

# РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ТЕНИ ПРОИЗВОДСТВА В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИЙ И ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

**Чумак Ростислав Русланович**

Инженер, ФГАОУ ВО Московский государственный  
технологический университет «Станкин»  
chumakrr@gmail.com

## DEVELOPMENT OF A DIGITAL SHADOW OF PRODUCTION IN A VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT FOR DEMONSTRATIONS AND TRAINING OF PROCESS PERSONNEL

**R. Chumak**

*Summary.* The article discusses the development of a digital shadow of production in a virtual reality environment for demonstrations and training of technological personnel. The concept of a digital twin as a virtual model of a real production process is presented. The structure of interaction between the production process and the simulator, which includes data reading, control, and visualization modules, is described. The implementation of the system based on Unity using Blender and Fusion for creating models is presented.

*Keywords:* digital shadow, virtual reality, training, technological equipment.

*Аннотация.* В статье рассматривается разработка цифровой тени производства в среде виртуальной реальности для демонстраций и обучения технологического персонала. Представлена концепция цифрового двойника как виртуальной модели реального производственного процесса. Описана структура взаимодействия производственного процесса с тренажером, включающая модули чтения данных, управления и визуализации. Приведена реализация системы на базе Unity с использованием Blender и Fusion для создания моделей.

*Ключевые слова:* цифровая тень, виртуальная реальность, обучение, технологическое оборудование.

Тренажеры в средах виртуальной реальности зарекомендовали себя, как эффективный инструмент для обучения техники безопасности на предприятиях. Они позволяют обучающемуся полностью погрузиться в процесс обучения, что способствует получению практических знаний и навыков на более высоком уровне: позволяют увидеть устройство оборудования принципы его работы и, кроме этого, обучающийся способен получить смежные навыки по технике безопасности (например, в случаях чрезвычайной ситуации или поломке оборудования) [1].

Основным преимуществом виртуальной реальности является эффективность обучения с полным погружением в процесс, уменьшение затрат и времени (в сравнении с тренажерами физическими) и возможность контроля уровня полученных знаний с помощью дополнительных сценариев: VR-тренажер может самостоятельно давать оценку обучающемуся. Предприятия, внедрившие такую технологию, добиваются значительного снижения числа производственных травм и их тяжести, повышения культуры безопасности на производстве [2].

Цифровой двойник — это виртуальная модель или точная копия реального объекта, процесса или системы,

созданная на основе данных с использованием технологий Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ) и анализа данных. Цифровой двойник — это детализированная и точная копия реального объекта или системы, которая может использоваться для мониторинга, анализа, прогнозирования и оптимизации производственных процессов и т.д. [3]. Основная концепция цифрового двойника заключается во взаимосвязи виртуальной среды и среды реальной: реальный объект при помощи датчиков и иных форм передачи данных передает их во внутреннюю среду цифрового двойника. Чаще всего необходимо передавать информацию о использовании или обслуживании. Благодаря этому цифровой двойник объекта способен стать актуальным «отражением» реального, которое способно визуализировать любые изменения, так как опирается на данные, которые получает от реального объекта. Дополнительно эти данные дополняются метаданными и документами по типу отчетов или инструкций, которые создаются на всех стадиях жизненного цикла [4].

При реализации тренажера производства необходимо, в первую очередь, определить его назначение. Всего можно выделить несколько вариантов реализации сценария реализации:

- 1) Демонстрация. В этом случае модель дополняется программой, которая связывает ее с реально существующим технологическим оборудованием или системой ЧПУ. В этом случае модель производства превращается в цифровую тень технологического оборудования, который будет переносить все воздействия на реально существующие станки на себя. Данный способ реализации позволяет изучить основные принципы работы, а при дополнительных настройках — обучить основам техники безопасности [5].
- 2) Симуляция. В этом случае модель дополняется программой, которая связывает ее с абстрактно существующим технологическим оборудованием или системой ЧПУ. В этом случае модель не привязана к реально существующему оборудованию и представляет из себя полноценный симулятор, который обучающийся может полностью контролировать без риска для себя и реально существующего оборудования, что позволит отточить навыки управления, использования и техники безопасности более глубоко.
- 3) Конструктор. В последнем случае модель не привязывается к оборудованию, но её основные элементы дополняются функцией захвата, благодаря чему будут доступны для детального изучения пользователем путем разборки и сборки. Данный вариант позволяет наиболее детально изучить устройство станка для углубленного понимания принципов работы.

Критерии к реализуемому тренажеру заключаются, в основном, в демонстрации работы технологического оборудования, в том числе и такого, как станки с системами ЧПУ. Следовательно, наиболее оптимальным сценарием разработки: режим демонстрации.

Далее необходимо создать 3D модели, совместимые по формату со средой разработки тренажера, придерживаясь основных свойств моделей:

- 1) Адекватность: отражение свойств оригинала (станка) с достаточной точностью. Модель должна отражать основные элементы оборудования, такие как привода и шпиндельные бабки. Подобные элементы должны быть наиболее детализированными и выполненными как отдельные. Такие элементами, как магазин инструментов с самими инструментами или корпус могут быть выполнены с меньшей детализацией кроме уникальных конструкций, для ускорения разработки [6].
- 2) Экономичность: затратность создания модели должна быть оптимально низкой. В случае создания компьютерной модели это будет означать время для её создания, так как физического воплощения нет.
- 3) Потенциальность: возможность получения новых знаний при изучении модели. В случае тренажера

данный параметр будет являться показателем эффективности при обучении оператора.

В случае соблюдения данных «правил» разработанная модель станка будет обладать необходимым и достаточным потенциалом для эффективного обучения оператора.

Структурную схему взаимодействия производственного процесса с тренажером, в таком случае, можно представить следующим образом (см. рис. 1).

Структура состоит из нескольких основных элементов:

- 1) Производственный процесс, работающий независимо от тренажера. Взаимодействие с ним происходит через передачу данных: данные от оборудования различного спектра, уведомления и сигналы передаются через различные протоколы (OPC, MQTT) и в различных форматах (.json, .xml).
- 2) Модуль чтения и обработки данных. Основной функционал данного модуля заключается в отправке запросов в систему ЧПУ на получение данных, их обработка и дальнейшее хранение и отправка в другие модули. Кроме этого, модуль ответственен за вывод ошибок в случае отсутствия данных или некорректной их обработки. Является вспомогательным модулем и может быть активным или неактивным в зависимости от сценария обучения;
- 3) Модуль управления тренажером является основным связующим между всеми другими системами тренажера, включая VR-систему. В его функции входит система запуска, выбора режима и дополнительный модуль передачи данных, передающий полученные модулем чтения и обработки данные в другие модули;
- 4) Модуль визуализации выполняет роль связующего элемента с плагином VR и шлемом виртуальной реальности, позволяя пользователю использовать шлем для работы с тренажером. Кроме этого, в его функции входит система визуальных оповещений при работе со сценариями и система изменения параметров интерактивной модели в соответствии с полученными данными.
- 5) VR-оборудование выполняет роль монитора и контроллера: через шлем пользователь видит тренажер, а контроллеры позволяют ему взаимодействовать на него и получить реакцию на воздействие.

Тренажер реализуется программно в среде Unity, а модели — в средах Blender и Fusion. Такой выбор был сделан из-за наличия большой библиотеки документации для каждой среды и большого количества плагинов, позволяющих реализовать специфические функции

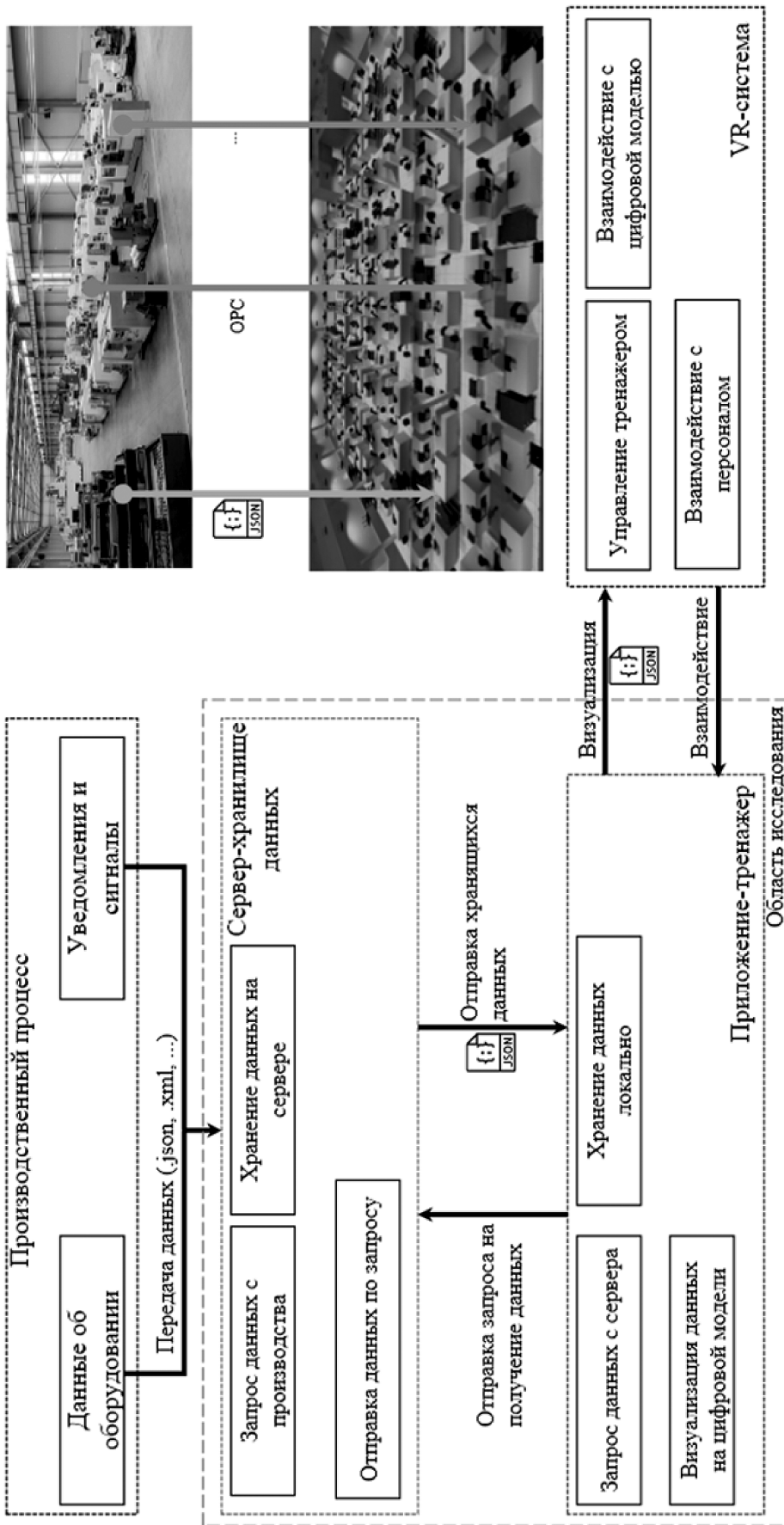


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия производственного процесса с тренажером

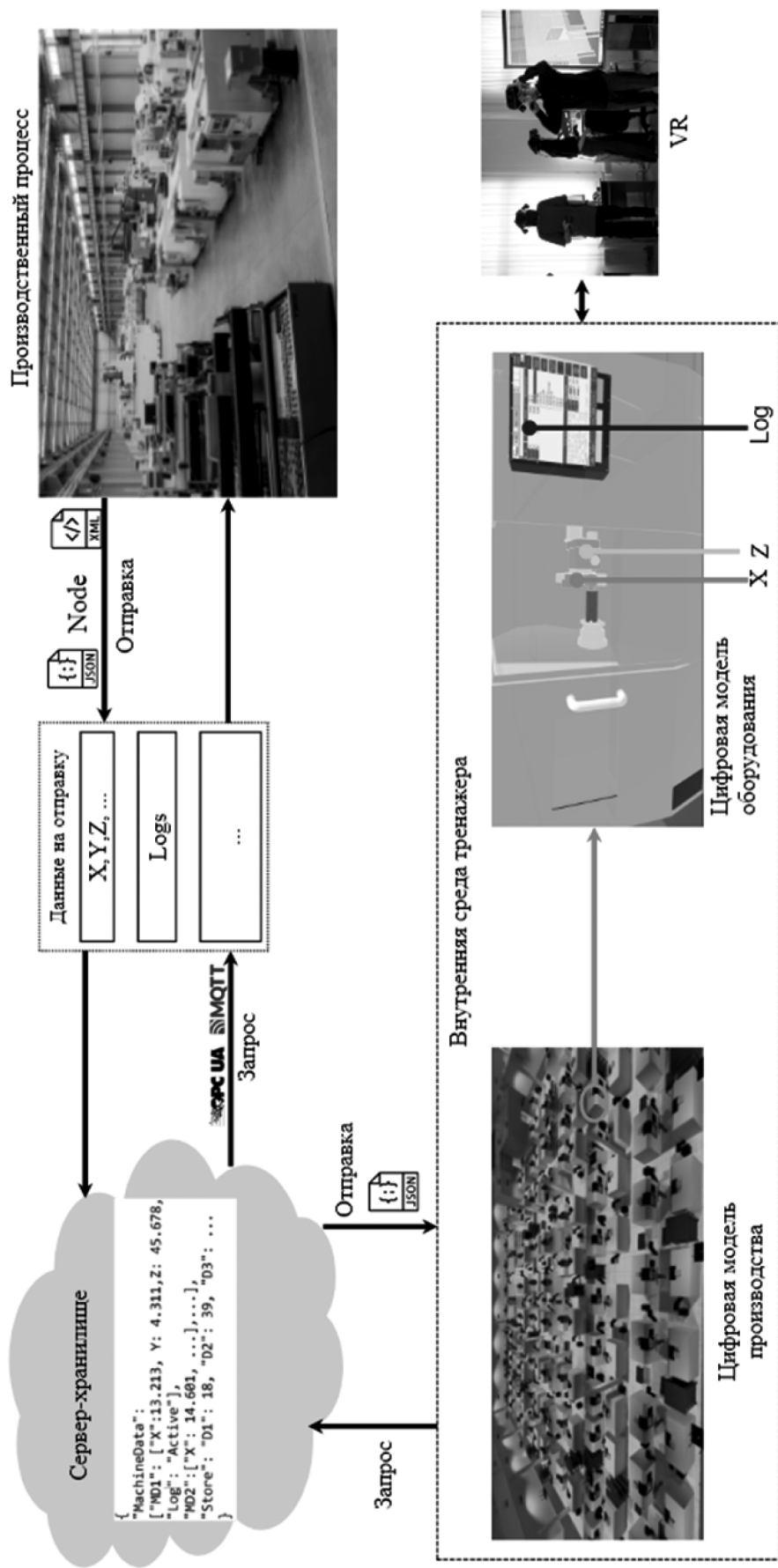


Рис. 2. Пример работы тренажера

модулей, такие как сбор и обработка данных из различных протоколов. Пример работ тренажера представлен на рисунке 2.

Работа тренажера начинается с момента включения. Он производит подключение к производственной сети и отправляет запросы на получение данных или подписку на их получение, после чего входит в состояние ожидания. При получении данных определяется их тип (с какого оборудования они были получены, какого они вида) и выполняется их обработка. Система проверяет корректность полученных данных и в случае отсутствия ошибок сохраняет для дальнейшей визуализации.

При возникновении ошибок система генерирует соответствующие сообщения.

#### Заключение

Результаты работы могут служить основой для дальнейших исследований в области создания цифровых двойников производственных процессов, развития систем дополненной реальности для промышленности и совершенствования методов дистанционного обучения операторов технологического оборудования, а также могут быть использованы для создания систем мониторинга и анализа работы оборудования в режиме реального времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чумак Р.Р., Нежметдинов Р.А., Котырова Ш. — Структурная модель тренажеров для операторов технологического оборудования, Материалы XVI всероссийской конференции с международным участием. 2023, ст. 289–296
2. Чумак Р.Р., Ковалев И.А. — Анализ данных технологического оборудования как инструмент обучения операторов — Материалы XV всероссийской конференции с международным участием «Машиностроение: традиции и инновации (МТИ –2022)», ст. 319–324.
3. Digital Twin for Manufacturing Pragmatic Consideration (Part 11–12) [Electronic resource]. — Available at: <https://blogs.3ds.com/exalead/2019/07/25/digital-twin-for-manufacturing-pragmatic-considerations-part-11-12/> (Accessed: 28.05.2020).
4. Чумак Р.Р., Нежметдинов Р.А., Карасев С.И. — Методика разработки тренажеров для подготовки операторов технологического оборудования в средах виртуальной реальности — Материалы XVII Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 2024, ст. 317–324.
5. Чумак Р.Р., Нежметдинов Р.А., Нежметдинова Р.А., Никитин Д.В. — Подходы к реализации тренажеров для подготовки инженерных кадров с использованием технологии виртуальной реальности — журнал СТИН, ст.25–30.
6. Чумак Р.Р., Нежметдинов Р.А., Ненарокомов М.Д., Ковалев И.А. Использование интерактивных моделей технологического оборудования для обучения операторов в средах виртуальной реальности // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. — 2024. — №10. — С. 151–154. DOI 10.37882/2223–2982.2024.10.41.

© Чумак Ростислав Русланович (chumakrr@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»