

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 OpenVIM/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, OpenVIM, 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 стои-

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 ВІМ (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 ВІМ 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 ВІМ передаются цифровые двойники объектов ЖАТ и двухниточные планы станции. В АСУ ВІМ 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 общекомпанийского 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, подвижной состав, операции (уровень сети)	Сквозной ТИМ и управление жизненным циклом продукта	Широко применяемая корпоративная платформа
OpenRail + iTwin [10]	Bentley Systems	Платформа	Полный ЖЦ инфраструктуры (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 среда локомотивного комплекса» [2, 4]	ОАО «РЖД»	Корпоративная платформа	Локомотивный комплекс	Сбор и хранение данных о состоянии тягового ПС	Эксплуатация
«Умный локомотив» [2, 4]	АО «НИИАС» / ОАО «РЖД»	Проект	Локомотивы (онборд-сенсоры и облачная аналитика)	Аналитика ИИ	Пилотная эксплуатация
360° MSP / Digital Depot [13]	Deutsche Bahn / Siemens	Проект	Путь и депо (мультисенсорное сканирование, 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 капремонтв	Эксплуатация
Locomotive DT Program [15]	Union Pacific	Проект	~7000 локомотивов	Виртуальные профили с онлайн-телеметрией	Эксплуатация
Network-wide Simulation [16]	Norfolk Southern	Проект	Сеть железной дороги	Имитация расписаний/потоков (топливо, пунктуальность)	Эксплуатация
Fuxing Digital Train [17]	CRRC	Проект	Скоростной поезд 350+ км/ч	Виртуальные испытания прочности	Разработки/внедрение
Beijing — Shanghai HSR DT [18]	China Railway	Проект	ВСМ более 1300 км (путь, тоннели, мосты)	Интеграция мониторинга 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 энергопотреблением	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 капремонт	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/поточковый), 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].

Таблица 6

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](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

**Sergei 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. Gruzd D.E. Tsifrovye dvoyniki na zhelezнодорожном транспорте [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 zhelezнодорожного транспорта [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.crrecg.cc/en/2026-01/14/article\\_2026011416345448907.html](http://www.crrecg.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