

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Гурьева Т.Н.¹, Шарабаева Л.Ю.¹, Атаян А.М.^{2,3}

¹Северо-Западный институт управления филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы», Санкт-Петербург, e-mail: tguryeva@yandex.ru, shar_lu@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург;

³ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Санкт-Петербург, e-mail: anush-atayan@inbox.ru

Актуальная тема «цифровой двойник» поднимается учеными, занимающимися исследованиями вопросов цифровизации различных сфер деятельности. Цель исследования – определить целесообразность внедрения цифрового двойника в образовательную деятельность высших учебных заведений. Образование, как основа развития общества, во всем мире в настоящее время переживает кризис. Быстрая смена требований работодателей, условий рынка труда противоречит содержанию образовательных стандартов и программ, структуре преподаваемых дисциплин и инструментарию практических занятий. Идет поиск новых методик и инструментов обучения. В этой связи использование цифровых двойников в процессе обучения может стать перспективным направлением. Цифровые двойники могли бы на основе постоянного анализа результатов обучения в режиме реального времени выявлять проблемы, их причины и предлагать решения для их ликвидации. Также рекомендуется возложить на выполнение цифровыми двойниками часто повторяющиеся и наиболее трудоемкие функции преподавателя. В статье проведен обзор источников по использованию цифровых двойников в разных сферах деятельности, проанализировано понятие «цифровой двойник», предложен вариант адаптированной структурной модели цифрового двойника для применения в образовании. ЦД различных сущностей должны стать цифровыми помощниками преподавателя вуза в содержательной модернизации образовательных программ и непрерывной адаптации их к требованиям времени.

Ключевые слова: цифровой двойник, цифровая модель, высшее образование, цифровой след, технологии.

CONCERNING THE POSSIBILITY OF DIGITAL TWIN USING IN HIGHER EDUCATION

Gureva T.N.¹, Sharabaeva L.Yu.¹, Atayan A.M.^{2,3}

¹North-West Institute of Management of Russian Academy of National Economy and Public Administration, Saint-Petersburg, e-mail: tguryeva@yandex.ru, shar_lu@mail.ru;

²Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg;

³The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Saint-Petersburg, e-mail: anush-atayan@inbox.ru

The relevant topic "digital twin" is raised by scientists engaged in research on the digitalization in various fields of activity. The purpose of the study is to determine the feasibility of introducing digital twin into the educational activities of higher educational institutions. Education as the basis for the development of society is currently in a state of crisis. The rapid change in employers' requirements is in conflict with the lag in changes in educational standards and programs, the content of taught disciplines and the toolkit of practical classes. There is a search for new training methods and tools. In this regard, the use of digital twins in the learning process can become a promising direction. Digital twins could, based on ongoing real-time analysis of learning outcomes, identify problems, their causes, and offer solutions to eliminate them. It is recommended to entrust the performance of digital twins with the often repetitive and most time-consuming functions of the teacher. The article reviews sources on the use of digital twins in various fields of activity, analyzes the concept of "digital twin", and proposes a variant of an adapted structural model of a digital twin for use in education. DT of various entities should become digital assistants to a university teacher in the meaningful modernization of educational programs and their continuous adaptation to the requirements of the time.

Keywords: digital twin, digital model, higher education, digital footprint, technology.

Неуклонное развитие цифровых технологий и вместе с тем рост сложности современных систем, а также многокомпонентных и многофункциональных продуктов приводят к появлению новых концепций, а значит и терминологии. Ярким примером является

термин «цифровой двойник» (ЦД, Digital Twin, DT), который появился в процессе цифровизации промышленных предприятий и использовался первоначально применительно к жизненному циклу промышленных изделий. В ситуации сближения и пересечения понятий физического и цифрового объектов, постоянного информационного обмена и обновления данных в режиме реального времени необходимо установить взаимосвязь эволюции технологий и понятия ЦД. Об использовании ЦД упоминают авторы различных публикаций, исследующие взаимосвязи физических сущностей и цифровых моделей промышленных объектов [1]. В исследованиях предлагаются различные подходы для проектирования ЦД производственных предприятий [2]. В одной из первых российских монографий [3] авторы раскрывают историческую и отраслевую эволюцию концепции ЦД, указывают на необходимость с целью получения эффективных результатов моделирования, проектирования для создания и последующего обслуживания сложных объектов объединять ряд цифровых технологий в одной системе. В публикациях приводятся примеры использования ЦД в самых различных отраслях, таких как автомобильная промышленность, аэрокосмическая отрасль, судостроение и эксплуатация водного и железнодорожного транспорта, архитектурное проектирование и строительство, нефтегазовая отрасль, энергетика, здравоохранение и медицина, сельское хозяйство [4-6], при обслуживании сложных логистических процессов [7]. Таким образом, произошло распространение концепции ЦД на различные отрасли человеческой деятельности. Применение инструментов моделирования с учётом непрерывного оперативного обмена информацией на уровне данных и на этой основе обеспечение полной интеграции модели и объекта моделирования становится необходимым для осуществления этой концепции. Фактически ЦД – это совокупность подходов и решений, позволяющая обладать абсолютно полной информацией о работе любой системы. ЦД обеспечит получение данных о влиянии различных внешних и внутренних источников, изменяющихся параметров для анализа работы объекта, внедрение изменений в его работу, выбор лучших решений для развития и оптимизации деятельности.

В последние годы в научном сообществе стало обсуждаться использование ЦД и в образовательном процессе. Прежде всего рассматриваются цифровые технологии для внедрения ЦД в процесс преподавания инженерных дисциплин и организации цифровых лабораторий [8-10]. Но также стали появляться исследования, посвященные более общим принципиальным вопросам внедрения ЦД в образовательный процесс [9]. На наш взгляд, необходима широкая научная дискуссия по данной тематике, в которой будут затронуты не только возможности и перспективы дальнейшей цифровизации образования и его трансформации, но и существенные проблемы и риски, с ней сопряженные [11].

Цель исследования - определить целесообразность внедрения ЦД в образовательную деятельность высших учебных заведений.

Методы и материалы исследования. Данное исследование о целесообразности внедрения ЦД в образовательный процесс высших учебных заведений проведено на основе системного анализа теоретических источников, сайтов и вебинаров, новостей, посвященных развитию цифровых технологий и совершенствованию математических моделей сложных систем.

Практически одновременно был принят российский стандарт ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий» [12] и международный стандарт ISO 23247-1:2021 «Системы автоматизации и интеграция. Структура виртуальной копии для производства... Обзор и общие принципы». Обобщая приведенные в этих стандартах термины, можно сформулировать приведенные ниже определения.

Цифровая модель объекта/процесса (далее ЦМ) - это система математических и компьютерных моделей, электронных документов объекта/процесса, описывающая структуру, функциональность и поведение разрабатываемого или эксплуатируемого объекта/процесса на различных стадиях жизненного цикла. Цифровой двойник объекта/процесса (ЦД) - система, состоящая из цифровой модели объекта/процесса и двусторонних информационных связей между физическим и цифровым объектом/процессом.

Для инженерных специальностей ЦД процессов, происходящих в промышленной сфере, могли бы эффективно использоваться в обучении. Воспроизведение физической системы обеспечивает высокоточное детальное наблюдение за всеми попутными процессами, что даёт возможность получать конкретные навыки [4]. Кажутся оправданными и весьма уместными идеи некоторых авторов о разработке ЦД таких объектов обучения, как обучающийся, преподаватель, структурное подразделение, образовательное учреждение [10] и др. Однако сложность конструирования образовательных сущностей состоит в том, что методология и технология создания ЦД должна строиться не только на основе технологических идей реализации, но и с учётом специфики объекта социальной сферы. В данном исследовании авторы использовали поиск, обзор и анализ источников информации, сравнение, обобщение, формализацию и моделирование, синтез и описание для развития дискуссии о целях, видах ЦД, которые могли бы использоваться в процессе обучения, и целесообразности их применения.

Результаты исследования и их обсуждение. Для создания промышленного цифрового двойника используются данные, которые формализовать легче, чем информацию из социальных сфер деятельности, каковой является образование. Многие используемые в

производственных системах физические объекты, их изменение в пространстве и во времени можно описать конкретными параметрами; происходящие в производстве процессы, их алгоритмы формализуются и моделируются, что обеспечивает возможность применения ЦД в промышленных процессах. Гораздо более сложной задачей является описание структуры, функций и параметров сущностей образовательных процессов, к которым, например, относятся способы и критерии оценивания работ студентов, условия выбора заданий для проверки результатов обучения, их содержания с помощью математических параметров и алгоритмов. Необходимо искать способы применения цифровых технологий для создания ЦД образовательной сферы, тщательно анализировать рутинные действия, формализовывать оперативные процессы для последующей автоматизации и использовать их для реализации цифровых моделей взаимодействия живых сущностей с цифровыми двойниками. На основе предложенной пятиэлементной структурной схемы ЦД [3] и анализа опыта преподавания была создана адаптированная структурная модель ЦД дисциплины/преподавателя/студента (рис. 1).



Рис. 1. Структурная модель цифровых двойников в образовании

Виртуальным элементом ЦД является цифровая модель (дисциплины, преподавателя, студента), способная на основе цифровых технологий воспроизводить функции физического объекта, что позволяет оптимизировать его поведение. Для данного элемента используются такие технологии и методы, как моделирование и анализ процессов обучения, поведения, эмоций, представления знаний, интеграция моделей, их верификация, валидация и сертификация.

Генеральный источник данных, получаемых от физической сущности и её виртуального двойника, производит обработку этих данных, предоставляет необходимую информацию всем

элементам системы. Здесь используются следующие технологии и методы: очистка и преобразование данных, моделирование данных, интеграция и слияние данных, хранение данных, анализ и визуализация данных, проверка целостности данных, прогнозирование, обеспечение их безопасности.

Сервисный элемент обслуживает физический и виртуальный компоненты ЦД, обеспечивает управление ЦД и реализует интерфейсную часть пользователей. Используемые технологии и методы: управление ресурсами и услугами, описание и инкапсуляция услуг, предоставление интерфейса, в котором решены задачи визуализация, поиска данных, контроль работы оборудования и сравнение полученных результатов с ожидаемыми, изменение параметров для эффективного использования ресурсов.

Все элементы структуры ЦД взаимодействуют благодаря элементу «коммуникации», назначение которого состоит в обеспечении надёжной связи между ними. Для этого используются такие технологии и методы, как анализ совместимости протоколов связи с внешними системами и внутренними элементами ЦД. Этот элемент системы должен согласовывать режимы взаимодействия через интерфейсы программных модулей на основе беспроводной связи с помощью протокола прикладного уровня.

Одним из вариантов использования ЦД в вузе может стать разработка ЦД учебной дисциплины образовательной программы (ЦДДОП). Цель её разработки - реализовать возможность создания качественного образовательного контента, соответствующего и требованиям ФГОС, и запросам работодателей на основе обратной связи, а также цифровизации процесса формирования необходимой документации. ЦДДОП могут содержать как конфигурационные файлы применяемых цифровых инструментов, так и полноценные цифровые лаборатории, реализующие задачи обучения внутри дисциплины. В процессе обучения в связи с поступающими в режиме реального времени данными ЦДДОП, контент дисциплины может совершенствоваться. В рамках различных дисциплин предусмотрены практические задания, опросы и тесты, реализуемые в электронно-информационной образовательной среде вуза (ЭИОС), консультации с цифровыми помощниками преподавателя (чат-ботами). Результаты таких действий обучаемых вместе с данными об использовании системы (например, частота обращения, время использования) могут быть зафиксированы как компоненты цифрового следа. Среди идей использования ЦДДОП было предложение разрабатывать их на основе архитектурного подхода [13], включающего следующие уровни:

- уровень данных (датчики интернета вещей, данные ЭИОС);
- уровень коммуникаций (беспроводная связь, протоколы обмена);
- уровень обработки (интеграция, обработка и визуализация данных);
- уровень сервисов (прогнозирование и аналитика рисков, управление безопасностью).

На уровне данных реализуется управление записями и документацией дисциплины (разделов дисциплины); на уровне обработки - управление различными ресурсами (время, каналы передачи, инфраструктура); на уровне коммуникаций происходит формирование протоколов обмена данными для фиксации и защиты цифрового следа. Для обогащения данных цифрового двойника авторы [13] предлагают конкретный порядок использования цифрового следа. Для создания ЦД обучаемого (ЦДО) могут использоваться такие фрагменты его цифрового следа, как публикации, тесты, поисковые запросы, заказы. Могут учитываться интересы, которые определяют общий уровень развития студента, а соответственно, способность восприятия и переработки новых знаний. ЦДО может включать различные приложения, которые помогают ему анализировать данные. ЦДО накапливает знания во времени и уточняет портрет обучаемого и вероятные варианты его поведения. Данные о неудачах и проблемах в обучении являются основой развития ЦДО, разработки им сценариев преодоления встретившихся проблем, так как в отличие от сбоя в поведении живого человека (усталость, забывчивость) он формирует поведение на основе сохраняемой и извлекаемой в короткое время информации.

Целесообразным представляется использование возможностей ЦД преподавателя (ЦДП) для таких действий, как подготовка большого количества вариантов практических заданий, проверка контрольных работ, определение их уникальности, которые стали большой нагрузкой для преподавателя вследствие увеличения количества обучаемых в учебных группах - до 35 и более. Министерство науки и высшего образования РФ не ограничивает эту цифру, отдавая решение о наполняемости групп вузам. Рутинная работа ведет к выгоранию, снижению качества преподавания, большая нагрузка уменьшает возможность индивидуального подхода к обучению студентов. Для улучшения качества контроля обучения, уменьшения плагиата среди студенческих работ, а также для повышения мотивации обучения целесообразно использование автоматизированной генерации индивидуальных заданий, автоматизации проверок работ студентов. Исследователи вопросов применения цифрового следа предложили в своей работе [6] алгоритм и встроенный инструмент LMS Moodle для формирования индивидуальных заданий. Более масштабные объекты – ЦД образовательной программы (ЦДОП) для формирования гибридной модели построения индивидуальной образовательной траектории (ИОТ) - рассматриваются в работе [9], авторы которой предлагают модель ИОТ, включающую различные математические методы и средства сбора, анализа, переработки и представления данных.

Выводы. Опираясь на проведенный анализ подходов и методов использования концепции ЦД в высшем образовании, можно сделать однозначный вывод о целесообразности их внедрения прежде всего для формирования ИОТ. Причем в различной степени этому

способствуют как ЦДОП и ЦДДОП, так и цифровые двойники преподавателя и обучаемого. К сожалению, в некоторых публикациях до сих пор, уже после стандартизации технологии ЦД, присутствует путаница между понятиями «цифровая модель» и «цифровой двойник», что, безусловно, мешает практической реализации внедрения. Но в то же время активно разрабатываемые в научных коллективах математические модели и компьютерные алгоритмы применительно к сфере образования обеспечивают уверенность в наметившейся тенденции внедрения ЦД в образовательный процесс вузов. Это позволит разрешить противоречие между предписанием «Стратегии цифровой трансформации науки и высшего образования», нацеленной на включение во все образовательные программы возможности индивидуального трека к 2024 году, и постоянно увеличивающейся аудиторной нагрузкой профессорско-преподавательского состава. ЦД различных сущностей должны стать цифровыми помощниками преподавателя вуза в содержательной модернизации образовательных программ и непрерывной адаптации их к требованиям времени.

Список литературы

1. Боровков А.И., Гамзикова А.А., Кукушкин К.В., Рябов Ю.А. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: краткий доклад. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i20-130.
2. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л. Разработка цифровых двойников для производственных предприятий // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13. № 4. С. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.4.7.16.
3. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://digitalatom.ru/digital-twin-book>. (дата обращения: 19.09.2023).
4. Гапанович Д.А., Тарасова В.А., Сухомлин В.А., Куприяновский В.П. Анализ подходов архитектурного проектирования цифровых двойников // International Journal of Open Information Technologies. 2022. №4. С.71-83.
5. Зуенкова Ю.А. Опыт и перспективы применения цифровых двойников в общественном здравоохранении // Менеджер здравоохранения. 2022. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.idmz.ru/jurnali/menedger-zdravoohranenija/2022/6/opyt-i-perspektivy-primeneniia-tsifrovyykh-dvoinikov-v-obshchestvennom-zdravookhraneni> (дата обращения: 19.09.2023).
6. Иванова М. Цифровые двойники полей, виртуальные метеостанции и «послушные» комбайны. Как IT-технологии помогают агрономам «Русагро» - 2019. [Электронный ресурс].

URL:<https://fonar.tv/article/2019/08/14/cifrovye-dvoyniki-poley-virtualnye-meteostancii-i-poslushnye-kombayny-kak-it-tehnologii-pomogayut-agronomam-rusagro> (дата обращения: 13.09.2023).

7. Агатов Б. Цифровые двойники в ритейле – кто это такие и почему с ними срочно нужно знакомиться? NR [Электронный ресурс]. URL: https://new-retail.ru/tehnologii/tsifrovye_dvoyniki_v_riteyle_kto_eto_takie_i_pochemu_s_nimi_srochno_nuzhno_znakomitsya5533/ (дата обращения 13.09.2023)

8. Appl C., Moser A., Baganz F., Hass, V.C. Digital Twins for Bioprocess Control Strategy Development and Realisation. *Advances in Biochemical Engineering // Biotechnology*. 2021. Vol. 177. P. 6. DOI: 10.1007/10_2020_151.

9. Autoosallo, J. Platform for industrial internet and digital twin focused education, research, and innovation: Ilmatar the overhead crane, IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT // Department of Mechanical Engineering Aalto University School of Engineering Espoo, Finland, 2018. P. 241-244. [Электронный ресурс] URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Platform-for-industrial-internet-and-digital-twin-Autiosalo/72bcd09e938d07ab6a9af3b40471aba240e672be> (дата обращения: 16.09.2023).

10. Вихман В. В., Ромм М.В. «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // *Высшее образование в России*. 2021. Т. 30, № 2. С. 22–32.

11. Атаян А.М., Гурьева Т.Н., Шарабаева Л.Ю. Цифровая трансформация высшего образования: проблемы, возможности, перспективы и риски // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2021. Т. 1, № 2 (75). С. 7–22.

12. Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» / Росстандарт. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gost.ru/newsRST/redirect/news/1//8339/> (дата обращения 15.09.2023).

13. Попов А.М., Золотарев В.В., Кунц Е.Ю. Проблема управления информационной безопасностью при создании цифрового двойника дисциплины // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2022. №2 (58). С. 109-118.