

Анализ возможностей применения технологий информационного моделирования для объектов железнодорожной инфраструктуры

О.С. Булакаева, А.В. Беловолова, И.Д. Богачев, Г.Д. Дзеган,

А.В. Кощеева, М.А. Нерсесян

Петербургский государственный университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

Аннотация: В области проектирования и строительства транспортных объектов, в частности, железнодорожного транспорта, технологии «Индустрии 4.0» постепенно находят свое применение. В транспортной отрасли особое распространение получило понятие «цифровых двойников» – компьютерного представления реального объекта. Основой для «цифровых двойников» являются информационные модели (ТИМ-модели). На настоящем этапе развития данных технологий методика применения ТИМ для линейно-протяжных объектов не проработана до конца. В настоящей работе рассмотрен опыт проектирования объектов железнодорожной инфраструктуры с помощью технологий информационного моделирования в России и в мире. Предложена концепция методики практической реализации технологии информационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры на стадии проектирования. Рассмотрены основные ограничения представленной методики и пути их преодоления.

Ключевые слова: BIM, информационная модель, железные дороги, технологии информационного моделирования на железных дорогах, методика информационного моделирования

Введение

С целью модернизации технологий и повышению качества в отрасли строительства в 2019 году были внесены изменения в ФЗ № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации», официально закрепившие понятие: «информационная модель объекта капитального строительства». Закономерным этапом развития и становления «технологий информационного моделирования» (ТИМ), как неотъемлемой части проектирования, являлось принятие Постановлений, базовых Национальных стандартов и Сводов правил, подкрепляющих изменения в ФЗ № 190-ФЗ [1]. Кульминационной точкой внедрения ТИМ в Российской Федерации стало вступление в силу Постановление № 331 от 05.03.2021, которое устанавливает обязательное применение ТИМ на объектах, «финансируемых с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации».

Федерации». Объем финансирования Приоритетных инвестиционных проектов компании ОАО «РЖД» из средств Федерального бюджета составляет порядка 14% [2], что косвенно заявляет о необходимости применения новых технологий информационного моделирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Анализ мирового опыта внедрения ТИМ

Общий уровень внедрения технологий информационного моделирования в мире достаточно высок. Страны-лидеры по внедрению ТИМ – это Великобритания (73%), США (70%), Финляндия (50%), Франция (60%), Германия (70%) и Сингапур (80%). В России данный показатель не более 12%. В мире имеется опыт проектирования объектов железнодорожной инфраструктуры с применением ТИМ (таблица № 1). На успех применения ТИМ в крупных инфраструктурных проектах велико влияние государства, как направляющей и координирующей, а также законодательной и научной силы.

Таблица №1

Примеры применения ТИМ на железных дорогах

Страна	Краткое описание проекта	Программное обеспечение BIM	Основные преимущества
Швеция, 2016	Строительство двух дополнительных главных путей на 3-х км железнодорожной линии Mälarbanan, включая строительство станции и тоннеля [3]	Bentley Systems	Надежные и согласованные проектные решения; упрощенное взаимодействия между основными участниками
Бельгия, 2016	Двухпутный железнодорожный тоннель Schuman-Josaphat длиной 1,25	нет данных	(заказчиком, руководителем проектов и

Страна	Краткое описание проекта	Программное обеспечение BIM	Основные преимущества
	км [3]		подрядчиками); параллельное проектирование, основанное на быстром обороте и интерактивном моделировании; соблюдение сроков, несмотря на серьезные эксплуатационные ограничения; предупреждение коллизий; оптимизация затрат в пределах жизненного цикла; доступность цифровых данных для последующего обслуживания; снижение эксплуатационных расходов; облегчение выбора вариантов благодаря моделированию потенциальных инфраструктурных объектов, для изучения практических и экономических преимуществ и
Франция, 2018	Проект технического обслуживания элементов инфраструктуры SNCF в районах Метца и Страсбурга (контактной сети, средств сигнализации и пути) [3]	нет данных	
Великобритания, 2019	Crossrail (Линия Елизаветы) – проект железной дороги в Лондоне, связывающей восточные и западные пригороды и городские районы [4]	Bentley Systems	
Марокко, 2018	Проектирование электрических подстанций при реализации железнодорожного проекта ONCF [3]	нет данных	
Эстония-Латвия-Литва-Польша, 2027	Проект высокоскоростной железнодорожной магистрали Rail Baltica [4]	Bentley Systems	
Южная Корея, 2015	Проект железнодорожного моста на высокоскоростной железнодорожной магистрали Nonam [4]	нет данных	
Великобритания	Проект	Bentley	

Страна	Краткое описание проекта	Программное обеспечение BIM	Основные преимущества
ия, 2029-2030	высокоскоростной железнодорожной магистрали HighSpeed 2 [4]	Systems	улучшить процесс принятия решений
Китай, 2022	Проект высокоскоростной железнодорожной магистрали Пекин – Чжанцзякоу (в мировом сообществе считается эталонным BIM - проектом в области проектирования железных дорог) [4]	LumenRT, MicroStation, OpenBuildings, Designer, Bentley OpenRail, Connected Data Environment, OpenRoads, ProjectWise	
Россия, 2022	Проект строительства дополнительных приемо-отправочных путей на станции Ядрин Дальневосточной железной дороги [5]	Autodesk	

Методика информационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры на стадии проектирования

На основе анализ мирового опыта сформирован подход к информационному моделированию объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Структура цифровой информационной модели для объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта должна включать 6 основных моделей, соответствующих этапам жизненного цикла (рис.1),

наполненных геометрической (3D) и атрибутивной информацией (3D, 4D, 5D, 6D).



Рис. 1. – Общая структура информационной модели железной дороги

Модели отличаются содержанием и уровнем детализации (LOD 100, 200, 300, 400, 500 [6]). Каждая последующая модель включает в себя предыдущую (базовую для нее модель), а также модели специального назначения. Специальные модели содержат взаимосвязанные данные, представляющие основные работы, выполняемые на рассматриваемом этапе жизненного цикла объекта. Проектная модель железной дороги состоит из базовых моделей и моделей специального назначения. Для проектной модели базовой является модель инженерных изысканий, а модели специального назначения по содержанию соответствуют основным разделам (подразделам) проектной документации. Структура проектной модели железной дороги представлена в Таблице 2.

Каждый объект моделей специального назначения или слой базовой модели разрабатывается в отдельном файле, а затем экспортируются с целью формирования сводной проектной модели. Данная технология комплексно может быть реализована с помощью программного обеспечения Autodesk и Bentley Systems. Ключевыми особенностями программных комплексов, реализующих технологии информационного моделирования, являются возможности: создания библиотек, совместной работы над проектом, параметризации, поиск коллизий и выпуск документации (автоматическая генерация чертежей) [7].

Таблица 2

Структура проектной модели железной дороги

ПРОЕКТНАЯ МОДЕЛЬ	
Базовые модели	ЦМР (цифровая модель рельефа)
	ЦМИГИ (цифровая инженерно-геологическая модель)
	ЦМС (цифровая модель ситуации (здания, сооружения, инженерные коммуникации, дороги и т.д.);
	ЦМИГДИ (цифровая модель гидрометеорологических изысканий)
	ЦМИЭИ (цифровая модель инженерно-геологических изысканий)
	ЦМППО (цифровая модель полосы отвода, включает территориальные зоны и земельные участки)
Модели специального назначения	ЦМПЖ (цифровая модель железнодорожный путей)
	ЦМИССО (цифровая модель искусственных сооружений)
	ЦМСЦБ (цифровая модель устройств СЦБ)
	ЦМСС (цифровая модель сетей связи)
	ЦМЭ (цифровая модель устройств электроснабжения)
	ЦМИЛО (цифровая модель зданий, строений и сооружений)

Основные ограничения применения методики

Несмотря на имеющийся опыт информационного моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры ситуация с внедрением технологий информационного моделирования в 2023 году достаточно сложная. Основные поставщики программного обеспечения с Российского рынка ушли. Возможности российских программ не отвечают требованиям к информационным моделям железной дороги по критерию «комплексность». Такие специализированные задачи, как проектирование железных дорог (трассы, земляного полотна и элементов верхнего строения пути), в них решаются успешно. Однако их применение для проектирования элемента инфраструктуры – моста или здания вокзала в них весьма проблематично. Импорт железной дороги из российских программ в открытом формате IFC ограничен. В тоже время, стандарт IFC не полностью готов работать с пространственно-распределенными данными инфраструктурных проектов.

Помимо отсутствия отечественного программного обеспечения, позволяющего в полной мере интегрировать ТИМ в область железнодорожного строительства, другими сдерживающими факторами внедрения технологии являются [8]:

- недостаточность проработки нормативной базы (отсутствие в нормативной базе для изысканий, проектирования и строительства инфраструктурных объектов требований к ТИМ);
- необходимость создания баз данных и библиотек объектов;
- необходимость владения навыками программирования;
- разрыв в уровнях ТИМ-квалификации и заинтересованности специалистов в области проектирования объектов инфраструктуры железных дорог.

Заключение

Внедрение технологий информационного моделирования в России все еще набирает актуальность. Сдерживающие внешние и внутренние обстоятельства не дают случиться резкому подъему ТИМ в области проектирования железных дорог. В то же время, новые стимулы развития для разработчиков программного обеспечения и представителей проектного сообщества могут привести к реализации отечественных разработок и технологий в области информационного моделирования [9,10].

Настоящая статья опубликована при поддержке Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ, выполняемых студенческими научными коллективами.

Литература

1. Ялилов А.Д. Особенности гражданско-правового регулирования отношений в сфере проектирования и строительства при использовании

технологии информационного моделирования (BIM). Актуальные проблемы российского права. 2022. №17(11). С.87-99. DOI: 10.17803/1994-1471.2022.144.11.087-099

2. Галтер В.В. Особенности стратегического планирования инвестиционной деятельности в ОАО «РЖД» // Universum: экономика и юриспруденция. 2022. № 9(96). С.17-21.

3. Bensalah Mounir, Elouadi Abdelmajid, Mharzi Hassan Railway Information Modeling RIM: The Track to Rail Modernization. 2019. DOI: 10.1002/9781119649229.

4. Куприяновский В.П., Покусаев О.Н., Климов А.А., Добрынин А.П., Лазуткина В.С., Потапов И.П. Bim на железных дорогах мира – развитие, примеры, стандарты // International Journal of Open Information Technologies. 2020. №5. URL: cyberleninka.ru/article/n/bim-na-zheleznyh-dorogah-mira-razvitiye-primery-standarty.

5. Коломиец, В. С. Информационное моделирование объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2021. № 9. С. 18-32.

6. Петров К.С., Швец Ю.С., Корнилов Б.Д., Шелкоплясов А.О. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2018. №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_20_Petrov.pdf_df135443df.pdf

7. Айроян З.А., Коркишко А.Н. Управление проектами нефтегазового комплекса на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологий) // Инженерный вестник Дона. 2016. №4 (43). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3816

8. Гарбер В.А. Информационное моделирование в тоннелестроении // Подземные горизонты №23. 2020. С. 4-9.

9. Anisimov V.A., Bulakaeva O.S., Shkurnikov S.V. The concept of computeraided design of railways in the information and digital environment // BRICS transport. 2022. №1(1). URL: bricstransport.ru/jour/article/view/11

10. Анисимов В. А., Булакаева О. С., Шкурников С. В. Функциональная модель системы автоматизированного проектирования железных дорог в информационно-цифровой среде // БРНИ. 2022. №4. С.117-130. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-117-130

References

1. Yalilov A.D. Aktual`ny`e problemy` rossijskogo prava. 2022. №17 (11). pp.87-99. DOI: 10.17803/1994-1471.2022.144.11.087-099
 2. Galter V.V. Universum: ekonomika i yurisprudentsiya. 2022. №9 (96). Pp.17-21.
 3. Bensalah Mounir, Elouadi Abdelmajid, Mharzi Hassan Railway Information Modeling RIM: The Track to Rail Modernization. 2019. DOI: 10.1002/9781119649229.
 4. Kupriyanovskiy V.P., Pokusayev O.N., Klimov A.A., Dobrynin A.P., Lazutkina V.S., Potapov I.P. Mezhdunarodnyj zhurnal otkrytykh informatsionnykh tekhnologiy. 2020. №5. URL: cyberleninka.ru/article/n/bim-na-zheleznyh-dorogah-mira-razvitiie-primery-standarty
 5. Kolomiyets, V. S. Balalayev M. A. Proyektirovaniye razvitiya setey zheleznykh dorog. 2021. № 9. Pp. 18-32.
 6. Petrov K.S., Shvets YU.S., Kornilov B.D., Shelkopyasov A.O. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_20_Petrov.pdf_df135443df.pdf
 7. Ayroyan Z.A., Korkishko A.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3816
-



8. Garber V.A. Podzemnye gorizonty, №23. 2020. Pp. 4-9.
9. Anisimov V.A., Bulakayeva O.S., Shkurnikov S.V. BRICS transport. 2022. №1(1). URL: bricstransport.ru/jour/article/view/11
10. Anisimov V. A., Bulakayeva O. S., Shkurnikov S. V. BRNI. 2022. №4. Pp.117-130. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-4-117-130