



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
949—
2024

**Цифровая промышленность.
Системы промышленной автоматизации
и интеграция**

**КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ
ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ**

Часть 1

Общие положения и основные принципы

(ISO 23247-1:2021, NEQ)

Издание официальное

**Москва
Российский институт стандартизации
2024**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Информационно-аналитический вычислительный центр» (ООО ИАВЦ) и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 459 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2024 г. № 101-пнст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО 23247-1:2021 «Системы автоматизации и интеграция. Структура цифрового двойника производства. Часть 1. Обзор и общие принципы» (ISO 23247-1:2021 «Automation system and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles», NEQ).

5 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии не несет ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31 к. 2 и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

II

Содержание

1 Область применения1

2 Нормативные ссылки.....1

3 Термины и определения1

 3.1 Общие термины2

 3.2 Термины, относящиеся к цифровому двойнику производства3

4 Обзор цифрового двойника производства.....3

 4.1 Общие положения3

 4.2 Концепция цифрового двойника производства3

5 Общие принципы структуры цифрового двойника производства5

 5.1 Обзор5

 5.2 Ограничения и рамки структуры цифрового двойника производства5

 5.3 Требования к цифровому двойнику производства.....6

Введение

Стандарты серии «Концептуальная модель цифровых двойников для производственной сферы» определяют структуру, обеспечивающую создание цифрового двойника (ЦД) физических элементов для производственной сферы, таких как персонал, оборудование, материалы, производственные процессы, производственные объекты, окружающая среда, продукты и сопроводительная документация.

ЦД помогает обнаруживать аномалии на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) (научно-исследовательские разработки, опытно-конструкторские разработки, серийное производство, эксплуатация, утилизация). ЦД позволяет контролировать свой физический производственный элемент (ФПЭ), постоянно обновляя соответствующие операционные данные и данные о состоянии окружающей среды. Благодаря прозрачности процессов и их выполнению, обеспечиваемыми ЦД, улучшаются все процессы всех этапов ЖЦ.

Тип производственной сферы, поддерживаемый представленной в настоящем стандарте структурой, зависит от стандартов и технологий, доступных для моделирования ФПЭ. В различных областях производства допустимо применять собственные стандарты данных. Настоящий стандарт не предписывает использовать в качестве структуры конкретные форматы данных и протоколы связи.

Серия стандартов под общим наименованием «Концептуальная модель цифровых двойников для производственной сферы» состоит из следующих частей:

- часть 1. Общие положения и основные принципы к разработке цифровых двойников производства;
- часть 2. Эталонная архитектура с функциональными представлениями;
- часть 3. Цифровое представление производственных элементов;
- часть 4. Технические требования к обмену информацией между сущностями в рамках типовой архитектуры.

На рисунке 1 показана взаимосвязь четырех частей данной серии стандартов.

В ПНСТ 952—2024 (приложения А—Д) представлены примеры использования, демонстрирующие структуру цифрового двойника производства (ЦДП).

Сценарии использования относятся к области дискретного производства, а ЦД моделируют на основе стандартов серии обмена данными модели продукта (STEP), определяющих способы представления информации о продукте, пригодной для интерпретации компьютером, и обмена данными о продукте и процессе (см., например, ГОСТ Р ИСО 10303-203—2003, ГОСТ Р ИСО 10303-239—2008, ГОСТ Р ИСО 10303-242—2019, ГОСТ Р ИСО/ТС 10303-421—2011, ГОСТ Р ИСО/ТС 10303-439—2016). В других областях допускается использовать собственные стандарты и технологии. Например, в нефтегазовой промышленности для моделирования ЦД применяют стандарты серии ГОСТ Р ИСО 15926, а в строительстве — стандарты серии ГОСТ Р 10.0.02.



Рисунок 1 — Структура стандартов серии «Концептуальная модель цифровых двойников для производственной сферы»

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Цифровая промышленность.
Системы промышленной автоматизации и интеграция

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ

Часть 1

Общие положения и основные принципы

Digital industry. Industrial automation systems and integration. Conceptual model of digital twin for manufacturing.
Part 1. General provisions and basic principles

Срок действия — с 2025—07—01
до 2027—07—01

1 Область применения

В настоящем стандарте представлены общие положения и основные принципы структуры цифровых двойников производства (ЦДП).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 57700.37 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения

ГОСТ Р МЭК 62264-1 Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Общие термины

3.1.1

датчик (sensor): Устройство, которое определяет и измеряет физические свойства естественных явлений или технических процессов и преобразует эти измерения в сигналы.

[ГОСТ 30721—2020, статья 09.01.01]

3.1.2

интернет вещей, IoT (Internet of Things): Инфраструктура взаимосвязей сущностей, систем и информационных ресурсов совместно с сервисами, которые снимают с вещей первичные данные, обрабатывают, и выдают информацию для физического или виртуального мира.

[ГОСТ Р 59277—2020, пункт 3.19]

3.1.3 **контроль** (control): Сравнение фактических показателей выполнения с плановыми показателями, анализ отклонений и осуществление, при необходимости, соответствующих корректирующих и предупреждающих действий.

3.1.4

предприятие (enterprise): Одна или несколько организаций, имеющих определенное назначение, общие цели и задачи по выпуску конкретной продукции или предоставлению определенных услуг.

[ГОСТ Р 70992—2023, статья 17]

3.1.5

промышленный интернет вещей (industrial internet of things, IIoT): Интернет вещей, ориентированный на применение в промышленности.

[ГОСТ Р 59277—2020, пункт 3.20]

3.1.6 **ресурс** (resource): Сущность, находящаяся в собственности или под опекой организации, имеющая либо предполагаемую, либо реальную ценность для организации.

3.1.7

сущность (entity): Любой рассматриваемый реальный или абстрактный предмет.

[ГОСТ Р 57317—2016, статья 2.3.15]

3.1.8

управление (management): Совокупность целенаправленных действий, включающая оценку ситуации и состояния объекта управления, выбор управляющих воздействий и их реализацию для обеспечения выполнения некоторой задачи.

[ГОСТ Р 60.0.0.13—2023, статья 3.17]

3.1.9 **универсальный уникальный идентификатор** (universally inique Identifier, UUID): Идентификатор, уникальный как в пространстве, так и во времени.

3.1.10 **физический элемент** (physical element): Элемент, имеющий материальное существование в реальном мире.

3.1.11

элемент (element): Самостоятельная структурная единица из набора данных.

Примечание — Сокращенный термин для обозначения элемента данных.

Пример — Файл может состоять из нескольких элементов, например записей, которые, в свою очередь, могут состоять из других элементов.

[ГОСТ 30721—2020, статья 01.01.49]

3.2 Термины, относящиеся к цифровому двойнику производства

3.2.1 **воспроизведение** (representation): Способ моделирования информации для ее интерпретации машиной.

3.2.2 **метод цифровой идентификации** (digital identification method): Метод (производства), выбранный для идентификации каждого физического производственного элемента и его цифрового двойника.

3.2.3 **презентация** (presentation): Способ отображения информации в форме, которая будет воспринята пользователями.

3.2.4

представление, точка представления (view, view point): Проекция модели, видимая из заданной перспективы или точки наблюдения, не включающая в себя сущности, которые не относятся к этой перспективе.

[ГОСТ Р 57317—2016, статья 2.3.36]

3.2.5

производственный процесс (manufacturing process): Структурированный набор действий или операций, совершаемых над материалом для превращения его из сырья или частично готового продукта в законченный продукт.

Примечание — Производственные процессы могут быть представлены в технологической схеме процесса, схеме движения продукта, табличной схеме или схеме фиксированного расположения. Процессы производства могут планироваться для изготовления продукта на склад, на заказ, для сборки на заказ и т. д., основанные на стратегическом использовании и размещении материально-производственных запасов.

[ГОСТ Р 57317—2016, пункт 2.1.35]

3.2.6 **физический производственный элемент**; ФПЭ (observable manufacturing element, OME): Элемент, представленный в физическом виде или функционирующий в процессе производства.

Примечание — К ФПЭ относятся персонал, оборудование, материалы, процессы, производственные объекты, окружающая среда, продукция и сопроводительная документация.

3.2.7

цифровой двойник (digital twin): Цифровое представление, достаточное для удовлетворения требований набора вариантов использования.

[ГОСТ Р 70991—2023, пункт 3.19]

3.2.8 **цифровое воспроизведение** (digital representation): Элемент данных производства, отражающий набор характеристик физического производственного элемента.

3.2.9 **цифровой двойник производства** (digital twin for manufacturing): Цифровое представление физического производственного элемента, подходящее для целей практического использования, с поддержкой синхронизации между физическим производственным элементом и его цифровым воспроизведением.

4 Обзор цифрового двойника производства

4.1 Общие положения

Целью создания цифрового двойника (ЦД) по ГОСТ Р 57700.37 являются обоснование технических и тактико-технических требований к изделию, снижение себестоимости, сроков разработки опытных образцов изделия, повышение технологичности изделия, а также повышение надежности эксплуатации изделия.

4.2 Концепция цифрового двойника производства

ЦДП по ГОСТ Р 57700.37 — это ЦД, наполнение и функциональность которого определяют в ходе реализации всех этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделия.

ЦДП может существовать на протяжении всего ЖЦ продукта и использовать аспекты виртуальной среды (высокоточное воспроизведения, мультифизика, внешние источники данных и т. д.), вычислительные методы (виртуальное тестирование, оптимизация, прогнозирование и т. д.) и аспекты физической среды (сведения о производительности за прошлые периоды, отзывы клиентов, затраты и т. д.) для повышения эффективности производственной системы.

Структура IIoT для ЦДП определена на рисунке 2.

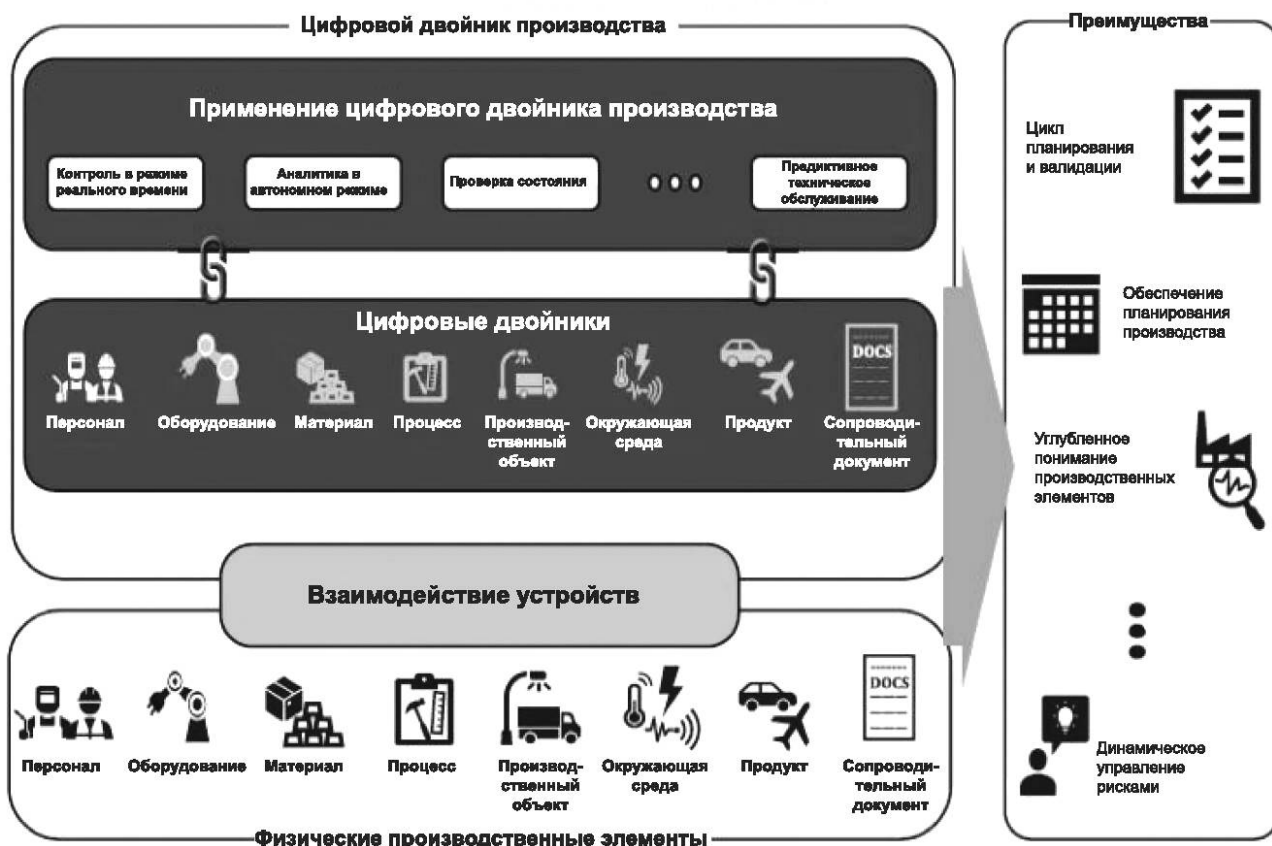


Рисунок 2 — Структура IIoT для ЦДП

ЦДП помогает выявлять аномалии в производственных процессах и достигать различных целей функционирования производства, таких как контроль в режиме реального времени, аналитика в автономном режиме, проверка состояния, профилактическое техническое обслуживание, синхронный мониторинг/оповещение об аварийной ситуации, оптимизация управления производственными операциями, адаптация процесса, анализ больших данных и машинное обучение.

Для управления ЦДП используют разработанные с применением технологий искусственного интеллекта, дополненной и расширенной реальности, облачных инструментов, а также датчиков и систем IIoT приложения. В зависимости от требований приложения ЦДП обновляется с необходимой периодичностью данными об операционных процессах и окружающей среде, такими как статус, условия, геометрия продукта и производственные ресурсы. ЦДП способен запоминать предыдущие состояния своего ФПЭ и прогнозировать его будущие состояния. Благодаря тому, что ЦДП обеспечивает прозрачность процесса и хода его выполнения, улучшается деловое взаимодействие и повышается эффективность других процессов, таких как выполняемые в цикле планирование и валидация, обеспечение планирования производства, динамическое управление рисками и снижение затрат.

Ожидаемыми результатами применения ЦДП на всех этапах ЖЦ изделий предполагается решение следующих задач:

- контроль в режиме реального времени;
- аналитика в автономном режиме;
- предиктивное техническое обслуживание;

- проверка ФПЭ;
- инженерное проектирование с целью оптимизации новых и существующих конструкций изделий;
- управление производством;
- видеонаблюдение;
- обеспечение планирования производства;
- динамическое управление рисками;
- углубленное понимание производственных элементов;
- отслеживание деталей/сборочных единиц;
- отслеживаемость.

5 Общие принципы структуры цифрового двойника производства

5.1 Обзор

Структура ЦДП является эталонной моделью для создания конкретного ЦДП.

5.2 Ограничения и рамки структуры цифрового двойника производства

На рисунке 3 показаны рамки структуры ЦДП.

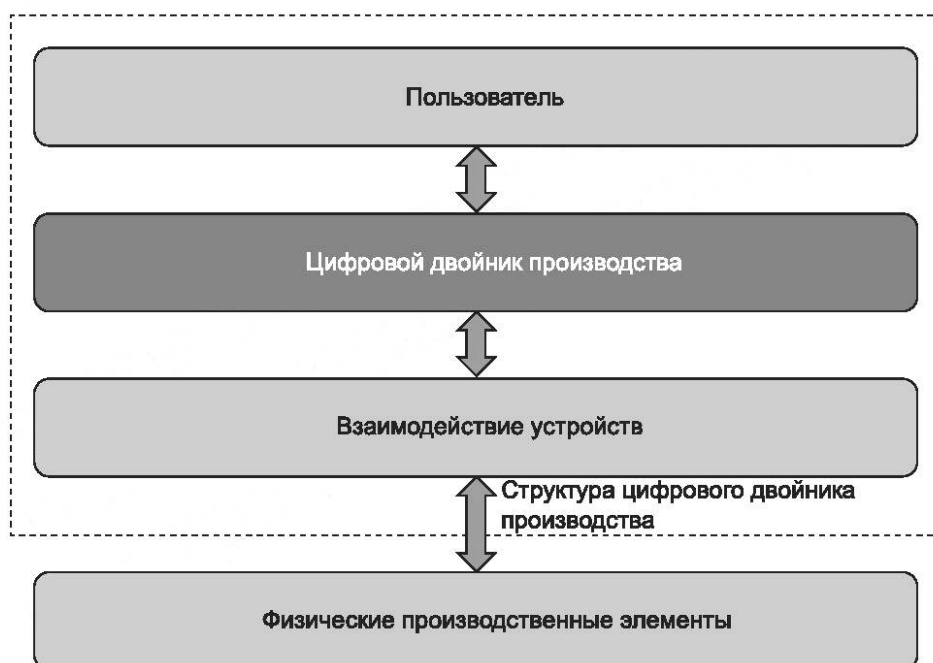


Рисунок 3 — Рамки структуры ЦДП

ЦДП и физический мир, представленный в виде ФПЭ, взаимодействуют и синхронизируют данные посредством связи между устройствами.

Синхронизация между ЦДП ФПЭ и обеспечивает постоянную оптимизацию производственных систем, поскольку ЦД получают информацию о работе физической системы в режиме реального времени.

Для реализации ЦДП используют подходящие методы и инструменты, имеющие определенное назначение и область действия.

ЦДП зависит от контекста и может быть частичным отображением физической системы. Она может включать лишь релевантные данные и модели, которые разработаны специально в целях их предполагаемого использования. Для синхронизации различных видов и представлений одного и того же ФПЭ используется метод идентификации, позволяющий сопоставлять виды и представления на разных этапах ЖЦ продукта.

5.3 Требования к цифровому двойнику производства

5.3.1 Общие положения

ЦДП должен описывать состояние соответствующего ФПЭ с должным уровнем точности.

При проектировании ЦДП необходимо обеспечить:

- выбор метода цифровой идентификации физических производственных элементов, для которых будет создаваться ЦД. Выбор унифицированного последовательного метода идентификации, например UUID, для упрощения процесса реализации;
- выбор стандартов и технологий для обработки данных, полученных от физических производственных элементов;
- выбор стандартов и технологий для контроля физических производственных элементов;
- выбор стандартов и технологий для создания цифровых представлений ФПЭ;
- выбор стандартов и технологий для обеспечения связи между ФПЭ, устройствами и ЦДП;
- выбор стандартов и технологий для взаимодействия с пользовательскими приложениями предприятия.

5.3.2 Необходимые требования к ЦДП

К ЦДП необходимо предъявлять следующие требования:

- точность описания состояния соответствующего физического элемента;
- обеспечение обмена информацией с другими связанными объектами;
- обеспечение сбора данных с заявленных датчиков;
- параметры алгоритмов анализа поступающих данных;
- поддержка целостности данных;
- возможности расширяемости, подключение новых приложений;
- детализация представляемой информации;
- однозначная идентификация ФПЭ;
- управление процессами оптимизации;
- выработка решений с учетом всех этапов ЖЦ продукта;
- требования безопасности и защита информации;
- моделирование всех процессов с учетом всех этапов ЖЦ продукта;
- интеграция всех систем ЦДП по ГОСТ Р МЭК 62264-1.

УДК 006.34:004.056:004.056.5:004.056.53:006.354

ОКС 35.240.50

Ключевые слова: цифровой двойник, цифровой двойник производства, физический производственный элемент

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 10.12.2024. Подписано в печать 17.12.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru