

УДК 004.94:656.2

Цифровые двойники железнодорожной инфраструктуры и ТИМ-решения: обзор платформ и проектов

**Зуев Денис
Владимирович**

— канд. техн. наук, генеральный директор. Научные интересы: нейронные сети, цифровые двойники. E-mail: zuevdv@gmail.com

**Бочкарев Сергей
Владимирович**

— канд. техн. наук, технический директор. Научные интересы: нейронные сети, цифровые двойники. E-mail: bochkareffsv@yandex.ru

ООО «Синтез АТ», Россия, 199004, Санкт-Петербург, Средний пр. Васильевского острова, д. 28/2

Для цитирования: Зуев Д. В., Бочкарев С. В. Цифровые двойники железнодорожной инфраструктуры и ТИМ-решения: обзор платформ и проектов // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2026. № 1 (45). С. 5–15. DOI: 10.20295/2413-2527-2026-145-5-15

Аннотация. Цифровые двойники железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава становятся базовой технологией повышения надежности, энергоэффективности и управляемости перевозочного процесса за счет сквозной интеграции данных жизненного цикла (изыскания — проектирование — строительство — эксплуатация — ТОиР). **Цель:** структурировать современные решения класса «цифровой двойник» в железнодорожной отрасли. **Результаты:** выполнен обзор корпоративных платформ и отраслевых экосистем (эксплуатационные платформы мониторинга состояния, ТИМ-решения для инфраструктуры, технология управления жизненным циклом продукта уровня сети), а также прикладных проектов у операторов и производителей. Предложена классификация по типам решений и этапам жизненного цикла, приведена сравнительная матрица ведущих платформ и кейсов, рассмотрены вопросы стандартизации (форматы OpenBIM/IFC), требований информационной безопасности и эксплуатационных параметров. **Практическая значимость:** результаты обзора могут быть использованы при выборе технологического стека и разработке дорожной карты внедрения цифровых двойников на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: цифровой двойник, железнодорожная инфраструктура, технологии информационного моделирования, ТИМ-решения, технология управления жизненным циклом продукта, среда общих данных, мониторинг состояния, предиктивное обслуживание, OpenBIM, информационная безопасность

2.3.6 — методы и системы защиты информации, информационная безопасность (технические науки);

2.9.8 — интеллектуальные транспортные системы (технические науки)

Введение

Цифровые двойники (ЦД) в железнодорожной отрасли развиваются как ответ на рост сложности инфраструктуры и подвижного состава, ужесточение требований к безопасности и пунктуальности, а также необходимость снижения стоимо-

мости жизненного цикла активов [1]. Практика внедрений охватывает как эксплуатационные контуры (предиктивное обслуживание, мониторинг состояния), так и инвестиционные контуры (ТИМ-проектирование, управление строительством,

управление активами). В обзоре зафиксированы решения и кейсы, реализуемые в России, Германии, Франции, Нидерландах, Китае, Великобритании и США, что позволяет сопоставить подходы операторов и вендоров в разных регуляторных и технологических средах [2, 3].

Концепция цифрового двойника и место ТИМ в железнодорожной отрасли

Представление каждого физического объекта контроля в формате цифровой информационной модели и обеспечение взаимодействия и информационной связи между ними, включая цифровое и физическое пространство, позволяет отобразить концепцию технологии цифрового двойника.

Для обеспечения информационной связи между физическим объектом контроля и его цифровой модели требуется устанавливать контроллеры, которые будут измерять диагностические параметры объекта контроля (рис. 1). Значения параметров, измеряемые контроллерами, должны аккумулироваться в цифровой информационной модели (ЦИМ) объекта контро-

ля. По мере наполнения данных ЦИМ объекта контроля преобразуется в цифровой двойник, что позволит решать задачи диагностирования и предиктивной аналитики в процессе эксплуатации. Цифровой двойник будет учитывать все изменения, происходящие с объектом контроля, накапливать диагностическую информацию о его поведении, что позволит адекватно описывать и прогнозировать поведение физического объекта. На основе данных цифрового двойника объекта контроля может быть реализована поддержка принятия решений по содержанию и техническому обслуживанию объекта контроля [4].

Цифровой двойник железнодорожной системы опирается на два класса данных:

1. Проектно-изыскательские данные (технологии информационного моделирования (ТИМ), технологии управления жизненным циклом объекта) — это комплекс научно обоснованных сведений о природных, геологических, экологических и климатических условиях участка, необходимых для проектирования, строительства и реконструкции («как спроектировано / как построено»).

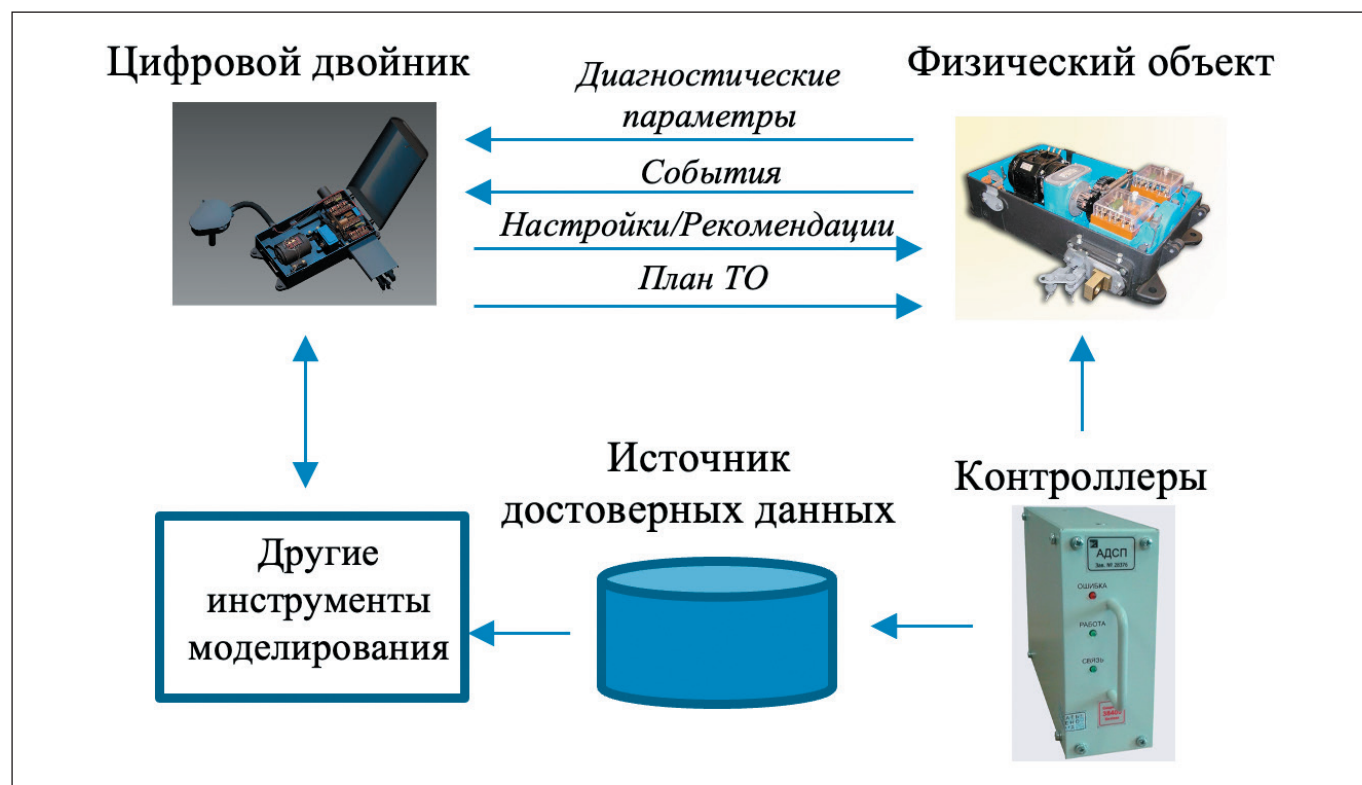


Рис. 1. Концепция цифрового двойника в структуре системного проектирования на примере стрелочного электропривода

2. Эксплуатационные данные (системы технической диагностики и мониторинга и IoT, планы техобслуживания и ремонта (ТОиР), диагностика, события, осмотры) — это совокупность технических параметров, определяющих надежность, работоспособность и эффективность использования объекта (машины, материала, здания) в реальных условиях («как работает сейчас»).

Поток диагностических данных от множества датчиков на подвижном составе и в инфраструктуре синхронизирует виртуальную модель с реальным объектом вблизи реального времени, обеспечивая прозрачность состояния и основу для предиктивной аналитики и оптимизационных сценариев [1, 4].

На протяжении жизненного цикла (особенно этапа эксплуатации) ЦИМ объекта контроля претерпевает постепенное преобразование сначала в части уточнения геометрических и атрибутивных параметров, а затем трансформации в соответствии с эксплуатационными событиями, выражающимися в основном в изменениях, вносимых при техническом обслуживании, реконструкциях и капитальных ремонтах.

Таким образом, для каждого этапа жизненного цикла ЦИМ объекта должна содержать отдельную структуру данных, полностью характеризующую ее геометрическую и атрибутивную составляющие, а также дополнительные сведения и документы, необходимые на данном этапе. По мере завершения формирования модели и перехода на следующий этап жизненного цикла структура этапа должна закрываться и исключать несанкционированное внесение изменений [5–7].

Постепенное накопление данных в ЦИМ от информационных систем на этапе эксплуатации и ввод их из уже имеющихся в эксплуатации справочников делает целесообразным их использование в качестве единого источника достоверных данных для передачи непосредственно в системы управления жизненным циклом.

Разработанная и постоянно развиваемая единая корпоративная платформа проектирования и ведения технической документации (ЕКП ТД) для использования в ОАО «РЖД» служит базой для раз-

работки цифрового двойника инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД». Первоисточником информации для создания цифрового двойника является рабочая и конструкторская документация, ведение которой заложено в ЕКП ТД.

Получение географических координат с картографических веб-сервисов и от систем пространственного сканирования и использование их в технической документации позволяет строить масштабные планы инфраструктуры и учитывать данные о высотном расположении объектов.

Получение от заводов-изготовителей и проектных институтов конструкторской и рабочей документации на устройства и их 3D-моделей в АСУ BIM (Building Information Modeling) позволит формировать объем геометрических, количественных, а также любых атрибутивных данных в привязке к конкретным объектам строительства и их конструкциям, необходимых для задач управления и информационного моделирования.

Пример схемы взаимодействия информационного моделирования АСУ BIM и цифрового двойника хозяйства автоматики и телемеханики выглядит следующим образом:

- заводы-изготовители передают в автоматизированную обучающую систему (АОС-ШЧ) заводской паспорт и 3D-модели устройств, затем данные передаются в информационно-аналитическую систему обеспечения процессов в хозяйстве автоматики и телемеханики (ИАС-Ш);
- проектные институты передают проект в формате ОФ-ТД (отраслевой формат технической документации) в ЕКП ТД;
- ИАС-Ш выступает интеграционной точкой для получения данных от информационных систем хозяйства автоматики и телемеханики и аккумулирует в себе данные с последующей передачей информации в ЕКП ТД;
- в ЕКП ТД формируются цифровые двойники объектов железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) и наполняются атрибутивными значениями;
- из ЕКП ТД в АСУ BIM передаются цифровые двойники объектов ЖАТ и двухниточные планы станции. В АСУ BIM осуществляется:

- проверка на ошибки в проектах от проектных институтов и отправка обратно на доработку в случае необходимости;
- наполнение моделей объектов ОАО «РЖД» атрибутивными значениями;
- формирование масштабных планов;
- геопозиционирование конструкций объектов ОАО «РЖД»;
- формирование цифрового двойника инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД»;
- передача после реализации строительства и формирования цифрового двойника инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД» выверенной документации в ЕКП ТД для последующей эксплуатации.

Классификация решений и охват жизненного цикла

По типам решения сгруппированы следующим образом (табл. 1):

- корпоративная платформа — решения общекорпоративного уровня (инфраструктура, единые стандарты безопасности и авторизации);
- платформа — специализированные технологические фундаменты (например, платформа данных, low-code-конструкторы), на которых строятся конкретные продукты;
- проект — точечные решения, направленные на конкретную бизнес-задачу, имеющие четкие временные рамки и уникальный функционал.

Таблица 1

Классификация решений по типам

Тип решения	Количество решений
Корпоративная платформа	1
Платформа	4
Проект	10

По охвату стадий жизненного цикла (табл. 2) доминируют эксплуатационные внедрения (мониторинг/ТО/оптимизация), что логично: именно там достигается быстрый эффект за счет снижения внеплановых отказов и простоев [2].

Таблица 2

Классификация по этапам жизненного цикла

Этап ЖЦ	Количество решений
Эксплуатация	12
Проектирование	4
Строительство	3
Изыскания	2
—	1

Сравнительный обзор ключевых платформ и экосистем

В табл. 3 приведена матрица, позволяющая сопоставить решения по типу, объекту охвата, ключевой функции и зрелости (промышленная эксплуатация/пилот/развертывание).

Эксплуатационные платформы мониторинга состояния и предиктивной аналитики

Подход эксплуатационного цифрового двойника реализуется как объединение телеметрии, данных ТОиР и аналитики с выдачей рекомендаций/предупреждений [1]. Отдельно стоит отметить следующие проекты:

- Railigent X — ориентация на предиктивное обслуживание, интеграция большого числа источников данных, расширение на инфраструктурные подсистемы.
- HealthHub Platform — заявлено объединение более 20 источников данных (включая эксплуатационные и внешние), обработка в реальном времени и рекомендации по обслуживанию и режимам эксплуатации. Приведены эффекты пилотов SNCF (французская железнодорожная компания) на участке Париж — Лион, а также кейс снижения неожиданных неисправностей в Нидерландах.
- «Доверенная среда локомотивного комплекса» и «Умный локомотив» — консолидация данных по тяговому парку и предиктивная аналитика на основе сенсоров и облачной обработки (пилоты и предотвращение отказов за счет раннего выявления проблемных узлов).

Общая сравнительная матрица решений

Решение	Вендор/ организация	Тип	Объект охвата	Ключевые функции	Зрелость/ статус
Railigent X [8]	Siemens Mobility	Платформа	Подвижной состав (расширение на инфраструктуру)	Интеллектуальный мониторинг	Промышленная эксплуатация
3DEXPERIENCE (Virtual Twin) [9]	Dassault Systèmes	Платформа	Инфраструктура, под- вижной состав, опера- ции (уровень сети)	Сквозной ТИМ и управление жизнен- ным циклом продукта	Широко применяемая корпоративная платформа
OpenRail + iTwin [10]	Bentley Systems	Платформа	Полный ЖЦ инфра- структуры (изыскания →проект→стройка→ эксплуатация)	3D-/4D-ТИМ	Промышленная эксплуатация, широкая экосистема
HealthHub [11, 12]	Alstom	Платформа	Подвижной состав и инфраструктура	Диагностика состояния	Промышленная эксплуатация
«Доверенная сре- да локомотивного комплекса» [2, 4]	ОАО «РЖД»	Корпоратив- ная плат- форма	Локомотивный комплекс	Сбор и хранение данных о состоянии тягового ПС	Эксплуатация
«Умный локомо- тив» [2, 4]	АО «НИИАС» / ОАО «РЖД»	Проект	Локомотивы (онбординг-сенсоры и облачная аналитика)	Аналитика ИИ	Пилотная эксплуатация
360° MSP / Digital Depot [13]	Deutsche Bahn / Siemens	Проект	Путь и депо (мульти- сенсорное сканирова- ние, цифровое депо)	Высокоточный цифровой образ пути и КС	Пилот/внедрение
ECML Digital Twin [14]	Network Rail	Проект	Участок магистрали (мосты, земляное полотно, путь)	Оптимизация графика капремонтов	Эксплуатация
Locomotive DT Program [15]	Union Pacific	Проект	~7000 локомотивов	Виртуальные про- фили с онлайн-теле- метрией	Эксплуатация
Network-wide Simulation [16]	Norfolk Southern	Проект	Сеть железной дороги	Имитация расписа- ний/потоков (топливо, пунктуальность)	Эксплуатация
Fuxing Digital Train [17]	CRRC	Проект	Скоростной поезд 350+ км/ч	Виртуальные испыта- ния прочности	Разработки/внедрение
Beijing — Shanghai HSR DT [18]	China Railway	Проект	ВСМ более 1300 км (путь, тоннели, мосты)	Интеграция монито- ринга в единую ЦД-платформу	Развертывание
Guangzhou Baiyun Station DT [18]	China Railway	Проект	Узловой вокзал	Виртуальная модель служб вокзала	Реализовано
Shanghai Metro Line DT	Shanghai Metro	Проект	Линия метро	ЦД-управление интервалами и энер- гопотреблением	Эксплуатация
HSR 5G Network DT Planning [19]	China Mobile / ZTE	Проект	Сеть связи вдоль ВСМ	Планирование сети (расположение 5G-антенн)	Анонс/пилот

PLM-/BIM-платформы уровня сети и жизненного цикла

Следует выделить такие проекты, как:

1. 3DEXPERIENCE (Virtual Twin) — бизнес-платформа и инновационная платформа, которая предоставляет организациям целостное видение их деловой активности и экосистемы в режиме реального времени.
2. OpenRail + iTwin — платформа полного жизненного цикла инфраструктуры, где ТИМ-контур интегрируется с эксплуатацией (изыскания → проект → стройка → эксплуатация).

Проекты цифровых двойников: кейсы по странам и операторам

Для прикладных проектов полезно сравнивать объект охвата, функцию (оптимизация ремонтов, энергопотребления, расписаний), зрелость (табл. 4).

Стандартизация и совместимость (OpenBIM/IFC)

Практика внедрения ЦД для инфраструктуры прямо зависит от зрелости стандартов дан-

ных и возможностей обмена между вендорами. В [7, 12] подчеркивается значимость адаптации IFC для инфраструктурных объектов и развитие OpenBIM-подходов как основы межплатформенной совместимости. В табл. 5 представлен свод по поддержке стандартов IFC/OpenBIM.

Отдельно следует отметить buildingSMART как ключевую международную организацию, развивающую OpenBIM-подходы и IFC-экосистему: в [7, 12] это рассматривается как критически важный слой совместимости.

Требования информационной безопасности и доверенная эксплуатация

Для цифровых двойников, особенно на критической инфраструктуре, типовой набор требований включает разграничение доступа (Role-Based Access Control — RBAC), защищенный канал, шифрование данных на хранении и аудит действий [13]. Для платформенного класса решений такие требования фиксируются как базовые, тогда как для отдельных проектов детали зависят от оператора и архитектуры развертывания. Свод

Таблица 4

Проекты: свод по странам и операторам

Решение	Оператор	Страна	Объект охвата	Ключевые функции	Зрелость/статус
360° MSP / Digital Depot	DB / S-Bahn Hamburg	DE	Путь и депо	Высокоточный цифровой образ пути и КС	Пилот/внедрение
ECML Digital Twin	Network Rail	UK	Участок магистрали	Оптимизация графика капремонтов	Эксплуатация
Locomotive DT Program	Union Pacific	US	~7000 локомотивов	Виртуальные профили с онлайн-телеметрией	Эксплуатация
Network-wide Simulation	Norfolk Southern	US	Сеть железной дороги	Имитация расписаний/потоков для топлива и пунктуальности	Эксплуатация
Fuxing Digital Train	CRRC	CN	Высокоскоростной поезд	Виртуальные испытания прочности	Разработки/внедрение
Beijing — Shanghai HSR DT	China Railway	CN	ВСМ 1300+ км	Интеграция многосистемного мониторинга	Развертывание
Guangzhou Baiyun Station DT	China Railway	CN	Узловой вокзал	Виртуальная модель служб вокзала	Реализовано
Shanghai Metro Line DT	Shanghai Metro	CN	Линия метро	Оптимизация интервалов и энергопотребления	Эксплуатация
HSR 5G Network DT Planning	China Mobile/China Railway	CN	Сеть связи вдоль ВСМ	DT-планирование размещения 5G-антенн	Анонс/пилот
«Умный локомотив»	РЖД/НИИАС	RU	Локомотивы	ИИ-аналитика состояния узлов	Пилотная эксплуатация

Свод по поддержке стандартов IFC/OpenBIM

Решение	Тип	Поддержка IFC	Поддержка OpenBIM (buildingSMART)	Зрелость / статус
Railigent X	Платформа	Не указано	Не указано	Промышленная эксплуатация
3D-EXPERIENCE (Virtual Twin)	Платформа	Не указано	Не указано	Enterprise-платформа
OpenRail + iTwin	Платформа	Да	Да	Промышленная эксплуатация
HealthHub	Платформа	Не указано	Не указано	Промышленная эксплуатация
«Доверенная среда локомотивного комплекса»	Корпоративная платформа	Не указано	Не указано	Эксплуатация

по требованиям информационной безопасности представлен в табл. 6.

Эксплуатационные характеристики: развертывание, поток данных, задержки, SLA, KPI

Для практического внедрения ЦД-платформы важны не только функции, но и операционная физика системы: где развернуто (локально/облако/гибрид), какой профиль данных (пакетный/поточный), ожидаемая задержка передачи данных и измеримые KPI (например, снижение аномалий, ускорение обследований, предотвращение отказов, оптимизация энергопотребления) [8]. Свод представлен в табл. 7.

Практические выводы и рекомендации по выбору стека

Создание единого информационного пространства в системе диагностирования и мо-

нитинга физических активов является одним из ключевых направлений стратегии цифровой трансформации и инициатив ОАО «РЖД».

Объединение диагностических баз данных в единое информационное пространство позволит:

- улучшить межуровневое взаимодействие;
- синхронизировать работу производственных подразделений, осуществляющих диагностирование и мониторинг физических активов;
- обеспечить достоверный учет фактического наличия и состояния диагностических комплексов и инструментов (технических и программных средств);
- повысить уровень предиктивной аналитики.

На основе рассмотренных решений можно выделить устойчивые паттерны внедрения:

1. Начинать с эксплуатационных кейсов (предиктивное ТО, мониторинг состояния), где проще доказать экономический эффект и обкатать данные/ИБ [2].

Свод по требованиям информационной безопасности

Решение	Тип	RBAC	TLS (в канале)	Шифрование на хранении	Аудит
Railigent X	Платформа	Да	Да	Да	Да
3DEXPERIENCE (Virtual Twin)	Платформа	Да	Да	Да	Да
OpenRail + iTwin	Платформа	Да	Да	Да	Да
HealthHub	Платформа	Да	Да	Да	Да
«Доверенная среда локомотивного комплекса»	Корпоративная платформа	Да	Да	Да	Да
Проектные решения (кейс-проекты)	Проект	Зависит от оператора	Зависит от оператора	Зависит от оператора	Зависит от оператора

Таблица 7

Эксплуатационные характеристики

Решение	Развертывание	Данные/ интеграция	Задержка	KPI/эффект
Locomotive DT Program	Гибрид (онборд → облако)	Поток данных из систем диагностики и IoT (обработка данных в реальном времени)	Секунды	Предотвращение отказов в рейсе
ECML Digital Twin	Локальное решение	Пакетные данные (файлы). Данные собираются и обрабатываются в автономном режиме, часто по расписанию	Секунды — минуты	Оптимизация капвложений
360° MSP / Digital Depot	Локальное решение/ гибрид	Пакетные данные (файлы). Данные собираются и обрабатываются в автономном режиме, часто по расписанию сессии)	Секунды — минуты	Ускорение обследований и планирования
Beijing — Shanghai HSR DT	Гибрид (мультисистемная интеграция)	Гибрид потока данных в реальном времени и автономном режиме	Секунды	Синхронизация мониторинга по подсистемам
Shanghai Metro Line DT	Локально/облако (SCADA + аналитика)	Интеллектуальный контроллер RAN в режиме близкого к реальному времени	Секунды	Снижение энергопотребления
HSR 5G Network DT Planning	Облако	Пакетные данные (файлы). Данные собираются и обрабатываются в автономном режиме, часто по расписанию	Минуты	Оптимизация размещения БС

2. Параллельно строить слой данных и интеграций: системы технической диагностики и мониторинга / интернет вещей + осмотры + ТОиР + BIM/GIS, с единым реестром активов и контролем качества данных [5].

3. Закладывать совместимость (OpenBIM/IFC там, где есть инфраструктурный BIM-контур) и избегать закрытых моделей данных без экспортного контура [7].

4. Заранее фиксировать эксплуатационные параметры и KPI, чтобы ЦД не оставался витриной визуализации, а работал как контур управления и принятия решений [8].

Заключение

Проведенный обзор показывает, что цифровые двойники на железнодорожном транспорте

развиваются по двум взаимодополняющим траекториям:

- эксплуатационные платформы мониторинга состояния и предиктивной аналитики;
- сквозные ТИМ и экосистемы управления жизненного цикла инфраструктуры, включая сценарное моделирование на уровне сети.

На стороне внедрения ключевыми факторами успеха являются качество и полнота данных, стандартизация (особенно для инфраструктурного ТИМ), выполнение требований информационной безопасности и измеримость эффекта через KPI [13]. Представленные классификация и сравнительные таблицы могут служить основой для выбора платформы, проектирования архитектуры интеграций и формирования дорожной карты внедрения цифровых двойников в железнодорожных организациях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Грузд Д. Е. Цифровые двойники на железнодорожном транспорте // Вопросы права. 2024. № 2. С. 143–144.
2. Цифровые двойники // РЖД Цифровой. 2022. 3 декабря. URL: <http://rzdigital.ru/technology/tsifrovye-dvoyniki/> (дата обращения: 12.02.2026).
3. Озеров А. В., Бочков А. В. Текущее состояние и перспективы мировых исследований в области интеллектуального железнодорожного транспорта // Интеллектуальный транспорт. 2025. № 2 (34). С. 43–66.
4. Прохоров А. Н., Лысачев М. Н. Цифровой двойник: анализ, тренды, мировой опыт: корпоративное издание / науч. ред. А. И. Боровков. 1-е изд., испр. и доп. М.: АльянсПринт, 2020. 400 с.

5. Цифровая железная дорога — ERTMS, BIM, GIS, PLM и цифровые двойники / В.П. Куприяновский [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13, № 3. С. 129–166. DOI: 10.25559/SITITO.2017.3.546.
6. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling. Part 1: Concepts and principles. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. 44 p.
7. IFC 4.3.2 Documentation. URL: <http://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org> (дата обращения: 12.02.2026).
8. Railigent X — Rail Asset Management // Siemens Mobility Global. URL: <http://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/digital-solutions-software/digital-services/railigent-x.html> (дата обращения: 12.02.2026).
9. Chen M. Unleashing the Benefits of Virtual Twins in Rail // Dassault Systèmes Blog. 2023. 3 July. URL: <http://blog.3ds.com/industries/business-services/unleashing-the-benefits-of-virtual-twins-in-rail> (дата обращения: 12.02.2026).
10. Bentley Systems. Digital Twins Drive Better Outcomes across Rail Lifecycle: e-book. 2022. URL: <http://www.bentley.com/wp-content/uploads/ebook-digital-twins-rail-asset-lifecycle-en.pdf> (дата обращения: 12.02.2026).
11. Alstom Launches HealthHub, an Innovative Tool for Predictive Maintenance // Alstom Company Official Website. 2014. 23 September. URL: <http://www.alstom.com/press-releases-news/2014/9/innotrans2014-alstom-launches-healthhub-an-innovative-tool-for-predictive-maintenance-> (дата обращения: 12.02.2026).
12. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements. Geneva: International Organization for Standardization, 2022. 26 p.
13. The Solution for the Digital Rail Network. URL: <http://www.bahnbaugruppe.de/bahnbaugruppe-en/Sustainable-Innovative/Multisensor-Platform-12836384> (дата обращения: 12.02.2026).
14. East Coast Digital Programme // Network Rail. URL: <http://www.networkrail.co.uk/our-work/our-routes/east-coast/east-coast-digital-programme> (дата обращения: 12.02.2026).
15. Union Pacific Signs Largest Locomotive Modernization Deal in Rail Industry History with Wabtec // Union Pacific. 2022. 27 July. URL: <http://www.up.com/press-releases/service/wabtec-locomotive-modernization-nr-220727> (дата обращения: 12.02.2026).
16. Jihan G. Virtual Railroads, Real Impact: How Digital Twins Drive Efficiency // Norfolk Southern Company Official Website. 2026. 14 January. URL: <http://www.norfolksouthern.com/en/newsroom/story-yard/virtual-railroads--real-impact--how-digital-twins-drive-efficiency> (дата обращения: 12.02.2026).
17. Поезд «Фусин» прибыл в Яньань: протяженность высокоскоростных железных дорог Китая превысила 50 000 км // CRRC Group Official Website. 2026. 4 January. URL: http://www.crrcgc.cc/ru/2026-01/20/article_2026012013483345175.html (дата обращения: 12.02.2026).
18. Liu Z., Lin S. Digital Twin Model and Its Establishment Method for Steel Structure Construction Processes // Buildings. 2024. Vol. 14, iss. 4. Art. No. 1043. 17 p. DOI: 10.3390/buildings14041043.
19. China Mobile, ZTE Revolutionize High-Speed Railway with 5G-A Digital Twin // ZTE Corporation Official Website. 2024. 25 March. URL: <http://www.zte.com.cn/global/about/news/china-mobile-zte-revolutionize-high-speed-railway-with-5g-a-digital-twin.html> (дата обращения: 12.02.2026).

Дата поступления: 20.02.2026

Решение о публикации: 20.02.2026

Digital Twins for Railway Infrastructure and BIM Solutions: An Overview of Platforms and Projects

Denis V. Zuev

— PhD in Engineering, Director General. Research interests: neural networks, digital twins.
E-mail: zuevdv@gmail.com

Sergey V. Bochkarev

— PhD in Engineering, Technical Director. Research interests: neural networks, digital twins.
E-mail: bochkareffsv@yandex.ru

Sintez AT LLC, 28/29, Sredny pr., Vasilievsky Island, Saint-Petersburg, 199004, Russia

For citation: Zuev D.V., Bochkarev S.V. Digital Twins for Railway Infrastructure and BIM Solutions: An Overview of Platforms and Projects, *Intellectual Technologies on Transport*, 2026, no. 1 (45), pp. 5–15. DOI: 10.20295/2413-2527-2026-145-5-15. (In Russian)

Abstract. Digital twins of railway infrastructure and rolling stock are emerging as a foundational technology for enhancing the reliability, energy efficiency, and operational controllability by enabling end-to-end integration of lifecycle data (surveying — design — construction — operation — maintenance and repair). **Purpose:** to systematize contemporary digital twin solutions in the railway sector. **Results:** an overview of corporate platforms and industry ecosystems, such as operational condition-monitoring platforms, BIM solutions for infrastructure, and network-level PLM approaches, is presented, together with descriptions of applied projects implemented by operators and manufacturers. A classification by solution type and lifecycle stage is proposed; a comparative matrix of leading platforms and cases is presented; and issues of standardization (OpenBIM/IFC), information security requirements, and operational parameters are considered. **Practical significance:** the review's findings can inform the selection of an appropriate technology stack and guide the formulation of a roadmap for deploying digital twins in railway transport.

Keywords: digital twin, railway infrastructure, building information modelling, BIM solutions, product lifecycle management technology, common data environment, condition monitoring, predictive maintenance, OpenBIM, information security

REFERENCES

1. Gruz D.E. Tsifrovye dvoyniki na zheleznodorozhnom transporte [Digital Twins in Railway Transport], *Voprosy Prava*, 2024, no. 2, pp. 143–144. (In Russian)
2. Tsifrovye dvoyniki [Digital Twins], *RZhD Tsifrovoy [RZD.Digital]*. Published online at December 03, 2022. Available at: <http://rzdigital.ru/technology/tsifrovye-dvoyniki/> (accessed: February 12, 2026). (In Russian)
3. Ozerov A.V., Bochkov A.V. Tekushchee sostoyanie i perspektivy mirovykh issledovaniy v oblasti intellektualnogo zheleznodorozhnogo transporta [The Current State and Prospects of Global Research in the Field of Intelligent Railway Transport], *Intellektualnyy transport*, 2025, no. 2 (34), pp. 43–66. (In Russian)
4. Prokhorov A.N., Lysachev M.N. Tsifrovoy dvoynik: analiz, trendy, mirovoy opyt: korporativnoe izdanie [Digital Twin: Analysis, Trends, and Global Experience: Corporate Edition]. Moscow, AlyansPrint Publishing House, 2020, 400 p. (In Russian)
5. Kupriyanovsky V.P., et al. Tsifrovaya zheleznaya doroga — ERTMS, BIM, GIS, PLM i tsifrovye dvoyniki [Digital Railway — ERTMS, BIM, GIS, PLM and Digital Twins], *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovanie [Modern Information Technologies and IT-education]*, 2017, vol. 13, no. 3, pp. 129–166. DOI: 10.25559/SITITO.2017.3.546. (In Russian)

6. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling. Part 1: Concepts and principles. Geneva, International Organization for Standardization, 2018, 44 p.
7. IFC 4.3.2 Documentation. Available at: <http://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org> (accessed: February 12, 2026).
8. Railigent X — Rail Asset Management, *Siemens Mobility Global*. Available at: <http://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/digital-solutions-software/digital-services/railigent-x.html> (accessed: February 12, 2026).
9. Chen M. Unleashing the Benefits of Virtual Twins in Rail, *Dassault Systèmes Blog*. Published online at July 03, 2023. Available at: <http://blog.3ds.com/industries/business-services/unleashing-the-benefits-of-virtual-twins-in-rail> (accessed: February 12, 2026).
10. Bentley Systems. Digital Twins Drive Better Outcomes Across Rail Lifecycle: E-book, 2022. Available at: <http://www.bentley.com/wp-content/uploads/ebook-digital-twins-rail-asset-lifecycle-en.pdf> (accessed 12.02.2026).
11. Alstom Launches HealthHub, an Innovative Tool for Predictive Maintenance, *Alstom Company Official Website*. Published online at September 23, 2014. Available at: <http://www.alstom.com/press-releases-news/2014/9/innotrans2014-alstom-launches-healthhub-an-innovative-tool-for-predictive-maintenance-> (accessed: February 12, 2026).
12. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements. Geneva, International Organization for Standardization, 2022, 26 p.
13. The Solution for the Digital Rail Network. Available at: <http://www.bahnbaugruppe.de/bahnbaugruppe-en/Sustainable-Innovative/Multisensor-Platform-12836384> (accessed: February 12, 2026).
14. East Coast Digital Programme, *Network Rail*. Available at: <http://www.networkrail.co.uk/our-work/our-routes/east-coast/east-coast-digital-programme> (accessed: February 12, 2026).
15. Union Pacific Signs Largest Locomotive Modernization Deal in Rail Industry History with Wabtec, *Union Pacific*. Published online at July 27, 2022. Available at: <http://www.up.com/press-releases/service/wabtec-locomotive-modernization-nr-220727> (accessed: February 12, 2026).
16. Jihan G. Virtual Railroads, Real Impact: How Digital Twins Drive Efficiency, *Norfolk Southern Company Official Website*. Published online at January 14, 2026. Available at: <http://www.norfolksouthern.com/en/newsroom/story-yard/virtual-railroads--real-impact--how-digital-twins-drive-efficiency> (accessed: February 12, 2026).
17. Fuxing EMU Reaches Yan'an as China's High-Speed Rail Mileage Exceeds 50,000 km, *CRRC Group Official Website*. Published online at January 04, 2026. Available at: http://www.crrcgc.cc/en/2026-01/14/article_2026011416345448907.html (accessed: February 12, 2026).
18. Liu Z., Lin S. Digital Twin Model and Its Establishment Method for Steel Structure Construction Processes, *Buildings*, 2024, vol. 14, iss. 4, art. no. 1043, 17 p. DOI: 10.3390/buildings14041043.
19. China Mobile, ZTE Revolutionize High-Speed Railway with 5G-A Digital Twin, *ZTE Corporation Official Website*. Published online at March 25, 2024. Available at: <http://www.zte.com.cn/global/about/news/china-mobile-zte-revolutionize-high-speed-railway-with-5g-a-digital-twin.html> (accessed: February 12, 2026).

Received: 20.02.2026

Accepted: 20.02.2026