

*Герасименко К. Р.*  
*асс.,*  
*Герасименко Н. Ю.*  
*аспирант,*  
*Шклярченко А. В.*  
*магистрант*

*Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, ЛНР, Россия*

## **ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: КЛЮЧЕВАЯ РОЛЬ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ**

**Постановка проблемы.** В эпоху цифровой трансформации понятие «цифровой двойник» становится все более значимым в контексте промышленной автоматизации. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель реального объекта, процесса или системы, которая отражает его поведение, характеристики и состояние в реальном времени. Виртуальное моделирование является ключевым инструментом в оптимизации производственных процессов. Оно позволяет проводить тестирование новых технологий, оптимизировать параметры работы оборудования и предсказывать результаты без необходимости вмешательства в реальные процессы. Это способствует улучшению эффективности производства и снижению затрат. Цель данной работы заключается в рассмотрении важной роли цифровых двойников в инновационном развитии промышленной автоматизации. Исследование направлено на выявление преимуществ и вызовов использования цифровых двойников, а также на оценку их перспектив в контексте быстро развивающихся технологий и требований промышленности.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Актуальные исследования в области цифровых двойников в промышленной автоматизации выделяют несколько важных тенденций. Расширяются области их применения, включая не только производственную сферу, но и другие отрасли, такие как транспорт и здравоохранение. Исследователи активно работают над интеграцией цифровых двойников с передовыми технологиями, такими как искусственный интеллект и интернет вещей, для улучшения их функциональности. Безопасность данных становится все более приоритетной, в связи с чем ведутся исследования по разработке методов защиты информации в цифровых двойниках.

**Изложение основного материала.** Цифровой двойник (Digital Twin) — это виртуальная реплика реального объекта, процесса или системы, которая отображает его поведение в реальном времени. Этот концепт позволяет создать цифровую модель, которая дублирует физические характеристики и состояние объекта, а также его взаимодействие с окружающей средой. Цифровой двойник обеспечивает возможность анализа и тестирования виртуальных сценариев, прогнозирования поведения объекта и оптимизации его работы без вмешательства в реальные процессы.

Цифровой двойник состоит из трех основных компонентов: модели объекта или процесса, сенсорной информации, собираемой в реальном времени, и алгоритмов обработки данных для обновления и адаптации модели. Данные, собираемые с помощью сенсоров, и алгоритмы обработки информации играют ключевую роль в создании и обновлении цифрового двойника. Они обеспечивают точность и актуальность виртуальной модели, позволяя предприятиям проводить анализ, прогнозирование и оптимизацию производственных процессов.

Цифровые двойники играют ключевую роль в виртуальном моделировании и тестировании производственных процессов. Они позволяют предприятиям создавать виртуальные копии своих производственных линий, машин и оборудования для проведения различных сценариев и тестов. Это позволяет оптимизировать параметры производства, улучшить производительность и качество продукции, а также снизить риск неудачных экспериментов на реальных объектах. Благодаря виртуальному моделированию и тестированию, предприятия могут сократить время и затраты на разработку новых продуктов и процессов, а также повысить их конкурентоспособность на рынке [1].

Еще одним важным применением цифровых двойников является оптимизация и управление производственными системами. Путем создания цифровых моделей производственных процессов и оборудования предприятия могут проводить детальный анализ и оптимизацию рабочих процессов. Это включает в себя улучшение планирования производства, оптимизацию использования ресурсов, предотвращение простоев оборудования и повышение эффективности работы всей производственной системы. Цифровые двойники также позволяют быстро реагировать на изменения в окружающей среде и адаптировать производственные процессы к новым условиям.

Программное обеспечение для виртуального моделирования играет ключевую роль в создании цифровых двойников. Существует множество специализированных инструментов и платформ, которые позволяют инженерам и специалистам по автоматизации создавать детальные и точные виртуальные модели объектов и процессов. Некоторые из таких программ включают в себя CAD/CAM/CAE системы (Computer-Aided Design/Manufacturing/Engineering), моделирование на основе физических законов, а также специализированные пакеты для моделирования производственных систем и робототехники. Эти программные решения предоставляют широкий спектр инструментов для создания, анализа и оптимизации цифровых моделей, необходимых для разработки цифровых двойников.

Сенсорная техника и системы Internet of Things (IoT) играют важную роль в сборе данных для цифровых двойников. Сенсоры могут быть установлены на оборудовании, машинах, устройствах и других объектах производства, чтобы непрерывно мониторить и собирать информацию о их состоянии, работе и окружающей среде. Эти данные затем передаются в цифровые модели, обновляя их и обеспечивая актуальность и точность цифровых двойников. IoT-системы также предоставляют возможности для удаленного мониторинга и управления производственными процессами, что дополняет функциональность цифровых двойников.

Искусственный интеллект (ИИ) играет все более важную роль в развитии цифровых двойников. Алгоритмы машинного обучения и анализа данных позволяют автоматически обрабатывать, интерпретировать и анализировать большие объемы данных, собранных из цифровых двойников. Это открывает новые возможности для прогнозирования поведения объектов и процессов, выявления аномалий, оптимизации производственных процессов и автоматизации принятия решений на основе данных. Искусственный интеллект позволяет сделать цифровые двойники более интеллектуальными и адаптивными к изменяющимся условиям производства, что повышает их эффективность и ценность для предприятий.

Цифровые двойники играют важную роль в повышении эффективности и производительности производственных процессов. Путем создания виртуальных моделей объектов и систем предприятия могут проводить детальный анализ и оптимизацию рабочих процессов. Это позволяет выявить узкие места, оптимизировать параметры работы оборудования и улучшить планирование производства. Благодаря этому повышается эффективность использования ресурсов, сокращается время цикла производства и увеличивается общая производительность предприятия.

Использование цифровых двойников также позволяет снизить затраты на разработку и производство продукции. Виртуальное моделирование и тестирование позволяют предприятиям проверять новые идеи и концепции до их внедрения на производстве, что снижает риск неудачных инвестиций и экспериментов. Кроме того, оптимизация производственных процессов с помощью цифровых двойников позволяет сократить расходы на энергию, сырье и трудозатраты. Это способствует улучшению финансовых показателей предприятия и повышению его конкурентоспособности на рынке.

Еще одним важным преимуществом использования цифровых двойников является улучшение качества продукции и безопасности на производстве. Благодаря виртуальному моделированию и тестированию предприятия могут выявлять потенциальные проблемы и дефекты еще на стадии разработки, что позволяет предотвратить их появление на реальных объектах. Кроме того, цифровые двойники обеспечивают возможность предпринимать меры

по улучшению безопасности на производстве, предотвращая аварии и несчастные случаи. Это способствует созданию безопасной и комфортной рабочей среды для персонала и улучшает общее качество производственных процессов [2].

Одним из основных вызовов, с которыми сталкиваются цифровые двойники, является обеспечение безопасности и конфиденциальности данных. Поскольку цифровые двойники могут содержать чувствительную информацию о производственных процессах и оборудовании, необходимо обеспечить защиту от несанкционированного доступа и взлома. Важно разработать соответствующие механизмы шифрования, аутентификации и управления доступом, чтобы защитить данные цифровых двойников от утечек и кибератак.

Еще одним вызовом является интеграция цифровых двойников с уже существующими производственными системами. Многие предприятия имеют сложные и разнородные информационные системы, которые могут затруднять интеграцию цифровых двойников. Необходимо разработать стандарты и протоколы обмена данными, а также создать гибкие и масштабируемые решения для эффективной интеграции цифровых двойников с различными системами управления производством, ERP-системами и другими прикладными программными продуктами.

В будущем цифровые двойники будут играть все более важную роль в промышленности, принося в нее новые возможности и потенциал для развития. Одним из направлений развития является улучшение точности и реалистичности цифровых моделей, включая использование современных технологий виртуальной и дополненной реальности. Также можно ожидать расширение областей применения цифровых двойников, включая использование их в области обслуживания и ремонта оборудования, прогнозирования долговечности и технического состояния объектов, а также в области управления жизненным циклом продукции. Общий потенциал цифровых двойников для оптимизации производства, улучшения качества и безопасности на производстве, а также снижения затрат делает их важным инструментом для будущего индустрии [3].

**Выводы.** Цифровые двойники представляют собой инновационный инструмент, способный значительно улучшить управление производственными процессами, обеспечивая предприятия возможность проводить виртуальное моделирование и анализ. Дальнейшее развитие технологии цифровых двойников предвещает расширение областей их применения и интеграцию с новыми технологиями, такими как искусственный интеллект и интернет вещей. Для успешного применения и развития цифровых двойников необходимо сотрудничество между индустрией и исследовательским сообществом. Только такое партнерство может обеспечить адаптацию и использование цифровых двойников в промышленности, что в итоге повысит производительность и конкурентоспособность предприятий.

#### Список источников

1. Царев М. В., Андреев Ю. С. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования // *Приборостроение*. 2021. № 7. С. 517–531.
2. Шведенко В. Н., Мозохин А. Е. Применение концепции цифровых двойников на этапах жизненного цикла производственных систем // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2020. № 6. С. 815–827.
3. Кокорев Д. С., Посмаков Н. П. Применение «Цифровых двойников» в производственных процессах // *Colloquium-journal*. 2019. № 26 (50). С. 38–45.