

П. В. Мучин^{1✉}, М. П. Мучин²

О целесообразности использования цифровых двойников в процессе практической подготовки специалистов техносферной безопасности

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

²Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: p.v.muchin@ssga.ru

Аннотация. В статье представлен анализ возможности применения технологии цифровых двойников (ЦД) при подготовке специалистов техносферной безопасности. Рассмотрены понятие и типы цифровых двойников. Обоснована релевантность ЦД в области обучения охране труда и промышленной безопасности. Рассмотрены педагогические подходы, технические требования, а также примеры форматов обучения.

Ключевые слова: цифровой двойник, техносферная безопасность, охрана труда, обучение, виртуальная симуляция, искусственный интеллект (ИИ), VR/AR, электронная промышленность

P. V. Muchin^{1✉}, M. P. Muchin¹

On the feasibility of using digital twins in the practical training of technosphere safety specialists

¹Siberian state university of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²Siberian state university of Telecommunications and Informatics, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: p.v.muchin@ssga.ru

Annotation. This article presents an analysis of the feasibility of using digital twin (DT) technology in training technosphere safety specialists. The concept and types of digital twins are discussed. The relevance of DTs in occupational health and safety training is substantiated. Pedagogical approaches, technical requirements, and examples of training formats are discussed.

Key words: digital twin, technosphere safety, labor protection, training, virtual simulation, artificial intelligence (AI), VR/AR, electronics industry

Введение

Современный этап технологической революции привносит новые подходы к подготовке специалистов в области техносферной безопасности – совокупности мер по защите человека и среды от техногенных рисков. По определению, техносфера включает все элементы окружающей среды, измененные человеком.

Специалист техносферной безопасности оценивает и организует меры, направленные на сохранение жизни и здоровья людей (работников) при разработке и эксплуатации технологических объектов, реализуя при этом мероприятия по охране труда, пожарной и промышленной безопасности и др.). В этой

связи требования к его подготовке включают получение теоретических знаний и практических навыков работы с реальным или приближенным к реальности оборудованием.

Можно отметить нарастающую тенденцию к использованию цифровых решений в образовании и промышленности. В частности, далее, нами будут рассмотрены технологии создания и применения цифрового двойника: процесса или предмета.

Отечественные разработчики подчеркивают, что ЦД представляет собой «виртуальную реплику реального объекта или процесса, позволяющую моделировать его поведение без риска для производства».

Законодательство России также задает условия для использования инноваций в образовании. Например, в соответствии с Трудовым кодексом РФ все работники обязаны проходить обучение и проверку знаний требований охраны труда, оказанию первой помощи пострадавшим и др., в том числе допускается использование информационных технологий [1]. В этом процессе цифровые двойники открывают новые возможности выполнения этих норм. Обучение и проверка знаний становятся интерактивными и приближенными к практическим реалиям [2].

Методы и материалы

Учитывая вышеизложенное, можно дать определение понятию «цифровой двойник», – это цифровая (виртуальная) модель любых объектов, систем, процессов или людей, которая максимально точно воспроизводит форму и реализует действия оригинала, зачастую синхронизируясь с ним.

Обмен информацией (данными) является одной из особенностей цифровых двойников. Датчики (сенсоры) реального оборудования настроены на передачу основных и, по возможности, дополнительных параметров виртуальной модели тренажера. Управление через команды от обучающегося (пользователя) через ЦД обеспечивает изменения в поведении системы, обеспечивая высокую степень реальным условиям [3].

В научной и методической литературе упоминание о цифровых двойниках представлено достаточно широко. При этом отмечается, что применение ЦД способствует взаимосвязи (интерактивности) в образовательный процесс обеспечивая более глубокое понимание сложных процессов (технологий).

Применение ЦД в обучении при подготовке специалистов техносферной безопасности позволяет:

1) Симулировать опасные ситуации. Например, моделировать утечку газа, пожар или химическую аварию в виртуальном режиме. Это даёт возможность «отрабатывать действия без угрозы жизни и здоровью», чего нельзя достичь на реальном производстве без рисков. Ранее авторами были показаны возможности применения современных информационных технологий, реализующих 3D анимацию, при решении вопросов обеспечения комплексной производственной безопасности на уровне предприятия. Детально была проработана процедура разработки анимационного ролика, отражающего решение задачи повышения уровня

пожарной безопасности. На рисунке 1 представлен фрагмент разработанного авторами анимационного ролика [4];

2) Проводить обучение, в том числе по вопросам техносферной безопасности, без простоя производства;

3) Тренировать навыки в многократном режиме: студенты могут повторять сложные операции (сборку механизмов, отладку алгоритмов безопасности) необходимое количество раз, пока не достигнут требуемых навыков;

4) С помощью элементов ИИ, симулятор может изменять сложность сценариев в зависимости от прогресса обучаемого, что делает обучение персонализированным.



Рис. 1. Фрагмент (кадр) 3D анимации: «На розетку пролилась жидкость, что вызвало короткое замыканию и возгорание»

Интерактивные ЦД позволяют «проводить обучение сотрудников (студентов) с любым уровнем подготовки» и «моделировать аварийные ситуации для развития умений принятия решений под давлением». В практике подготовки по охране труда могут применяться различные форматы:

1) Виртуальная реальность (VR) – полное погружение в симуляцию с помощью шлемов и контроллеров;

2) Дополненная реальность (AR) – наложение инструкций и виртуальных объектов на реальные установки. Например, при практическом занятии в лаборатории AR может подсвечивать элементы оборудования и выводить подсказки.

Раскрывая тему возможностей применения ЦД, можно отметить работу, выполненную ранее авторами, где исследовались возможности использования трехмерного моделирования для создания элементов дополненной реальности в интерактивных туристических картах. Был проведен анализ объектов природной среды с целью определения их актуальности и возможности реализации в качестве элементов дополненной реальности. Ниже, на рис. 2 представлен процесс создания трехмерных моделей змеи и клеща, а также разработка прототипа

интерактивной туристической карты Республики Алтай с интегрированными элементами дополненной реальности на основе Unity и Vuforia.

Результаты исследования показывают, что создание и внедрение таких интерактивных туристических карт с элементами дополненной реальности успешно способствует повышению безопасности туристов, а также может применяться в учебном процессе [5].

3) Компьютерные симуляторы – программы на ПК с интерактивной 3D-графикой. Менее затратный вариант, позволяющий массово обучать основным операциям и теории [6].

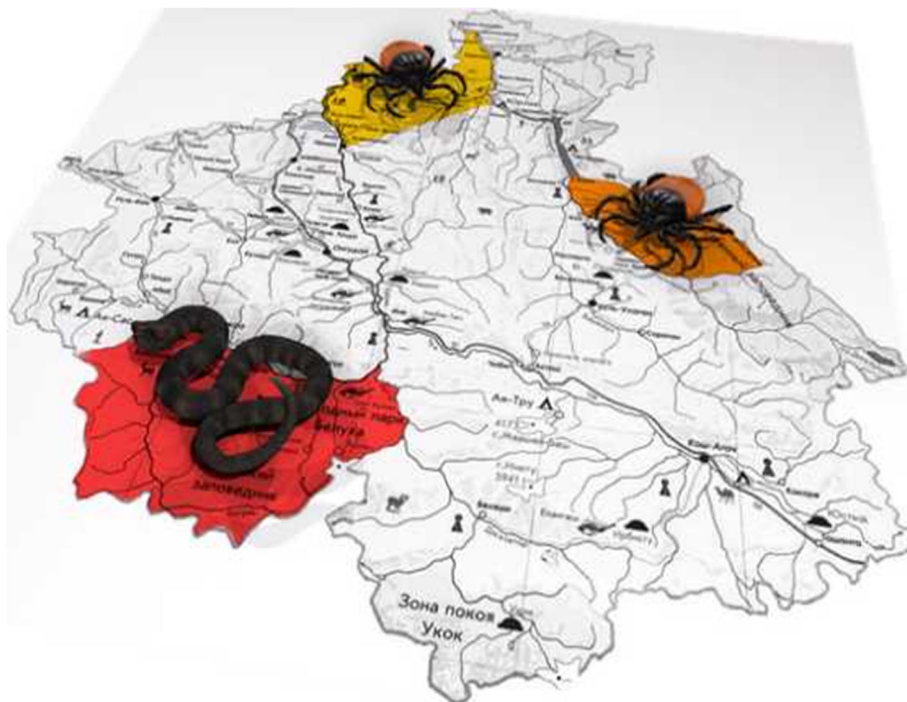


Рис. 2. Концепция ПО интерактивной туристической карты

Многие системы обучения с ЦД позволяют собирать данные о ходе тренинга: время выполнения задач, ошибки, количество повторов. Эта информация может использоваться преподавателем для обратной связи и дальнейшей адаптации программы.

В основе технологии лежат интегрированные ПО и аппаратные платформы. Примерные компоненты системы обучения с ЦД: 3D-движок (Unity, Unreal Engine), базы данных (для сбора параметров), алгоритмы ML/ИИ для адаптации, VR/AR-оборудование (Oculus, HoloLens и т. д.). При необходимости могут использоваться стандартные промышленные решения (Simulink, Siemens, PTC и др.) для повышения точности. Общая рекомендация – выбирать программные средства, поддерживающие открытые протоколы обмена данными и стандартные форматы моделей.

Существуют несколько подходов к созданию учебных ЦД:

1) Университет или учебный центр совместно с IT-специалистами создают

собственные тренажеры под конкретный учебный план. Это даёт полную свободу настроек, но требует больших ресурсов на разработку;

2) Использование готовых платформ и курсов. На рынке есть коммерческие решения и онлайн-курсы. Например, компания SIKE предлагает систему цифровых двойников для колледжей и ВУЗов: электронные курсы, 3D-атласы, VR-тренажеры и АПТК (аппаратно-программные комплексы). Среди направлений SIKE есть «охрана труда и промышленная безопасность», что показывает востребованность подготовки специалистов по БЖТ. Также крупные IT-корпорации (Microsoft Azure Digital Twins, PTC ThingWorx) предлагают облачные платформы для создания и хостинга ЦД [6].

3) Интеграция с промышленным оборудованием. Практически важный вариант – подключение учебного стенда к реальным контроллерам предприятия. Студенты работают с настоящим пультом (или имитированным), при этом с помощью ЦД создается окружение и процессы, в которых они действуют.

Стоит выделить, что несмотря на преимущества, применение цифровых двойников сопряжено с рядом ограничений:

1) Создание качественной виртуальной модели сложного оборудования или процесса требует значительных ресурсов: программисты, моделисты, тестирование. Особенно это касается интерактивной 3D-графики и физически детализированного ПО. Малобюджетные вузы и колледжи могут столкнуться с нехваткой средств на полноценные проекты ЦД.

2) Для работы VR/AR-тренажеров нужны мощные компьютеры, шлемы и контроллеры. Не у всех учебных организаций есть возможность приобрести и регулярно обновлять такое оборудование. Кроме того, необходимы технические специалисты для обслуживания системы.

3) Если цифровой тренажер подключён к реальным системам или к интернету, он может стать уязвимым для кибератак. Например, обучение методом «черного ящика» не должно приводить к раскрытию чувствительных данных. Организация должна обеспечить надёжность ПО и конфиденциальность обучающих материалов.

4) Достоверность моделей. Сила тренажера равна его реалистичности. Некачественная модель (с упрощённой физикой или неверными параметрами) может сформировать у обучающегося ложные представления. Это риск, если разрабатывающие ЦД специалисты недостаточно глубоко понимают технологию объекта. Поэтому валидация модели (сравнение результатов симуляций с данными экспериментов или реальной эксплуатации) является обязательной [7].

5) Психологические факторы. Некоторые обучающиеся могут испытывать дискомфорт при длительном использовании VR (головокружение, усталость). Педагогам следует учитывать адаптацию студентов к виртуальному окружению и не перегружать их слишком длинными сессиями.

Отдельно следует выделить, что в электронной промышленности ЦД востребованы при подготовке специалистов техносферной безопасности, поскольку позволяют моделировать работу с высоковольтным оборудованием, химическими реагентами и процессами, связанными с повышенной пожарной

опасностью. Такие модели дают возможность отрабатывать действия при нештатных ситуациях, не прерывая производственный цикл и не подвергая обучающихся риску.

Заключение

Исследование показывает, что использование цифровых двойников в процессе практической подготовки специалистов техносферной безопасности является целесообразным и соответствует современным требованиям к качеству профессионального образования. В условиях, когда реальные производственные процессы связаны с повышенными рисками, цифровой двойник позволяет приблизить обучение к практической деятельности, не подвергая обучающихся опасности и не нарушая работу действующих объектов. На наш взгляд, именно в этом и состоит одно из ключевых преимуществ данного подхода.

Также в заключении уместно отметить, что в 1999 году одним из авторов были выполнены работы по открытию в СГГА специальности 330100 – «Безопасность жизнедеятельности», что явилось основанием для создания специализированной выпускающей кафедры «Безопасность жизнедеятельности». Получение положительного заключения «Учебно-методического объединения вузов по образованию в области машиностроения и приборостроения» в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана было обусловлено необходимостью создания в нашем вузе специализированной лаборатории. В силу разных причин требуемая лаборатория не была создана. На наш взгляд, в настоящее время, с учетом развития информационных технологий, появилась реальная возможность создания требуемой лаборатории с возможностью применения цифровых двойников оборудования и процессов. При этом отмечаем, что цифровые двойники полностью не заменяют традиционные формы практической подготовки, а дополняют их, делая обучение более наглядным и содержательным.

Более полноценное практическое обучение будет реализовано при внедрении в учебный процесс подготовки специалистов техносферной безопасности элементов сетевого обучения, обеспечивая возможности использования материальных ресурсов других вузов.

Интерес представляют и технологии искусственного интеллекта, которые могут использоваться для адаптации сценариев обучения и повышения их вариативности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (в действующей редакции). [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/?ysclid=mmwz8krl2n527399414.
2. Мучин П. В., Мучин М. П. Информационно-коммуникационные технологии в организации производственной деятельности в аспекте обеспечения безопасности // Материалы XXI Международного научного конгресса Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. - Том 3. - С. 66-73.
3. What Is a Digital Twin? – IBM. Сайт одного из крупнейших в мире производителей и

поставщиков аппаратного и программного обеспечения, а также IT-сервисов и консалтинговых услуг. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ibm.com/think/topics/digital-twin>.

4. Мучин М. П., Тимофеев Н. А., Мучин П. В. Исследование возможностей применения метода 3D анимации для решения прикладных задач, связанных с повышением уровня производственной безопасности // Материалы XVII Международного научного конгресса Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2021 «Электронное геопространство на службе общества». – Новосибирск: СГУГиТ, 2021. - Т. 7. №. 2. С. 127-134.

5. Тимофеев Н. А., Мучин М. П., Сат Т. А. Возможности реализации трехмерного моделирования для разработки элементов дополненной реальности в интерактивных туристических картах // Материалы XIX Международного научного конгресса Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – Новосибирск: СГУГиТ, 2023. - Том 7., № 2 - С. 82-88.

6. SiKE PRO: «Цифровые двойники» технологического оборудования и процессов для подготовки студентов по рабочим специальностям. Сайт цифровой библиотеки готовых обучающих решений по рабочим профессиям, позволяет колледжам, университетам и предприятиям решить задачи подготовки кадров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sike.ru/sike-pro-cifrovye-dvojniki>.

7. Когтева У. А. Цифровые двойники университетов и их роль в совершенствовании процессов управления // Журнал: социально-гуманитарные технологии. – Королёв: Технологический университет, 2024. – Том 1 (29). – С. 41-48.

© П. В. Мучин, М. П. Мучин, 2026