

ФЕДОР ПАЩЕНКО: «ВРЕМЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НЕ ЗАСТАВИТ СЕБЯ ДОЛГО ЖДАТЬ»

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СДЕЛАЮТ ЭКСПЛУАТАЦИЮ НАЗЕМНОЙ АВИАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БЕЗОПАСНЕЕ И ДЕШЕВЛЕ

Создание цифровых двойников аэродромов и аэропортов коренным образом поменяет подход к проектированию, строительству и эксплуатации в отрасли. О том, чем такие двойники могут быть полезны участникам рынка рассказал к.т.н., член-корреспондент Академии проблем водохозяйственных наук, генеральный директор проектно-изыскательского и научно-исследовательского института воздушного транспорта «Ленаэропроект» Федор Пащенко.



– Что такое цифровой двойник аэропорта? Какое определение, на ваш взгляд, будет наиболее полным и точным?

– Прочитав информацию в интернете и различные определения, люди понимают это по-своему. Даже одинаковый по составу набор элементов цифрового двойника может по-разному восприниматься в зависимости от отрасли применения.

Если отвечать на вопрос формально, то имеется два определения. Первое из ГОСТ Р 57700.37-2021, цифровой двойник изделия – система, состоящая из цифровой модели и двусторонних информационных связей с изделием, при его наличии (или) с его составными частями. Второе в стандарте ISO 23247:2021. Там цифровой двойник – это цифровая модель конкретного физического элемента или процесса с подключениями к данным, которая обеспечивает конвергенцию между физическим и виртуальным состояниями с соответствующей скоростью синхронизации.

В этих стандартах даны такие определения, как цифровая модель изделия, цифровая модель и цифровой двойник организации. Определений хватает, практических примеров пока недостаточно. Понимание придет со временем.

– В чем суть данной технологии?

– Суть в создании точной цифровой копии объекта, взаимодействующей в режиме реального времени с самим объектом посредством систем двусторонних связей. Инструменты создания таких цифровых копий и двусторонних связей представляют собой широкий спектр специализированных программных комплексов и систем мониторинга, дальше все зависит от отрасли применения. Важно отметить, что в состав цифрового двойника входит также цифровизация технологических и бизнес-процессов, связанных с различными этапами жизненного цикла объекта.

Для примера описания различного восприятия можно взять цифровой

двойник в машиностроении и строительстве.

В первом случае акцент может делаться на конструктивных элементах изделия, протекающих в нем процессах, таких как напряжения, тепло-массоперенос, химическая кинетика, аэродинамика, их мониторинге во времени, своевременном прогнозировании неблагоприятных сценариев работы изделия. Оцифровке технологических и бизнес-процессов в данном случае может отводиться второстепенное значение, на первом месте – безопасность или вывод изделия/объекта на оптимальные параметры.

В строительстве технологические и бизнес-процессы – существенная составляющая цифрового двойника, в значительной степени определяющая экономический эффект. Цифровые копии объектов и применяющиеся в них численные модели увязаны с процессами проектирования, строительства и эксплуатации.

– Расскажите об элементах цифрового двойника аэродромно-аэропортового объекта.

– При разработке комплексного цифрового двойника я бы выделил четыре основных элемента. Это система мониторинга инженерных систем и конструкций, информационные системы, такие как BIM, ERP, GIS, системное и численное моделирование с использованием искусственного интеллекта и дополненная и смешанная реальность. Каждый элемент – широкий набор инструментов и подходов к реализации. Чтобы все это увязать, мы используем интеграционную систему, агрегирующую в себе информацию со стороны всех элементов, что, в первую очередь, не требует наличия у конечного пользователя дополнительных лицензий на специализированное ПО, во-вторых, дает возможность в рамках его компетенций анализировать данные и осуществлять управление. В отдельных случаях в процессе эксплуатации для проведения углубленных модельных исследований или интерпретации полученных данных конечному пользователю нужно будет обращаться к компании-разработчику в рамках технической поддержки.

– С какой целью создается инструмент цифрового двойника аэродромно-аэропортового объекта? Что получает пользователь такого инструмента, трехмерной модели объекта?

– Деятельность аэропорта – это бизнес, основная цель внедрения чего-то нового – деньги. В зависимости от условий работы объекта необходимость использования и степень детализации отдельных элементов цифрового двойника будет различаться. На бытовом уровне это можно сравнить с установкой некой инновационной системы на ваш автомобиль. Система повысит комфорт, безопасность, продлит ресурс и сэкономит расход топлива. Дальше пользователь должен принять решение о целесообразности таких капитальных затрат для автомобиля в его текущем состоянии и в заданных условиях работы. В некоторых случаях выгоднее купить новый автомобиль, где такая система стоит опционально, или ничего не устанавливать, потому что экономически не выгодно.

Важно отметить общее заблуждение, будто цифровой двойник – это трехмерная модель объекта. Нет, трехмерная модель, реализованная с использованием BIM-технологий, лишь одна из составляющих. Пользователь получает комплексный инструмент, позволяющий повысить эффективность управления активом.

– Какие наиболее актуальные задачи по развитию аэродромной инфраструктуры российской гражданской авиации помогут решать цифровые двойники аэродромно-аэропортового объекта?

– Прежде всего это мониторинг аэродромов в районах вечной мерзлоты, а также в районах повышенной сейсмической активности. Внедрение непрерывно действующих конечно-элементных моделей, решающих мультидисциплинарные задачи, в увязке с беспроводной системой мониторинга позволит прогнозировать негативные тренды и заблаговременно реализовывать необходимые компенсирующие мероприятия. В увязке с цифровизацией процессов движения воздушных судов и работы служб эксплуатации такая система позволит выявлять причины возникновения дефектов аэродромных покрытий, обоснованно и своевременно принимать решения по поддержанию эксплуатационного состояния аэродрома.

Хочу обратить внимание, что это не просто мониторинг состояния покрытий аэродрома, то есть следствия, а моделирование всей конструкции аэродромных покрытий, грунтов основания, процессов обслуживания и эксплуатации – причины того, что происходит с аэродромом. Эти мероприятия могут сэкономить бюджету хозяйствующей организации сотни миллионов рублей в год.

– Какова роль госрегулирования и господдержки в их применении?

– Это как раз тот случай, когда государство может дать толчок в развитии направления. Первые шаги всегда трудные, не каждый частный инвестор готов к таким рискам. Кстати, в рамках Стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли

Российской Федерации 2021–2030 годов присутствует задача «Цифровые двойники объектов», а в ведомственной программе цифровой трансформации ФАВТ 2022–2024 годов на эти цели выделено около 380 млн руб. Остается только надеяться, что реализация программы завершится пилотным проектом, который станет примером для всей отрасли.

– Как он может применяться на практике?

– Практики реализованного комплексного цифрового двойника аэропорта, включающего все стадии жизненного цикла объекта, в России пока нет. Реализованный цифровой двойник в аэропорту Шереметьево касается технологических и бизнес-процессов в рамках действующего предприятия с использованием системного моделирования. Но и этот пример – большой шаг в заданном направлении, он показал свою эффективность. Помимо повышения качества работы, по-моему, была заявлена экономия более 1 млрд руб. за три года.

Теперь о том, как, по нашему мнению, может быть реализован комплексный цифровой двойник.

Здесь проще будет начать объяснение с общей схемы конечного продукта (рис. 1).

Конечный пользователь работает в одной информационной системе, в нашем случае на базе GIS, получает информацию на дашбордах (дашборд – интерактивная аналитическая панель, графический интерфейс, когда на одном экране расположены все ключевые метрики, показатели цели или процессов. – *Ред.*), реализованных в виде аналитических панелей и трехмерных представлений, отображающих дубликат жизни объекта в цифровом виде. Для удобства информация может быть выведена на мобильные устройства, веб-приложения, приложения на ПК и устройства виртуальной реальности.

В GIS отображается вся информация о территории аэропорта с указанием данных о земельных участках, зданиях и сооружениях, дорогах, надземных и подземных инженерных

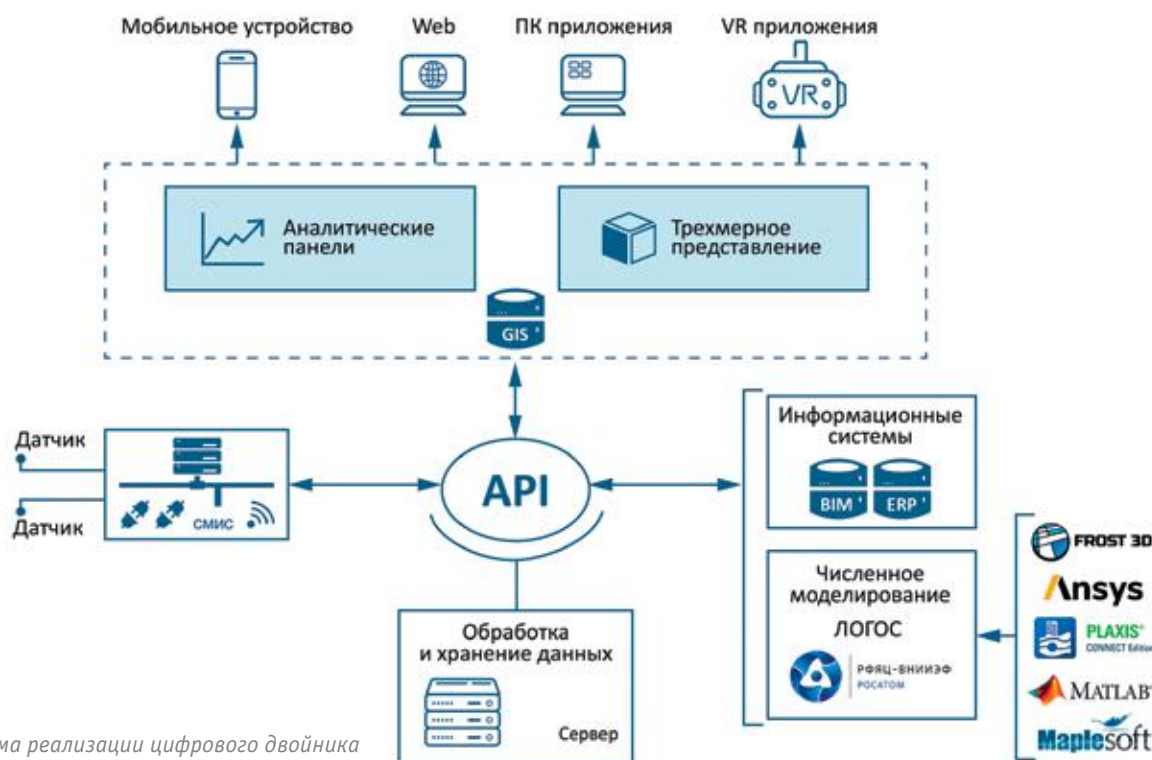


Рис. 1. Схема реализации цифрового двойника

коммуникациях. Пользователь может в режиме реального времени просматривать верхнеуровневые параметры объектов, при необходимости заходить в объекты и видеть более детальную информацию. Дальше в зависимости от индивидуальных условий работы аэропорта принимается решение, какие данные нужны пользователю.

Цифровизация технологических и бизнес-процессов – самый дискуссионный и творческий вопрос. Универсальных ответов нет, каждый конечный пользователь видит это по-своему. На практике будем иметь дело с гибридным подходом, когда в единую информационную систему интегрируется уже имеющееся у пользователя и новое программное обеспечение.

Для определения состава и степени детализации остальных элементов цифрового двойника уже проще найти объективные обоснования. BIM-модель – обязательная составляющая, на ее базе строятся элементы, описывающие физические и технологические процессы. Интеграция систем диспетчеризации, состав систем мониторинга инженерных систем и конструкций, необходимость разработки постоянно действующих

конечно-элементных моделей и прочих инструментов моделирования определяется параметрами объекта и условиями его работы.

До начала эксплуатации объекта отдельные элементы цифрового двойника находят свое применение на этапах проектирования и строительства.

– Как он может повлиять на проектирование аэродромно-аэропортового объекта? Дает ли цифровой двойник проектировщикам такие возможности, которых те не получают никаким другим способом?

– Проектирование, как и любой производственный процесс, стремится жить по принципу оптимального управления, то есть минимизации действий для достижения заданных параметров. Для формальной реализации проекта в современном нормативно-правовом поле цифровой двойник пока не требуется. Разработка цифрового двойника или его отдельных элементов может быть продиктована только требованием заказчика.

Для понимания нужно сделать ремарку. Сам по себе цифровой двойник – это не пакетный программный продукт, приобретая который проектировщик получает какие-то новые

инструменты и возможности, а комплексный индивидуальный проект в кооперации, как минимум проектной, IT и эксплуатирующей организаций.

Если говорить о влиянии на проектирование объекта, то, с одной стороны, глубина проработки вопросов за рамками минимальных нормативных требований приведет к увеличению сроков и стоимости работ, с другой – снижение рисков получения неоптимальных решений, цифровой фундамент для оперативной корректировки проектной документации в увязке с технологическими и бизнес-процессами, инструменты для повышения качества строительного процесса и снижение рисков непредвиденных расходов, а также повышение стоимости самого актива при наличии цифрового двойника. По сути, увеличение сроков и затрат на проектирование окупается на следующих этапах жизненного цикла.

Также имеет место процесс обратной диффузии, когда цифровой двойник проникает в систему работы и управления самой проектной организацией.

Хочу отметить, что процесс формирования и корректировки нормативно-технической документации в отрасли заиграет новыми красками. Обоснования нормативных требо-

ваний вытекают главным образом из связки «натурный эксперимент – математическая модель», формализованной в виде расчетных методов для инженеров. Организация натурного эксперимента дело хлопотное и затратное, попробуйте еще обосновать, кому и зачем это надо, получить финансирование и т.д. А ведь действующий на объекте цифровой двойник – это и есть та самая связка «эксперимент – модель». Представьте, что с появлением цифровых двойников мы будем получать один за другим испытательные полигоны. Если к этим процессам подключить искусственный интеллект, область нормативного регулирования ждет очень интересное будущее.

– Тот же вопрос – по строительству, ремонту и реконструкции аэродромно-аэропортового объекта. Каких результатов можно достичь при применении инструмента цифрового двойника в ходе строительства аэродромно-аэропортового объекта, которых нельзя добиться без его применения?

– Во-первых, строительный процесс перестанет спотыкаться о проблемы с коллизиями рабочей документации. Во-вторых, снижаются риски возникновения неблагоприятных воздействий за счет наличия системы мониторинга. В-третьих, существенно повышается скорость внесения изменений в документацию за счет наличия BIM-модели, применения дополненной и смешанной реальности. Наконец, оцифровывается сам строительный процесс, когда данные со строительной площадки поступают в единую информационную систему, где они увязываются с BIM-моделью, сметной документацией, графиками производства работ, финансовыми показателями. В итоге – снижение рисков срыва сроков и превышения сметной стоимости. В этом заинтересованы все стороны строительного процесса.

– Как может происходить внедрение инструмента цифрового двойника в постоянный производственный рабочий процесс аэродромно-аэропортового объекта?

– Как и любое системное измене-

ние на действующем предприятии, будет проходить трудно. В таких случаях не стоит пытаться решать все и сразу, лучше действовать step by step начиная с очевидных для конечного пользователя задач. Внедрение цифрового двойника не требует прекращения текущей деятельности, просто наличие уже построенного объекта в отдельных случаях будет накладывать некоторые ограничения на реализацию систем мониторинга. Например, аэропорт Шереметьево в процессе внедрения цифрового двойника текущую работу не останавливал.

– Что позволяет сделать инструмент цифрового двойника аэродромно-аэропортового объекта для повышения качества обслуживания пассажиров и обеспечения их комфорта во время пребывания в аэропорту?

– Здесь используется системное моделирование процессов обслуживания пассажиров. Можно моделировать пассажиропотоки, грузопотоки и движение воздушных судов, выявить узкие места, оценить причины их возникновения, определить корректирующие мероприятия или спрогнозировать воздействие новых факторов. При этом если на этапе проектирования в модель закладываются прогнозные и нормативные данные, то на этапе эксплуатации модель получает данные от систем мониторинга, что позволяет управлять процессами в режиме реального времени.

– Как применение цифрового двойника может повысить эффективность работ по продлению эксплуатационно-технического ресурса аэродромов, а также мониторинга и прогнозирования их состояния?

– Не только аэродромов, но и всей инфраструктуры аэропорта. Интеграция в едином информационном поле всех систем диспетчеризации и мониторинга объекта с дооснащением их оборудованием, решений по планированию и контролю проведения технического обслуживания снизит риски отказов оборудования, недопустимых состояний конструкций, а это, как следствие – снижение затрат на ремонты, простои, увеличение экс-

плуатационного ресурса. Повысится качество прогнозирования технического состояния объекта и контроля за будущими эксплуатационными затратами.

– Что может дать применение цифрового двойника в организации наземного обслуживания воздушных судов?

– Это один из технологических процессов. Сам по себе он, возможно, настроен правильно, но именно моделирование набора взаимосвязанных технологических процессов позволяет найти оптимальные режимы работы, что повышает их общую эффективность.

– Каковы его возможности по повышению уровня безопасности как на самом аэродромно-аэропортовом комплексе, так и в организации движения воздушных судов?

– Интеграция в едином информационном пространстве имеющихся систем безопасности повысит качество их совместной работы, не говоря о внедрении в этой области новых технологий – например, распознавание лиц, биометрический контроль. Возможность моделирования прогнозных сценариев работы аэропорта также позволит заранее выявить опасные ситуации и своевременно принять корректирующие действия, в том числе в отношении организации движения воздушных судов.

– Значительная часть территории России находится в зоне вечной мерзлоты и продолжительных морозных зим. Расскажите, какое применение могли бы найти цифровые двойники аэродромно-аэропортовых комплексов при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов наземной инфраструктуры гражданской авиации в этих регионах?

– В зоне распространения вечной мерзлоты у нас около 160 действующих и 70 недействующих аэропортов и аэродромов, в основном не с самыми высокими пассажиропотоками. В этом случае экономический эффект может дать не столько цифровизация и оптимизация технологических и бизнес-процессов, сколько сокращение затрат



на ремонтно-восстановительные работы вследствие влияния мерзлотных процессов. Уже упоминал про использование непрерывно действующих конечно-элементных моделей в увязке с беспроводной системой мониторинга. Это даст возможность оценивать причины, делать прогнозы и принимать обоснованные решения по предотвращению негативных воздействий. У «Ленаэропроекта» уже есть определенные наработки для оперативной реализации такого проекта.

– Что представляет собой нормативно-правовая база, обеспечивающая применение цифровых двойников аэродромно-аэропортовых комплексов?

– Как уже говорилось, есть международный стандарт ISO 23247:2021 в 4 частях и российский национальный стандарт ГОСТ Р 57700.37-2021. Они содержат описание общих понятий, положений и определений в этой области. Стоит отметить, что ГОСТ Р 57700.37-2021 распространяется на изделия машиностроения с оговоркой, что на основе этого стандарта допускается разрабатывать стандарты в других отраслях промышленности, и не исключая, что в будущем мы увидим стандарт для цифровых двойников в строительстве, в том числе и дорожном.

– Насколько независимым от внешних влияний может быть сегодня в России такой цифровой двойник?

– Для каждого объекта цифровой

двойник можно представить в виде индивидуальной программно-аппаратной мозаики, поэтому и степень зависимости от внешних факторов будет различаться. На данный момент нерешаемых вопросов нет.

– Ваш прогноз относительно перспектив применения цифровых двойников аэродромно-аэропортовых комплексов в российской отрасли гражданской авиации.

– В теории использование цифрового двойника дает такие очевидные преимущества, как повышение эффективности создания и управления активами, и даже некоторые научные результаты.

На практике мы сталкиваемся с инертностью социальной среды и незрелостью технологического спроса. Это не только проблема смены поколений в ожидании специалистов, готовых эффективно осваивать и применять новые технологии, но и проблема взаимосвязей в нашей отрасли. Жизненный цикл объекта с комплексным цифровым двойником подразумевает взаимодействие участников в формате «всех со всеми». Разработанный проектной организацией цифровой двойник не сможет функционировать без внедрения на этапах строительства и эксплуатации. Это означает, что соответствующие компетенции и цифровизация процессов управления должны быть реализованы в строительной и эксплуатирующей организациях. На этом

месте спотыкаются все подобные системные нововведения. Давайте вспомним, что внедрение Минстроем BIM-технологий (всего лишь одна из составляющих цифрового двойника) в России началось в 2015 году. А в 2021 году пришлось констатировать, что строительный рынок оказался не готовым к переходу на BIM-технологии (формально только 7–10% участников рынка полностью перешли на BIM).

Сейчас нужен катализатор развития этого направления в отрасли в виде успешно реализованного примера, включающего в себя все три стадии жизненного цикла объекта: проектирование, строительство и эксплуатация.

Думаю, ближайшая и наиболее реальная перспектива – реализация пилотного проекта цифрового двойника аэродрома в районе вечномёрзлых грунтов, финансируемого за счет государства. Еще один потенциальный вариант – реализация пилотного проекта цифрового двойника на базе одного из аэропортовых холдингов.

Если оценивать перспективу системного внедрения, то мы в какой-то степени рискуем повторить путь BIM-технологий. С другой стороны, учитывая, что цифровой двойник состоит из программного обеспечения, которое наряду с BIM активно внедряется уже более семи лет, время цифровых двойников не заставит себя ждать.

Беседовал Леонид Григорьев