

МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АКТИВАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Анна Сеницына,
к.т.н., доцент кафедры логистических
транспортных систем и технологий,
Российский университет
транспорта (МИИТ)

Алексей Некрасов,
д.э.н., профессор кафедры менеджмента,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический
университет (МАДИ)

Аннотация. В статье на основе анализа современной литературы в области системной инженерии и управления процессами жизненного цикла активов разработаны требования к системной модели трансформации транспортно-логистической системы на примере железнодорожного транспорта (ТЛС). Интеграция процессов жизненного цикла ТЛС является ключевой проблемой для повышения эффективности транспортной инфраструктуры, включая управление активами на железнодорожном транспорте. Авторами разработана и продвигается системная 4D-модель, обеспечивающая трансформацию активов от аналоговых к адаптивно-цифровым системам управления.

Ключевые слова. Системная инженерия, стратегия железнодорожного транспорта, системная 4D-модель трансформации, транспортно-логистическая система, управление транспортными активами, проактивное управление.

Annotation. In the article, based on the analysis of modern literature in the field of neo-cybernetics and management of the life cycle of systems, requirements are developed for a system model for the transformation of the transport and logistics system (TLS). Integration of the TLS life cycle processes is a key challenge for improving the efficiency of the transport infrastructure, including asset management in rail transport. The authors developed and promoted the system 4D-model, providing the transformation from analog to adaptive-digital control systems.

Key words. Neo-cybernetics, digital logistics, system engineering, transport and logistics system (TLS), transport assets, proactive management.

Становление цифровой экономики в сфере транспорта и логистики в настоящее время являются частью современных бизнес-процессов и связано с повышением производительности систем. Перспективы развития цифровой логистики определяются реализацией концепции Индустрии 4.0 и формированием новых принципов, моделей и архитектуры инженерии предприятия, о чем свидетельствует ряд научных статей [1–4]. Анализ структурных элементов цифровой экономики в Российской Федерации показал, что одним из ключевых направлений развития наряду с цифровыми технологиями является создание и внедрение высокоэффективных транспортно-логистических систем (ТЛС), открывающих эру цифровой логистики.

Цифровизация транспортной отрасли – это прежде всего вопрос конкуренто-

способности как отдельных компаний, так и транспортных сетей на глобальном рынке. Вместе с тем цифровизация транспортной и логистической сфер бизнеса трансформирует этот рынок на основе цифровых технологий Интернета вещей, блокчейна и других инструментов. Согласно Всемирной торговой организации, устранение барьеров в цепи международных поставок товаров позволит увеличить мировой ВВП на 5% и общий объем перевозок на 15%.

Сквозное проникновение технологий во все отрасли экономики в качестве цифровых (нематериальных) активов в форме новых бизнес-моделей и промышленного Интернета вещей обуславливает формирование больших массивов экономически значимых отраслевых и межотраслевых данных, которые формируются на основе си-

стемных принципов и интеграционных процессов.

В рамках цифровой трансформации транспорта «цифровая логистика» призвана отвечать на такие вызовы цифровой экономики, как стремительно изменяющаяся сверхконкурентная глобальная среда, сложность функционирования сетей поставок и ТЛС, охватывающих множество предприятий, быстрое изменение ожиданий и требований потребителей, ограниченность ресурсов транспортно-логистической инфраструктуры. Все это должно быть взаимосвязано и направлено на интересы клиентов. Распределенные базы данных, классификаторы, стандарты, информационно-коммуникационные технологии и интегрированные процессы и модели ТЛС составляют основу системной трансформации для перевода

транспортной инфраструктуры и перевозочного процесса в цифровую форму, что обеспечит устойчивость и клиентоориентированность на основе управления жизненным циклом искусственно создаваемых объектов и методов системной инженерии [5, 6].

В качестве научно-методологического результата рассматривается устойчивая ТЛС, представляющая собой социоприродный организационно-технический объект (рис. 1), для управления которым следует использовать адаптивные киберфизические системы (Cyber-Physical Systems – CPS) посредством технологии Интернет вещей (Internet of Things – IoT) [7–9], сервисов автоматической идентификации и сбора данных, машинного взаимодействия и др.

Ключевой проблемой в различных работах становится формирование требований и алгоритмов управления самоорганизацией ТЛС, как наиболее эффективного способа борьбы с неопределенностью (рисками) внешней среды, поддержания структур и функций в моделях управления бизнес-процессами, жизненным циклом активов в ТЛС нового поколения [10].

Исходя из анализа приведенной современной литературы [1–10] можно выделить одну из наиболее важных проблем формирования комплексной логистической модели преобразования активов на примере транспортно-логистической системы железнодорожного транспорта в условиях цифровизации. В значительной степени повышение эффективности ТЛС будет зависеть от дальнейшей интеграции не только бизнес-процессов, но и применения информационно-коммуникационных технологий, электронного сервиса, физических и цифровых активов.

Одной из наиболее перспективных организационных форм современных ТЛС являются сетевые транспортно-логистические сети (СТЛС), которые также классифицируются в современных научных исследованиях как расширенные предприятия (РП), представляющие собой организации, формируемые из географически распределенных независимых звеньев сетей поставки и транспортировки грузов, объединенных в единую организационно-техническую структуру на основе информационно-телекоммуникационных (цифровых) технологий и адаптивных организационных бизнес-моделей и системных инструментов управления ими.

Основное предназначение СТЛС состоит в высокоскоростном совместном

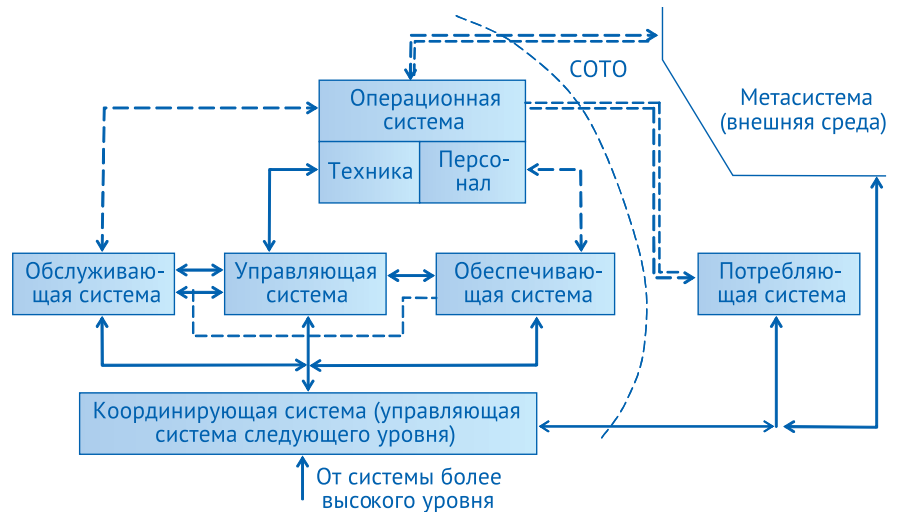


Рисунок 1. Пример типовой структуры социоприродного организационно-технического объекта – НУТС
Источник: [7]

использовании различных физических и информационно-цифровых активов, которые должны управляться на основе сетевых и адаптивных принципов для многократного повышения производительности всей сети железнодорожного транспорта в интересах конечных потребителей.

Трудность разрешения данной противоречивой ситуации усугубляется еще и тем, что под действием различных причин во времени изменяются состав и структура сетей и ее звеньев на различных этапах жизненного цикла. Анализ работ известного кибернетика XX в. С. Бира и проведенные комплексные исследования показали, что конструктивное определение необходимых управляющих воздействий, обеспечивающих ограниченную самоорганизацию и контролируруемую нестабильность СТЛС, лежит на пути обеспечения динамического соответствия разнообразия состояний как внешней среды, так и автономности отдельных звеньев, образующих контур самоорганизации системы управления (СУ) искусственно создаваемых объектов [11].

Всесторонний анализ процессов создания и функционирования интегрированных ТЛС, показывает, что указанные сложные организационно-технические объекты (активы) на железнодорожном транспорте характеризуются высокой структурной динамикой и требуют трансформации на базе как цифровых технологий, так и применения моделей и методов системной инженерии по управлению процессами на различных стадиях жизненного цикла. В первую

очередь, сюда могут быть отнесены следующие задачи:

- выбора участников транспортно-логистической сети, например, грузополучателей-производителей и поставщиков комплектующих изделий и конечной продукции;
- конфигурирования заказа и архитектуры ТЛС;
- конфигурирования транспортной сети, информационно-технологических активов и адаптивных систем управления.

В настоящее время происходит дальнейшее развитие логистических цифровых технологий и новых схем взаимодействия различных жизненных циклов организаций – производителей и транспортно-логистических предприятий, при которых менеджерам наряду с традиционными задачами управления различными активами внутри операционной деятельности приходится решать задачи конфигурирования десятков, а иногда и сотен разнопрофильных физических и цифровых активов, входящих в различные бизнес-системы.

В качестве основных принципов адаптивного управления ТЛС железнодорожного транспорта следует рассматривать интеграцию бизнес-процессов и интернет-технологий, которые обеспечивают эффективную целостность модели системной трансформации на протяжении всего жизненного цикла транспортной инфраструктуры и IT-услуг.

Авторы статьи под цифровой трансформацией понимают системное изменение источника создания добавленной стоимости в структуре активов и



Рисунок 2. Структура системной 4D-модели трансформации ТЛС
Источник: разработано авторами

архитектуры ТЛС на основе проактивного управления процессами жизненного цикла [4, 7, 10]. Интегрированный подход к формированию и функционированию ТЛС предполагает высокопроизводительное взаимодействие транспортной инфраструктуры железнодорожного транспорта и потребителей IT-услуг. Открытость стандартов и моделей позволяет наращивать и модернизировать инструментарий IT-сервиса [12, 13]. При этом интеграция логистических процессов будет обеспечиваться цифровыми данными, поступающими из интегрированной инфраструктуры транспортно-логистических систем (ИТЛС) на основе методологии системной инженерии.

Интеграция транспортно-логистических процессов и производственных активов на железнодорожном транспорте (терминалов, складов, подъемно-транспортного оборудования, подвижного состава и др.) обеспечивает более высокий уровень производительности системы, а не только отдельных работников и автоматизированных рабочих мест. Общая закономерность проектов по цифровой инфраструктуре ТЛС

предусматривает ориентацию на конкретного потребителя и широкое использование информации, больших данных, учет индивидуальных особенностей конкретного потребителя в нужное время и нужном месте.

Для роста производительности IT-сервиса и увеличения ценности физических и цифровых активов на примере железнодорожного транспорта нами была разработана принципиально новая концептуальная 4D-модель трансформации ТЛС в цифровой среде (рис. 2).

В основе построения концептуальной 4D-модели лежат системные принципы взаимодействия процессов жизненного цикла ТЛС на различных этапах (планирования – эксплуатации – изменения), что обеспечивает непрерывный динамический процесс трансформации всей инфраструктуры. В настоящее время данная модель поддерживается действующими международными и национальными стандартами, в которых содержатся требования, лучшие практики и принципы интеграции различных объектов в условиях автоматизации. Таким образом, осуществляется системная интеграция

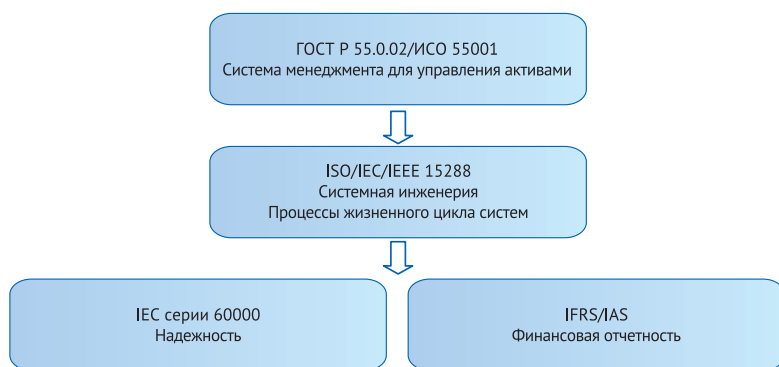


Рисунок 3. Процессная модель управления активами
Источник: [16]

практически любых сфер бизнес-деятельности в рамках целостной клиентоориентированной ТЛС с использованием адаптации взаимодействующих элементов в процессе жизненного цикла (по принципу кубика Рубика). Каждый из 4-х модулей управляется данными о продукции, активах, услугах и процессах на различных стадиях жизненного цикла единой цифровой инфраструктуры и системы бизнеса железнодорожного транспорта.

На этой системной основе должна обеспечиваться высокоскоростная транспортировка грузов на железнодорожном транспорте, совместимость транспортно-технологических процессов, системы IT-сервиса в интересах конечных клиентов. На основе единых требований предполагается разработка и внедрение цифровых платформ, обеспечивающих высокоэффективное взаимодействие различных участников транспортно-логистической деятельности. Такая платформа сможет предоставлять пользователям любого вида транспорта удобные сервисы в «едином окне» и обеспечивать мультимодальность транспортировки грузов.

Рассматривая применимость системной модели по управлению физическими и цифровыми активами на железнодорожном транспорте, следует выделить общую стратегию российских транспортных компаний по созданию и развитию единого мультимодального цифрового транспортного и логистического пространства на территории РФ на основе отечественных разработок.

На Петербургском международном экономическом форуме в мае 2018 года семь компаний (ОАО «РЖД», «Автодор», «Аэрофлот – российские авиалинии», «РТ-Инвест Транспортные Системы», «Деловые линии», «ЗащитаИнфоТранс» и «ГЛОНАСС») подписали соглашение о создании ассоциации «Цифровой транспорт и логистика». Она должна стать центром компетенций, в ее задачу будет входить использование созданных IT-систем и объединение их на основе цифровой платформы транспортного комплекса, что обеспечит быстрое развитие цифровизации в сферах транспорта и логистики, снижение издержек на уровне бизнеса и оптимизацию государственного регулирования процесса перевозок [14].

Стратегия развития холдинга «РЖД» как базового участника транспортного рынка для реализации проекта «Цифровая железная дорога» предусматривает обеспечение устойчивой конкурентоспособности компании на основе

ЛОГИСТИКА

Экономический факультет
МГУ имени М.В. Ломоносова

УДОСТОВЕРЕНИЕ МГУ О ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ

Длительность обучения

2,5 месяца (72 часа)

Форма обучения

Заочная с применением дистанционных образовательных технологий

Стоимость обучения

41 800 руб.

+7 (495) 939-25-67

+7 (916) 313-09-71

E-mail: logistic@econ.msu.ru

<http://dpo.econ.msu.ru/logistics.html>



повышения привлекательности транспортных и логистических услуг. Программа «Цифровая железная дорога» ОАО «РЖД» предусматривает создание единой цифровой платформы, обладающей возможностью образования экосистемы участников транспортного рынка, взаимодействующих по единым стандартам, создания системы управления активами и сервисами (грузовые и пассажирские перевозки, управление инфраструктурой и управление движением). При этом переход на цифровые технологии во всех звеньях железнодорожного транспорта должен идти в следующих направлениях:

- вывод из эксплуатации всех аналоговых систем и средств, перевод системы связи на работу только с использованием цифровых технологий;
- внедрение новых телекоммуникационных технологий, обеспечивающих более эффективное использование системы связи при развитии информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта;
- замена аналоговых систем оперативно-технологической связи на цифровые системы коммутации на всей сети железных дорог;
- приведение существующих цифровых систем к единым стандартам и протоколам взаимодействия и управления за счет средств производителей;
- развитие технологической радиосвязи и переход к цифровым системам на основе TDM-технологии, а также введение стандарта цифровой технологической радиосвязи GSMR.

Особое внимание уделяется развитию транспортной инфраструктуры, которая должна интегрировать как физические, так и цифровые активы для снижения стоимости жизненного цикла инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта.

Большое значение для развития железнодорожной отрасли в настоящее время имеет опыт внедрения модельно-ориентированных методов и технологий на основе системы управления активами, что предполагает значительный рост производительности и снижение затрат [15]. Система управления активами, представленная в модуле 2 модели 4D (см. рис. 2), является одним из стратегически важных и высокоэффективных направлений реализации интегрированного подхода.

Под управлением активами (физическими, цифровыми), как правило, понимается скоординированная деятельность организации по получению ценности от активов, которая зависит от заинтересованной стороны. Принятие решений в управлении активами, как правило, связано с анализом и оценкой рисков. Управление активами поддерживается различными международными и национальными стандартами, которые обеспечивают интеграцию технических, информационно-технологических и финансовых аспектов принятия решений. На такой основе формируется три уровня процессной модели управления активами, ориентированной на системную инженерию – ISO /IEC/IEEE 15288 «Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» (рис. 3) [16].

На верхнем уровне определяются принципы, положения и требования для разработки, внедрения, поддержки и улучшения системы управления активами; на промежуточном – процессы жизненного цикла активов, пользователю предоставляется инструмент управления активами; на нижнем уровне уточняется порядок выполнения технических процессов через требование

«Надежность», определяются финансовые аспекты выполнения процессов жизненного цикла.

Построение процессной модели управления активами предполагает использование идентифицированных процессов и стандартов:

- определение связей между идентифицированными процессами, идентификация входов и выходов;
- использование стандартов IEC серии 60 000 для описания порядка выполнения идентифицированных процессов – мероприятия, состав и последовательность задач и работ, правила их выполнения, исполнители и необходимые ресурсы, требуемая информация;
- использование стандартов IFRS/IAS для описания финансовых аспектов идентифицированных процессов.

Ключевым фактором успешной реализации модернизации системы управления активами является их информационное представление и формирование на этой основе их информационных моделей, аналогов моделей BIM, GIS, но с соответствующим преобразованием и расширением для использования на всех этапах жизненного цикла инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Следует выделить 6 ключевых направлений информационной поддержки процессов управления активами:

1. Политики управления активами.
2. Компетентность и эффективность персонала.
3. Оценка критичности рисков; управление, анализ устойчивости.
4. Расширенные и интеллектуальные функции обработки информации.
5. Программы модернизации депо.
6. Измеримость параметров активов и управляемость процессов.

Этот перечень определяет те направления, которые необходимо развивать в первую очередь. Для РЖД наличие и реализация системно-информационной модели активов может быть вариантом условия проведения конкурсов на создание или модификацию объектов инфраструктуры, либо проведения каких-то операций с активами (продажа, покупка, аренда, аутсорсинг).

Таким образом, для получения конкурентных преимуществ на рынке транспортно-логистических услуг, в том числе на железнодорожном транспорте необходимо инвестировать не только в цифровые технологии, но и активно осуществлять разработку и внедрение трансформационных бизнес-моделей, ориентированных на методы инжиниринга и

проактивного (упреждающего) управления активами. Это дает возможность не только развивать цифровые платформы, но и увязывать в едином цифровом пространстве киберфизические процессы.

Для инновационного решения задач управления на основе модели по системной трансформации активов ТЛС обеспечивается на концептуальном, модельно-процессном и информационном уровнях требования международных / национальных стандартов с конкретными задачами организации высокоэффективных перевозок. При этом обеспечивается взаимосвязь и трансформация с аналоговыми моделями (типа SCOR), построенными на основе сравнения с «лучшими практиками». В отличие от традиционно используемых, 4D-модель содержит не трехмерное, а четырехмерное описание модулей, включая соответствие требованиям системно-цифровых подходов при управлении инфраструктурными активами на железнодорожном транспорте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куприяновский В.П., Куприяновская Ю.В., Сиягов С.А., Добрынин А.П. и др. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и др.) // *International Journal of Open Information Technologies*, 2016. – Т. 4. – № 1. – С. 4–11.
2. Соколов Б.В., Некрасов А.Г., Миротин Л.Б. Разработка и реализация методологии и методик совместного многокритериального синтеза и адаптивного управления созданием, применением и развитием функционально-устойчивых интегрированных транспортно-логистических и информационных систем нового поколения // *Вестник транспорта*. – 2011. – № 6. – С. 25–30.
3. Миротин Л.Б., Некрасов А.Г., Гудков В.А. и др. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе создания устойчивой транспортно-логистической системы модульного типа для высокоскоростной обработки и доставки грузов / под ред. Л.Б. Миротина и А.Г. Некрасова. – М.: Техполиграфцентр, 2013. – 232 с.
4. Некрасов А.Г., Сеницына А.С. Трансформация интегрированных транспортно-логистических систем в цифровую индустрию // *Логистика*, 2017. – № 8. – С. 36–41.
5. Соколов Б.В., Птушкин А.И. Аналитический обзор «Состояние исследований по проблеме управления жизненным циклом искусственных созданных объектов». Грант РФФИ № 09-07-11004-ано. – СПб.: СПИИРАН, 2010. – 56 с.
6. Некрасов А.Г., Сеницына А.С. Логистический инжиниринг как инструмент интеграции логистических систем // *Логистика*. – 2016. – № 12. – С. 40–45.
7. Некрасов А.Г., Соколов Б.В., Атаев К.И. Система управления жизненным циклом (трансформация в цифровую инфраструктуру): учеб. пособие. – М.: Техполиграфцентр, 2017. – 155 с.
8. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Сиягов С.А. Киберфизические системы как основа цифровой экономики // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 19–29.
9. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Неокибернетика – возможности и перспективы развития // Доклад на общем пленарном заседании 5-й научной конференции «Управление и информационные технологии» (УИТ-2008). Россия. – Санкт-Петербург, 14–16 октября, 2008/ЦНИИ «Электроприбор». – СПб, 2008. – 10 с.
10. Некрасов А.Г., Сеницына А.С. Транспортно-логистические системы нового поколения в цифровой экономике // *Сила систем*, 2017. – № 3. – С. 11–25.
11. Бир С. Мозг фирмы / пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
12. IT-сервис-менеджмент. Введение. – М.: itSMF, 2003. – 227 с.
13. Некрасов А.Г., Стыскин М.М., Атаев К.И. Процессы жизненного цикла систем (трансформация в цифровую индустрию). – М.: PrintUp, 2018. – 127 с.
14. «Великолепная семерка» и Минтранс создадут в России ассоциацию цифрового транспорта. Электронный ресурс: URL: http://logirus.ru/news/transport/velikolepnaya_semerka_mintrans_sozdadut_v_rossii_assotsiatsiyu_tsifrovogo_transporta.html
15. A better railway for a better Britain. – Jan, 2013. – *Network Rail*.
16. Иорш В.И., Крюков И.Э. Подход к построению процессной модели управления активами // *Сертификация*. – № 3, 2016. – С. 22–27.

