

УДК 658.012.2

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Хахимов П. Е., студент гр. РТм-231, I курс

Научный руководитель: Курышкин Н. П., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

На данный момент развитие робототехники является одним из приоритетных направлений обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации. Промышленный робот является одной из важнейших структур в индустрии 4.0. Поэтому в настоящее время об этом говорят на высоком федеральном уровне. Например, в постановлении правительства Российской Федерации № 603 от 15 апреля 2023 года «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации» и в «Положении об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации» говорится о необходимости развития станкоинструментальной промышленности и тяжелого машиностроения, в которое входит производство промышленных роботов и робототехнических устройств [1].

Также неотъемлемой составляющей индустрии 4.0, которая может улучшить производственные процессы и услуги, является использование цифровых двойников [2]. Согласно аналитическим данным к 2029 году мировой рынок цифровых двойников в мире составит 93,11 млрд. долларов [3]. Сейчас в России наблюдается отставание от мирового развития на 5-10 лет [4]. В связи с этим правительство Российской Федерации в вышеуказанном постановлении стимулирует развитие и производство систем автоматизированного проектирования цифровых платформ разработки и применения цифровых двойников, систем управления деятельностью в области цифрового инжиниринга, систем моделирования и разработки материалов с заданными свойствами, систем моделирования изделий и процессов, систем мониторинга и управления в промышленности, энергетике, строительстве и сельском хозяйстве, систем прогнозирования опасных явлений и катастроф, технологии цифровых двойников, называя это одним из приоритетных направлений [1].

Из-за обширности возможных мест применения цифровых двойников, существует большое количество вариантов их определений. С точки зрения рассматриваемой темы, целесообразнее будет использовать следующее: Цифровой двойник — это цифровая копия живой или неживой физической сущности. Соединяя физический и виртуальный мир, данные передаются незаметно, позволяя виртуальной сущности существовать одновременно с

физической сущностью [5]. Именно это определение в полной мере позволяет использовать технологию цифровых двойников в робототехнике. Ведь именно связь реально существующего физического объекта и цифровой модели, поможет промышленным предприятиям получить максимальную выгоду от внедрения технологии цифровых двойников на свои производственные мощности.

Цифровые двойники можно классифицировать по уровню сложности и по уровню зрелости [6]. По уровню сложности цифровые двойники можно разделить на четыре основных вида:

1) Цифровые двойники объекта. Речь идет о цифровых двойниках отдельных деталей или компонентов. Данный вариант подразумевает возможность предупреждения поломок или выходов из строя технологического оборудования, а также помогает изучить объект изнутри, без необходимости остановки работы;

2) Цифровые двойники актива. В данном уровне сложности подразумевается использование цифрового двойника, как модель конкретного продукта или изделия. Благодаря анализу данных, полученных с модели, можно снизить затраты на обслуживание объекта, а также улучшить его характеристики и дальнейшую работу;

3) Цифровые двойники системы. Здесь речь идет о комплексных объектах, объединяя первый и второй уровни сложности. Это позволяет увеличивать эффективность работы всей системы, посредством выбора различных параметров;

4) Цифровые двойники технологического процесса. Включают в себя все вышеперечисленные пункты. Данный подход позволит оптимизировать выполнения операций в технологическом процессе, а также, при добавлении средств автоматизации, увеличить уровень автоматизации всего процесса.

Рынок цифровых двойников активно развивается, и это можно проследить на уровне зрелости вариантов применения технологии. Специалисты разделяют цифровые двойники по уровню зрелости на следующие виды [6]:

1) Предшественник цифрового двойника. Это цифровой двойник стадии проектирования. Существенное внимание здесь уделяется снижению технологических рисков при проектировании реального промышленного робота;

2) Классический цифровой двойник. Имеет место быть, когда существует реальный промышленный робот. Важнейшим преимуществом, по сравнению с предыдущим вариантом, является возможность работы с цифровой тенью, другими словами, с обобщенным опытом работы объекта., благодаря которому уточняется цифровая модель;

3) Адаптивный цифровой двойник. Используются адаптивные технологии, что соответствует второму поколению промышленных роботов [7]. Цифровые двойники данного уровня зрелости, на основе полученных

данных, могут быстро адаптироваться к изменению реального физического объекта;

4) Интеллектуальный цифровой двойник. Данный уровень зрелости обладает качествами предыдущего уровня. Кроме того, обладает высокой степенью автономности, способностью самостоятельно «мыслить» и более качественно проводить анализ работы физического объекта. Соответствует третьему поколению промышленных роботов [7].

Для использования в робототехнике целесообразнее разрабатывать полноценный цифровой двойник всей системы (включающий в себя детали, РТК, инструмент, стол и т.д.). Он является адаптивным. Другими словами, цифровой двойник изменяется при воздействии на реального робота, и реальный робот изменяется при воздействии на его со стороны цифрового двойника. Это соответствует пункту 3 классификации по уровню сложности и пункту 3 классификации по уровню зрелости. Необходимость использования этих подходов обуславливается современным уровнем развития робототехники в России, а также сложностью разработки более высоких уровней, т.к. более сложные технологии начали свое развитие в Российской Федерации относительно не давно, что существенно повлияет на процесс создания такого цифрового двойника.

Положительной стороной данного подхода является возможность управления реальным роботом удаленно, с помощью цифрового двойника, полностью копирующего поведение физического объекта. Это позволит обучать операторов более комплексно, не привязываясь к реальным производственным ячейкам, что существенно снижает затраты. Также возможность удаленного управления – это база для создания интеллектуальной модели робота, что является шагом для будущей автономии и перехода к безлюдным технологиям в управлении роботизированным технологическим комплексом, а в перспективе и к безлюдным заводам.

Отрицательным фактором является трудоемкость процесса разработки цифрового двойника, и, как следствие, необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов. Безусловно, это влечет за собой большие затраты, но они полностью перекроются дальнейшей выгодой от интеграции цифровых двойников в робототехнику.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что цифровые двойники – это новый виток современного развития производства. Ведь благодаря внедрению этой технологии на предприятия различных отраслей промышленности уменьшаются затраты обучение и дальнейшую на заработную плату персонала, непредвиденные ремонты оборудования. Кроме того, цифровые двойники – это, не только возможность усилить технологический суверенитет Российской Федерации, но и база для увеличения уровня автоматизации в промышленности, а, в будущем, перехода к безлюдным технологиям и полноценным безлюдным заводам.

### Список литературы:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2023 № 603 // КонсультантПлюс. - 2023
2. Хитрых Д. Инженерное моделирование в фокусе индустрии 4.0, или смена технологического уклада // РИТМ машиностроения. – 2021. – №1.
3. Загурский, А. В. Анализ рынка цифровых двойников и перспективы его развития // Актуальные исследования. 2024. №11 (193). Ч.II. С. 21–24. URL: <https://apni.ru/article/8721-analiz-rinka-tsifrovikh-dvoynikov-i-perspekti> (дата обращения: 22.03.2024).
4. Меньшаева, А. А. Развитие цифровых двойников в российской промышленности / А. А. Меньшаева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 11 (353). — С. 25–27. — URL: <https://moluch.ru/archive/353/79138/> (дата обращения: 22.03.2024).
5. Кокорев Д. С., Юрин А. А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. 2019. №10 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-ponyatie-tipy-i-preimuschestva-dlya-biznesa> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Дунина, А. А. Цифровые двойники на производстве как одно из направлений цифровой трансформации экономики // Стратегии бизнеса. 2022. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-na-proizvodstve-kak-odno-iz-napravleniy-tsifrovoy-transformatsii-ekonomiki> (дата обращения: 22.03.2024).
7. Курышкин, Н. П. Основы робототехники : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 168 с.