

УДК 656

*О. А. ХОДОСКИНА, канд. экон. наук, доцент, А. В. ЧЕРНЕВСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта*

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ «ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА» КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ УСЛУГИ

В связи с повсеместным внедрением цифровизации дальнейшее применение элементов технологии цифрового двойника в транспортном комплексе является наиболее перспективным. Возможности, открывающиеся перед железнодорожным транспортом Республики Беларусь в случае дальнейшего использования такого технологического решения, позволят сократить эксплуатационные расходы, повысить безопасность транспортного процесса и, как следствие, повысить конкурентоспособность транспортной услуги.

В современном мире сложно представить какую-либо сферу экономической деятельности без внедрения передовых информационных технологий, универсальных или специализированных программных продуктов, направленных как на совершенствование технической составляющей производственного процесса, так и на уменьшение расходов и себестоимости, а в конечном итоге – на повышение конкурентоспособности продукции или услуг. Не является исключением и транспортный комплекс: облачные технологии, технологии «цифрового двойника» внедряются на всех видах транспорта при организации и выполнении как грузовых, так и пассажирских перевозок. Однако применение всего комплекса программных продуктов, который бы охватывал полностью перевозочный процесс, зачастую нецелесообразно по причине высокой стоимости и достаточной сложности практической реализации проекта: разработка и внедрение уникального программного обеспечения, соответствующего потребностям конкретного транспортного предприятия, требует не только больших затрат времени, но и наличия высококвалифицированных сотрудников, которые могли бы создать необходимый программный продукт и поддерживать его работу, а также актуализировать его в соответствии с изменяющимися потребностями и возможностями самого предприятия и транспортного рынка. Поэтому транспортные предприятия стараются максимально использовать универсальные продукты для решения своих уникальных задач, приспособивая их под свои уникальные условия. Так, при выполнении грузовых автомобильных перевозок в полном объеме используются возможности облачных технологий и спутниковой связи. На подвижной состав устанавливается система трекеров и дат-

чиков, позволяющая не только отслеживать перемещения автомобиля, но и в режиме реального времени контролировать его техническое состояние, сохранность груза, его целостность, что является немаловажным фактором для клиента. Оператор может контролировать процесс перевозки круглосуточно и при возникновении «внештатных ситуаций» решить большинство возникающих проблем удаленно, что значительно экономит время и средства перевозчика, а значит, дает ему преимущество для привлечения грузовладельцев.

Но не всегда возможно использовать уже существующие программные продукты, что характерно для железнодорожного транспорта: структурные подразделения железной дороги уникальны как по роду выполняемой деятельности, так и по наличию специфического оборудования, к которому зачастую не применимы универсальные разработки. В этом случае наиболее целесообразно использовать элементы цифрового моделирования как непосредственно технологических процессов, так и их элементов. Наиболее перспективно в современных условиях и для дальнейшей реализации использование элементов так называемого «цифрового двойника», который представляет собой цифровую модель различных объектов, систем, процессов или людей. Эта модель достоверно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним. Такой «двойник» значительно облегчает моделирование различных условий и событий, которые могут происходить с объектом в реальном времени, и позволяет избежать ситуаций, где может быть нанесен вред людям и окружающей среде, либо минимизировать последствия от них как по времени, так и по затратам различного рода ресурсов.

При организации и выполнении железнодорожных перевозок цифровой двойник объединяет в себе большой массив информации из разных источников: технические характеристики объекта, его функции, актуальную информацию о состоянии его деталей и узлов и систем, специфические особенности технологического процесса, а также данные о внешних вмешательствах, влиянии различных факторов.

Цифровые двойники полезны тем, что на них можно ставить любые эксперименты. При внесении каких-либо условий, двойник реагирует так же, как отреагировал бы на это настоящий физический объект. Поэтому можно оценить его возможности, проверить свои ожидания, проиграть несколько сценариев развития событий и выбрать самый оптимальный. Данное свойство особенно важно для железнодорожных перевозок, так как они зачастую связаны с повышенной опасностью (в случае перевозок опасных грузов) или невозможностью полномасштабных испытаний на реальных объектах при полной нагрузке (в случае пассажирских перевозок). При этом не всегда возникает необходимость создания полномасштабного двойника целого объекта: при выполнении перевозок для улучшения контроля в системе и повышения их безопасности бывает достаточно использования отдельных элементов по технологии цифрового двойника. В этом случае создается виртуальная копия подсистемы, детали или узла, которые можно контроли-

ровать в режиме реального времени, тем самым сокращая время и затраты по их техническому обслуживанию, использованию технологического ресурса. Также актуально создание цифровой виртуальной копии технологического процесса. Появляется возможность определить «узловые точки» и по ним смоделировать сокращение затрат по стадиям процесса, избежав тем самым погрешностей и ошибок, возникающих при практической реализации таких проектов.

В практической деятельности предприятий железнодорожного транспорта используется моделирование по системе цифрового двойника на различных стадиях организации перевозочного процесса:

- цифровой двойник компонента, когда работа всего механизма напрямую зависит от состояния одной детали, можно создать виртуальную копию только для нее;

- цифровой двойник актива, который обеспечивает контроль за состоянием конкретного оборудования (например, двигателя локомотива). В этом случае двойники механизмов могут обмениваться информацией с виртуальными копиями компонентов, позволяя избежать аварийных ситуаций или минимизировать их последствия;

- цифровой двойник системы позволяет контролировать несколько активов, которые работают совместно или выполняют одну и ту же функцию (например, двойник локомотива, предоставляющий в режиме реального времени данные о работе и состоянии всех его элементов, на основании которых можно скорректировать периодичность, объем и продолжительность ремонтного обслуживания или двойник контейнера при осуществлении доставки грузов, позволяющий не только оператору, но и грузовладельцу контролировать его состояние);

- цифровой двойник технологического процесса – двойник высшего уровня, который дает представление обо всём производственном процессе. Он может получать информацию от двойников активов или систем, но уделять больше внимания не работе конкретного оборудования, а процессу в целом. Например, создание «цифрового двойника» станции, чтобы еще до прибытия поезда на станцию у диспетчера был достоверный пооперационный список действий, которые необходимо выполнить с вагонами в поезде, чтобы максимально быстро отправить их со станции по направлению дальнейшего пути следования, тем самым сократив время простоев и повысив качество обслуживания грузовладельцев. Применение такого проекта позволяет оценить развитие текущей ситуации, ее влияние на простои поездов, получить автоматический план отправления поездов с подвязкой локомотивов и бригад. При этом для доставки плана исполнителям используется стандартный унифицированный интерфейс, не требующий уникального программного обеспечения в свободном взаимодействии с мобильными рабочими местами.

В целях повышения общей эффективности организации производственного процесса и экономии эксплуатационных расходов на предприятиях же-

лезнодорожного транспорта Республики Беларусь применение технологии цифровых двойников направлено на решение следующих задач:

- возможность провести тестовый запуск технологического процесса (или его элемента) быстро и без существенных вложений;
- обнаружение проблем или уязвимости объекта до того, как будет начата его эксплуатация на практике;
- повышение эффективности технологических процессов или систем путем отслеживания всех сбоев еще до старта;
- снижение разного рода рисков, в том числе финансовых, а также связанных с безопасностью для жизни и здоровья пассажиров и персонала;
- повышение конкурентоспособности железнодорожных транспортных услуг на рынке транспортных услуг Республики Беларусь, а также при международных перевозках;
- построение долгосрочных прогнозов и планирование развития Белорусской железной дороги и ее структурных подразделений;
- повышение привлекательности транспортных услуг Белорусской железной дороги для клиентов за счет точного прогнозирования спроса и потребительских качеств транспортных услуг.

В связи с тем, что железнодорожный транспорт является многоотраслевой производственно-хозяйственной системой, то и решение указанных задач целесообразно в разрезе основных отраслевых хозяйств. По ряду хозяйств указанные технологии применяются достаточно широко. Однако дальнейшее расширение сферы их применения на структурных подразделениях позволит получить значительную экономию ресурсов. Одним из таких направлений для применения элементов технологии цифрового двойника является система устройств автоматики, телемеханики и связи как важнейшего элемента технических средств железнодорожного транспорта. Экономика, организация и управление предприятиями хозяйства сигнализации и связи содержат вопросы организации и планирования хозяйства сигнализации и связи в целом и отдельных его подразделений; управления хозяйством, планирования капитальных вложений и расчета технико-экономической эффективности внедрения средств автоматики, телемеханики и связи, а также прогрессивных форм организации труда; производственно-хозяйственной и финансовой деятельности; труда и заработной платы; изобретательства и патентного права; маркетинга и его функций на транспорте и т. д.

Основным производственным подразделением отрасли являются дистанции сигнализации и связи.

Устройства автоматики, телемеханики и связи являются одним из важных элементов технического вооружения железнодорожного транспорта. Они обеспечивают развитие пропускной способности и повышение безопасности движения поездов на железных дорогах. В то же время эти устройства позволяют полнее и производительнее использовать все технические сред-

ства транспорта, особенно подвижной состав, и тем самым способствуют росту производительности труда и снижению себестоимости перевозок. Различные перебои или отказы в работе технических устройств могут отрицательно повлиять на процесс перевозок.

Наглядно пример влияния степени решенности поставленных при реализации технологических решений системы цифрового двойника на эффективность работы рассматриваемого хозяйства можно увидеть по графику и объемам ремонтных работ различного рода устройств. Однако экономический эффект наиболее явно виден при рассмотрении структуры затрат (точнее их экономии), приходящихся на хозяйство сигнализации и связи (по пассажирскому движению):

$$E_{\text{ист}}^{\text{ш}} = \beta_{\text{нС}}^{\text{пвс}} (e_{\text{тр-атс}}^{\text{ш}} + e_{\text{ктс}}^{\text{ш}}) + \beta_{\text{нС}}^{\text{пвс}} (e_{\text{то-с}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-с}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-пс}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-пс}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-мс}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-аб}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-дц}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-эц}}^{\text{ш}} + e_{\text{ам-атс}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-ат}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-пс}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-пу}}^{\text{ш}} + \beta_f^{\text{вк, пп, т}} (e_{\text{то-с}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-с}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-пс}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-пс}}^{\text{ш}}) + \beta_{\text{Ал}}^{\text{пвс}} (e_{\text{то-сто}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-ррс}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-ррс}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-трт}}^{\text{ш}} + e_{\text{кр-вкс}}^{\text{ш}} + e_{\text{то-ккс}}^{\text{ш}} + e_{\text{п-слс}}^{\text{ш}}) + \Delta_{\text{ш}}^{\text{ист}} e_{\text{ох}}^{\text{ш}},$$

где $\beta_{\text{нС}}^{\text{пвс}}$ – долевое распределение количества вагоно-километров пассажирского движения на виды сообщения, %; $\beta_{\text{нС}}^{\text{пвс}}$ – долевое распределение количества вагоно-километров пассажирского движения на виды тяги, %; $\beta_f^{\text{вк, пп, т}}$ – доля распределения расходов по вокзальной, плацкартной и тяговой составляющим отраслевого хозяйства, %; $\beta_{\text{Ал}}$ – долевое распределение пассажира-километров по видам сообщения, %; $e_{\text{тр-атс}}^{\text{ш}}, e_{\text{ктс}}^{\text{ш}}$ – часть расходов, связанных с текущим ремонтом средств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, техническим обслуживанием устройств ПОНАБ, ДИСК, КТСМ и др.; $e_{\text{то-с}}^{\text{ш}}, e_{\text{кр-с}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-пс}}^{\text{ш}}, e_{\text{кр-пс}}^{\text{ш}}$ – расходы на техническое обслуживание, эксплуатацию и капитальный ремонт сети телефонной и прочих видов связи; $e_{\text{то-мс}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-аб}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-дц}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-эц}}^{\text{ш}}, e_{\text{ам-атс}}^{\text{ш}}, e_{\text{кр-ат}}^{\text{ш}}, e_{\text{кр-пс}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-пу}}^{\text{ш}}$ – расходы на техническое обслуживание подвижной связи, устройств автоблокировки, диспетчерской и электрической централизации, амортизацию средств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи, капитальный ремонт средств железнодорожной автоматики и телемеханики, сети подвижной связи, техническое обслуживание периферийных устройств вычислительных комплексов на базе персональных компьютеров, локальных сетей; $e_{\text{то-сто}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-ррс}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-ррс}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-трт}}^{\text{ш}}, e_{\text{кр-вкс}}^{\text{ш}}, e_{\text{то-ккс}}^{\text{ш}}, e_{\text{п-слс}}^{\text{ш}}$ – расходы на техническое обслуживание сети оперативно-технологической и внутрипроизводственной связи, сети аудио- и видео-селекторных совещаний, аппаратуры и сооружений радиорелейной свя-

зи, включая электро-питающие устройства, телевизионных промышленных установок, телевизионных и широкоэвещательных радиоприемников и радиоточек, аппаратуры воздушных и кабельных линий связи, капитальный ремонт сети оперативно-технологической и внутрипроизводственной связи, сети аудио- и видео-селекторных совещаний, а также за пользование соединительными линиями связи; $\Delta_{\text{шт}}^{\text{нст}} e_{\text{ох}}^{\text{шт}}$ – часть расходов, управленческих и общих для всех отраслей хозяйства сигнализации и связи, относимых на содержание устройств железнодорожной инфраструктуры.

Практически по всем расходам указанного хозяйства за исключением их последнего элемента технология цифрового двойника позволит сэкономить порядка 10–30 % ресурсов. Так, на Белорусской железной дороге уже внедрена автоматизированная система управления хозяйством сигнализации и связи (АС радио), посредством которой можно: добавлять, редактировать и удалять устройства и их комплектующие; устанавливать и снимать комплектующее с устройства; автоматически сформировать комплект; передать устройство в пользование; передать устройство для проверки в КРП; просмотреть акт технической диагностики и паспорт измеряемых параметров; списать, восстановить, передать на баланс другого предприятия; отследить место установки устройства, за кем оно закреплено и на балансе какого предприятия числится; отследить дату последней плановой проверки в КРП и дату следующей проверки устройства и т. д. это уже значительно экономит не только затраты времени, но и ресурсы, связанные с излишним документооборотом, непредвиденными ремонтами, утерей элементов устройств в ходе организации непосредственной работы подразделения. Однако в указанной системе существует резерв повышения эффективности ее работы путем добавления смежного программного продукта – еще одного элемента технологии цифрового двойника, который позволит более детально в режиме реального времени получать информацию о нахождении и техническом состоянии работающих устройств и тем самым – оптимизировать затраты хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Михальченко, А. А.** Оптимизация стратегий инвестиционной деятельности на железнодорожном транспорте / А. А. Михальченко, В. С. Коцур // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. : в 5 ч. Ч. 3. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 147–148.

2 **Михальченко, А. А.** Новые подходы к реформированию железнодорожной отрасли / А. А. Михальченко // Технологии и инфраструктура транспорта : материалы науч.-техн. Междунар. конф. – Харьков, 2018. – С. 181–183.

3 **Хусаинов, Ф. И.** Экономические реформы на железнодорожном транспорте : [монография] / Ф. И. Хусаинов. – М. : Наука, 2012. – 192 с.

O. HODOSKINA, PhD, Associate Professor, A. CHERNEVSKAYA
Belarusian State University of Transport

THE APPLICATION OF THE ELEMENTS OF THE "DIGITAL TWIN" AS A FACTOR OF INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE TRANSPORT SERVICE

In connection with the widespread introduction of digitalization, the further application of digital twin technology elements in the transport complex is the most promising. The opportunities that open up for the railway transport of the Republic of Belarus in the case of further use of such a technological solution will reduce operating costs, improve the safety of the transport process, etc. as a result, to increase the competitiveness of the transport service.

Принято 07.10.2022

**ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг
(проблемы повышения эффективности).
Вып. 15. Гомель, 2022**

УДК 330:625.7/.8:624.21

И. М. ЦАРЕНКОВА, канд. экон. наук, доцент, Я. В. ШУТОВ
Белорусский государственный университет транспорта

СИСТЕМА ПРИОРИТЕТОВ В МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Представлено системное теоретико-методологическое исследование комплекса приоритетных направлений в оценке возможностей развития автомобильных дорог и мостовых сооружений с позиции повышения их ценности для пользователей. Выполнен анализ проектных решений в отечественной и зарубежной практике.

Своевременное обеспечение развития и функционирования объектов автодорожной инфраструктуры на уровне, соответствующем требованиям экономики, первоначально в решении актуальных транспортно-логистических задач. На протяжении всего периода строительства и развития автодорожной инфраструктуры, в особенности автомобильных дорог, изменялись стратегии, способы управления, масштабы и источники ресурсов, формы пространственной организации сети, используемые в дорожном хозяйстве. В целом характерно проведение активной экономической, научно-технической и социальной государственной политики в области дорожной деятельности. Это обосновано первоочередным значением функционирования автомобильных дорог и дорожных сооружений в пределах допустимых значений их качественных характеристик в силу их стратегического положения при обеспечении однородности экономического пространства страны, проявляющегося в т. ч. в территориальной