно усложнялись, приобретая формы, соответствующие реальным деталям конвейера и рабочим местам на производственной линии. В процессе моделирования особое внимание уделялось деталям, таким как механизмы конвейера, инструменты для сборки, а также рабочие зоны, чтобы создать как можно более точную репрезентацию реального конвейера МАЗ.

После этого для всех созданных объектов была выполнена UV-развертка (рисунок 1) и текстурирование с использованием программы Substance 3D Painter [3]. Это программное

обеспечение позволило создать реалистичные текстуры для различных объектов, включая материалы, такие как металл, пластик и резина, а также обеспечить соответствующее освещение и отражения. Основная задача заключалась в том, чтобы текстуры выглядели натурально и правдоподобно, создавая тем самым у пользователя ощущение нахождения в реальной производственной среде.



Рисунок 1 – UV-развертка с детальным текстурированием

Важной частью разработки симулятора стало создание интерактивных элементов, позволяющих пользователю взаимодействовать с объектами внутри виртуальной среды. Для этого использовался плагин XR Interaction Toolkit в Unity [4], который предоставляет обширные возможности для реализации механик виртуальной и дополненной реальности. XR Interaction Toolkit включает в себя компоненты, отвечающие за взаимодействие с объектами, их захват и перемещение, а также создание анимаций взаимодействий.

Один из ключевых элементов симулятора — это возможность пользователю собирать компоненты автомобиля МАЗ. Для этого были написаны скрипты, которые позволяли объектам «взаимодействовать» друг с другом, например, присоединять болты к колесам или устанавливать различные элементы кузова на раму. Для реализации этой механики использовался компонент XR Grab Interactable, который позволяет виртуальным объектам «захватываться» пользователем и двигаться в пространстве. На объекты, которые должны были быть соединены, был добавлен скрипт XR Socket Interactor, который управляет их соединением в процессе сборки.

Процесс сборки был также сопровождается анимациями, созданными с использованием Unity Animator. Когда пользователь взаимодействует с объектами, система проверяет условия для выполнения анимаций, например, соединение деталей или движение механизмов. Для того чтобы собрать автомобиль, пользователь должен последовательно установить все его компоненты, а в конце будет проигрываться анимация завершения сборки автомобиля, включающая движение колес и кузова. Этот процесс создает эффект «настоящей» сборки, позволяя пользователю ощутить себя частью процесса.

Одним из важнейших этапов разработки проекта стало программирование взаимодействий и геймплейных механик, таких как управление конвейером, перемещение объектов и активация различных процессов. Для этого были созданы скрипты, которые отвечали за перемещение объектов по конвейеру, а также за взаимодействие пользователя с элементами производства.

Например, для работы с конвейером была создана переменная Rigidbody, которая позволила динамически управлять движением объектов по конвейеру. Важным моментом в этом процессе было программирование скорости перемещения объектов и изменение их направления в зависимости от взаимодействий пользователя. Для симуляции конвейерного процесса была использована переменная скорости, которая определяла, с какой скоростью объекты перемещаются по виртуальной линии.

Важным элементом является создание системы для взаимодействия с различными деталями автомобиля, включая автоматическое прикрепление болтов и установку деталей на раму. Для этого был использован скрипт XR Grab Interactable, а также дополнительные компоненты, такие как AttachTransform, которые управляют тем, как объекты поднимаются,

размещаются и соединяются. Эта система помогает имитировать реальный процесс сборки и учит пользователей правильно располагать и соединять компоненты.

После создания всех основных моделей и механик наступил этап интеграции в Unity. В процессе интеграции особое внимание было уделено настройке взаимодействий между объектами, правильному позиционированию моделей и применению текстур. Все эти элементы должны были быть точно настроены, чтобы обеспечить правильную работу симулятора и взаимодействие пользователей с виртуальной средой.

Параллельно с разработкой происходило тестирование различных аспектов симулятора. Например, проверялась правильность взаимодействий между объектами, корректность анимаций и взаимодействий, а также производительность симулятора на различных устройствах VR. Это тестирование позволило устранить возможные ошибки и улучшить общую производительность приложения.

Последним этапом был реализован скрипт, отвечающий за анимацию движения автомобиля после завершения сборки. Когда все компоненты автомобиля соединяются, запускается анимация, которая представляет движение автомобиля по виртуальному конвейеру. Эта анимация дополняет процесс и делает его более увлекательным и интерактивным. Важно отметить, что анимации и скрипты были настроены таким образом, чтобы взаимодействие с конвейером было интуитивно понятным для пользователей, а процесс сборки автомобиля был четким и последовательным.

**Заключение.** Виртуальная реальность открывает новые горизонты в обучении, особенно в таких сферах, как автомобилестроение. Разработка VR-симулятора сборочного конвейера МАЗ позволяет эффективно обучать специалистов, предоставляя возможность интерактивного взаимодействия с процессами сборки без необходимости физического присутствия на заводе. Проект включает создание детализированных моделей, текстур, анимаций и взаимодействий, что позволяет не только теоретически освоить процесс, но и развить практические навыки. Такой подход способствует улучшению качества обучения и подготовки кадров, а также открывает возможности для дальнейшего развития и внедрения инновационных образовательных решений.

### Список литературы

1. Autodesk Maya [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2026/ENU/>. Дата доступа: 22.03.2025.
2. MakeHuman [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.makehumancommunity.org/wiki/Documentation:Index>. Дата доступа: 22.03.2025.
3. Substance 3D Painter [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://helpx.adobe.com/substance-3d.html>. Дата доступа: 22.03.2025.
4. Unity User Manual 2022.3 (LTS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html>. Дата доступа: 22.03.2025.

UDC 004.946

## USE OF VIRTUAL REALITY FOR ASSEMBLY PROCESS SIMULATION ON THE EXAMPLE OF MAZ CONVEYOR BELT

*Bolbas K.V., Sakovich A.P., Shcherbin Y.F.*

*National Children's Technopark, Minsk, Republic of Belarus*

*Usenko Ph.V. – Master of Sci., Assistant of the Department of EPE*

**Annotation.** The article is devoted to the development of VR-simulator of MAZ assembly line. The stages of creation are considered, including 3D modeling, texturing and development of interactive elements that provide user interaction. The advantages of virtual learning for mastering production skills are described, as well as technical aspects of implementation based on Unity and XR Interaction Toolkit, with a focus on testing and optimization.

**Keywords:** VR, assembly line, MAZ, 3D modeling, texturing, interactive elements, Unity, XR Interaction Toolkit, automotive industry.