



УДК 338.47:656.13

doi: 10.55287/22275398_2026_60_97

ЛОГИСТИКА СТРОЙИНДУСТРИИ РЕГИОНА: ОТ ЦИФРОВОГО РАЗРЫВА К КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Д. А. Шевченко * / **

* Московская торгово-промышленная палата, г. Москва

** Российский государственный социальный университет (РГСУ), г. Москва

Аннотация

В транспортной логистике регионального стройкомплекса цифровизация развивается неравномерно. На примере Ярославской области показано, что проектирование и документооборот уже опираются на ТИМ/ВІМ и ИСУП, тогда как управление перевозками строительных материалов во многих случаях сохраняет бумажный учёт и визуальный контроль. В работе этот разрыв рассматривается как управленческая проблема, а не только как технологическое отставание. Для её анализа использованы закон необходимого разнообразия У. Р. Эшби и модель жизнеспособной системы С. Бира. На этой основе предложена архитектура киберфизической среды «Карьер – Транспорт – Стройка», в которой данные от IoT-устройств, бортовых весов и других источников поступают в общий контур управления в реальном времени. Практическая сторона подхода рассмотрена на кейсе ООО «Карьер «Вита». Внедрение бортового контрoля связано с ростом производительности труда водителей на 15–20% и более прозрачным учётом перевозимого материала. Для регионального уровня оценён возможный эффект в форме снижения логистических издержек на 15–20%. Предлагаемая архитектура допускает интеграцию с Национальной цифровой транспортно-логистической платформой и может быть адаптирована для других регионов с похожим технологическим разрывом.

Ключевые слова

Цифровой разрыв, киберфизическая среда, транспортная логистика, цифровая трансформация, кибернетика, IoT, цифровой двойник, беспилотная логистика.

Дата поступления в редакцию

19.08.2026

Дата принятия к печати

07.09.2026

Введение

Стройиндустрия остаётся одним из базовых секторов региональной экономики, но её материальные потоки устроены значительно сложнее, чем это следует из цифровых моделей отдельных объектов. В одном контуре здесь существуют карьеры, перевозчики, склады, строительные площадки, заказчики и органы управления. Их цифровая зрелость различается, поэтому общий результат определяется не наиболее развитым, а наиболее слабым звеном.

Ярославская область представляет в этом отношении показательный случай. Регион имеет развитую базу нерудных строительных материалов, расположен на важных направлениях между Москвой и северными территориями и одновременно чувствителен к сезонным ограничениям дорожной сети. На этом

фоне особенно заметна несинхронность двух процессов. В первом полугодии 2025 г. темпы роста строительства достигли 156,8%, рейтинг цифровизации государственных услуг поднялся с 45-го на 9-е место, но автоматизация материальных потоков на автомобильном транспорте развивается заметно медленнее.

Для строительных компаний такая несинхронность имеет не только технологические последствия. Переход на новые платформы меняет требования к прозрачности процессов, устойчивости подрядчика и его деловой репутации. Этот аспект ранее рассматривался применительно к брендингу строительной фирмы [31]. Для малых и средних подрядчиков он особенно существенен, поскольку технологический разрыв быстро превращается в ограничение конкурентоспособности.

Проблема усиливается дефицитом водительских кадров и ростом стоимости перевозок. Беспилотные технологии в этой ситуации интересны не сами по себе, а как один из возможных способов изменить организацию логистического процесса. При этом верхний уровень строительного управления уже активно цифровизируется за счёт ТИМ/ВИМ и региональных ИСУП. Физическое перемещение материалов остаётся существенно менее прозрачным. Именно в этом несоответствии между цифровым проектом и реальной перевозкой возникает рассматриваемый в статье разрыв.

Интеллектуальные транспортные системы позволяют связывать инфраструктуру, транспорт и информационные сервисы в едином контуре [1]. Однако наличие отдельных цифровых решений ещё не означает, что такой контур действительно сформирован. В Ярославской области региональная строительная платформа действует, но транспортный трекинг охвачен ею не полностью. В результате данные о проекте и данные о фактическом движении материалов существуют рядом, а не внутри одной системы управления. Поэтому вопрос состоит не в дополнительной цифровизации как таковой, а в соединении уже существующих и новых источников данных от карьера до стройплощадки.

Исследование соотнесено с федеральными документами по развитию транспортной инфраструктуры до 2030 г., задачами в сфере беспилотных технологий и положениями Градостроительного кодекса РФ о программах развития транспортной инфраструктуры. Отдельное значение имеет Национальная цифровая транспортно-логистическая платформа [2]. Для неё региональный уровень важен как источник первичных данных. Российский опыт показывает, что интеграция платформенных решений с телематикой способна снижать транзакционные издержки и повышать управляемость цепей поставок [30]. Следовательно, региональная киберфизическая среда может рассматриваться не как изолированный проект, а как нижний, фактический слой более широкой цифровой инфраструктуры.

Объектом исследования выступает транспортная инфраструктура стройиндустрии Ярославской области как сложная открытая система. Предмет исследования составляют механизмы, связывающие добычу, перевозку и потребление строительных материалов в цифровом контуре управления. Цель работы состоит в обосновании архитектуры киберфизической среды, способной сократить разрыв между проектным и транспортным уровнями.

Научная новизна связана с тем, что положения кибернетики У.Р. Эшби и С. Бира используются здесь не для общего описания цифровой трансформации, а для диагностики конкретной региональной транспортно-строительной системы. В эту схему включена концепция киберфизических систем и цифровых двойников М. Гривса, а также архитектурные принципы ИТС, автономной логистики и платформенной экономики [3]. Такое сочетание позволяет перейти от перечня технологий к вопросу о том, каким образом они должны быть связаны в работающий контур управления.

Обзор литературы

Исходной теоретической рамкой служит системотехника строительства [4], где строительный процесс понимается как взаимодействие человека, техники и среды. Для данной работы это принципиально, поскольку перевозка материалов не отделяется от остальных стадий строительного процесса.

Исследования Т. А. Прокофьевой, В. В. Клименко, А. А. Лapidуса и других авторов [5; 6] показывают, что транспортно-логистическая система требует согласования потоков, инфраструктуры и управленческих решений, а не оптимизации одного элемента.

Другой блок литературы связан с цифровым двойником. В работах М. Гривса и М. Гривса с Дж. Викерсом цифровой двойник трактуется как связанная с физическим объектом цифровая модель, сопровождающая его в жизненном цикле [7; 8]. В логистике стройиндустрии эта идея важна в практическом смысле. Транспортное средство, оборудованное средствами измерения и передачи данных, уже перестаёт быть только обычным грузовиком. Он становится источником сведений о загрузке, маршруте, времени операции и фактическом объёме перевозки. Совокупность таких объектов позволяет говорить о цифровом представлении не отдельной машины, а логистической системы.

Кибернетический подход нужен для ответа на другой вопрос, почему при наличии цифровых средств управление всё равно может оставаться слабым. Закон необходимого разнообразия Эшби [9] связывает устойчивость управления с тем, насколько набор управляющих воздействий соответствует разнообразию внешней среды. Для региональной перевозки строительных материалов это особенно наглядно. Сезонность, пробки, колебания спроса, простои техники и человеческий фактор меняются быстрее, чем бумажный учёт и визуальный контроль способны на них реагировать. Модель жизнеспособной системы С. Бира [10] позволяет затем разложить это несоответствие по уровням и увидеть, где именно обрывается обратная связь.

Работы по архитектуре ИТС дополняют эту логику технической стороной. Е. О. Андреев и соавторы обращают внимание на открытые информационные пространства и на необходимость разделять управление идентификацией цифровых объектов и управление структурами данных [11]. Близкая задача ставится в исследованиях Ю. И. Соколова и соавторов, посвящённых интегрированному информационному пространству транспортных компаний и клиентов [12]. Для региональной стройлогистики это означает, что вопрос совместимости данных нельзя оставлять на последнюю стадию внедрения.

С этой же проблемой связана концепция «Физического интернета», предполагающая стандартизацию грузовых единиц и открытое взаимодействие логистических систем [13]. В российском контексте часть этих принципов получает развитие в проектах Национальной цифровой транспортно-логистической платформы [2; 14]. Однако федеральная платформа не устраняет автоматически разрывы на местах. Если первичные данные о погрузке, движении и разгрузке не формируются или не передаются в цифровом виде, верхний уровень получает неполную картину.

Региональный аспект цифровизации рассматривается в исследованиях А. И. Балашова и А. В. Соколовой. Их работы показывают, что цифровые технологии способны одновременно сокращать пространственные ограничения и усиливать концентрацию компетенций в крупнейших агломерациях [23]. Для строительства эта проблема особенно заметна. BIM-компетенции и развитая цифровая инфраструктура сосредоточены преимущественно в крупнейших центрах, тогда как значительная часть региональных подрядчиков использует такие инструменты эпизодически [26].

В предыдущем исследовании автора эта ситуация была описана как «ловушка цифрового субподряда» [27]. Её смысл состоит в том, что формальный доступ к цифровым решениям ещё не создаёт собственной способности управлять жизненным циклом объекта. Для транспортной логистики риск сходный. Региональный оператор может подключаться к внешней платформе, но при отсутствии собственных данных, компетенций и интерфейсов остаётся поставщиком простейшей услуги, а значительная часть добавленной стоимости переносится за пределы региона. Поэтому цифровизация сама по себе не гарантирует выравнивания пространственных различий.

Отдельное направление исследований связано с автономным транспортом. В аналитических материалах приводятся оценки снижения стоимости перевозок беспилотными грузовиками на 29–35% [24]. Опыт Caterpillar показывает промышленный масштаб автономной перевозки в закрытых техно-

логических контурах [25]. Российская практика также расширяется. Платформа «ЭвоКарго» работает в 18 регионах, а число пользователей сервиса по сравнению с 2021 г. выросло более чем в десять раз [26]. Для настоящей работы эти данные важны прежде всего потому, что автономный транспорт предъявляет более высокие требования к качеству и непрерывности цифрового контура.

Складская часть цепочки изучена слабее, хотя именно здесь транспортная и строительная логика часто сталкиваются наиболее непосредственно. Крупногабаритность и неоднородность грузов ограничивают прямое перенесение стандартных решений «умного склада» [15]. Вместе с тем сочетание WMS, RFID, роботизированных операций и автономного транспорта способно уменьшать потери времени на стыке перевозки и хранения. На фоне кадрового дефицита, который в строительстве России оценивается более чем в 800 тыс. специалистов [28], эта задача выходит за рамки локальной автоматизации. Общий технологический фон формируют решения логистики 4.0, включая IoT, большие данные и искусственный интеллект [3; 16].

В исследованиях «умного города» интеллектуальные транспортные и логистические сервисы рассматриваются как часть системы управления территорией [29]. Для региональной стройиндустрии это расширяет постановку вопроса. Перевозка строительных материалов становится не только внутренним процессом отрасли, но и элементом городской и региональной инфраструктуры, влияющим на дороги, сроки строительства и инвестиционные решения.

Таким образом, литература достаточно подробно описывает BIM, телематику, ИТС, цифровые двойники и отдельные элементы автономной логистики. Менее разработан переход от этих решений к единому региональному контуру, в котором данные с физического уровня используются для координации и стратегического управления. Именно этот разрыв между проектным и транспортным уровнями является предметом дальнейшего анализа.

Методология исследования

Методологическая схема исследования построена на совместном использовании системного анализа и кибернетики. Транспортная инфраструктура стройиндустрии рассматривается как жизнеспособная система в смысле С. Бира. Такая оптика удобна тем, что позволяет не смешивать разные виды управленческих функций и одновременно проследить путь данных от конкретной операции до регионального уровня. В исследуемой системе выделены пять функциональных уровней, на которых цифровой разрыв проявляется по-разному.

- *Система 1, операции.* К этому уровню отнесены карьеры, транспорт, строительные площадки и складские комплексы. Здесь возникают первичные данные о материальном потоке, поэтому отсутствие автоматизированного учёта наиболее непосредственно влияет на качество всей системы.
- *Система 2, координация.* Она включает диспетчерские службы, графики поставок, правила движения и системы управления складом WMS. Основная задача этого уровня состоит в согласовании независимых операций во времени и пространстве.
- *Система 3, контроль.* На данном уровне находятся бухгалтерия, снабжение и функции регионального заказчика. Здесь первичная информация превращается в данные для контроля исполнения, затрат и отклонений.
- *Система 4, адаптация и разведка.* К ней отнесены анализ больших данных, прогнозирование спроса на строительные материалы, оценка дорожной обстановки и анализ эффективности складских операций. Именно этот уровень должен работать с изменением внешней среды, а не только фиксировать уже произошедшие события.

- **Система 5, политика.** Она задаёт стратегию цифровизации строительной отрасли региона и связывает её с федеральными решениями, включая НЦТЛП [2].

Закон необходимого разнообразия Эшби использован как критерий достаточности управления. Эмпирическую основу составили региональная статистика, два кейса цифровизации, сравнительный анализ существующих решений и системное моделирование с опорой на архитектурные принципы ИТС и киберфизических систем. Такой набор методов позволяет сопоставить не только технологии, но и качество связей между уровнями управления.

Результаты исследования

Полученные материалы показывают, что основная проблема Ярославской области заключается не в полном отсутствии цифровых решений. Напротив, отдельные элементы уже внедрены. Слабым местом остаётся их несвязность. С точки зрения закона Эшби бумажный учёт, визуальный контроль и разрозненная диспетчеризация дают слишком малое разнообразие управленческих реакций для среды, в которой одновременно меняются дорожная ситуация, сезонность, спрос, загрузка техники и поведение участников. Цифровой разрыв поэтому проявляется как разрыв обратной связи.

Количественный фон этого вывода даёт динамика отрасли за 2021–2025 гг., представленная в **табл. 1**.

Таблица 1

Ключевые показатели развития строительной отрасли и транспортной логистики Ярославской области

Показатель	2021	2023	2025	Изменение 2025/2021, %
Объём строительных работ, млрд руб.	72,3	85,2	110,5	+52,8%
Грузооборот автомобильного транспорта, млн т-км	1 245,6*	1 312,8	1 408,3	+13,1%**
Доля компаний с автомат. системами управления транспортом, %	15%*	22%	31%	+16 п.п.**

* данные за 2022 г.

** изменение за 2023–2025 гг.

За рассматриваемый период объём строительных работ увеличился на 52,8%, тогда как грузооборот автомобильного транспорта вырос на 13,1% [17; 18]. Доля компаний, использующих автоматизированные системы управления транспортом, достигла 31%. Сам по себе этот показатель выглядит положительно, но темп его изменения заметно уступает росту строительной активности. Кроме того, 82% компаний называют главным барьером высокую стоимость внедрения. Это обстоятельство делает особенно важными решения, которые могут масштабироваться на группу участников, а не закупаться каждым оператором как отдельная закрытая система.

У разрыва есть и институциональная сторона. При дефиците около 800 тыс. специалистов в строительной отрасли [28] автоматизация и беспилотные решения становятся способом поддерживать пропускную способность логистики, а не только средством экономии труда. Для наблюдения за этой проблемой использована адаптированная система индикаторов цифровой зрелости строительной от-

расли, предложенная ранее [27]. Она позволяет рассматривать отставание не как единичный технологический сбой, а как устойчивое несоответствие между ростом отрасли и возможностями её цифрового управления.

Для проверки этой логики рассмотрены два региональных кейса. Они показывают разные стороны одной проблемы. Первый демонстрирует появление достоверных первичных данных на уровне физической операции, второй показывает, что даже при наличии региональной платформы эти данные ещё не обязательно становятся частью общего контура.

Кейс 1. Цифровизация карьерного транспорта

В ООО «Карьер «Вита» используется система бортового взвешивания VESA. По своему назначению это сравнительно локальное решение, однако именно поэтому кейс показателен. Датчики переводят факт загрузки из визуальной оценки в измеряемые цифровые данные. В терминах VSM это изменение происходит на уровне Системы 1. В терминах цифрового двойника возникает цифровое представление конкретной перевозочной операции, сопоставимое по логике с подходами, описанными в работе Li С. [19]. Такой механизм соответствует базовым принципам логистики 4.0 [3]. Следующий шаг уже не сводится к установке дополнительного оборудования. Он требует передачи данных в более широкий контур, где сведения о загрузке могут использоваться диспетчеризацией, учётом и в перспективе системами автономного движения по маршрутам типа «карьер – склад» [25]. Основные эффекты внедрения сведены в *табл. 2*.

Таблица 2

Системные эффекты от внедрения бортового контроля на карьере «Вита»

Параметр контроля	Технология до внедрения	Технология после внедрения	Ожидаемый системный эффект
Контроль загрузки транспортного средства	Визуальный метод («на глаз»)	Автоматический (датчики веса с точностью до 50 кг)	Исключение рисков недогрузки и осевого перегруза
Учет объемов перевозимых материалов	Бумажные путевые листы	Прямая передача цифровых данных в ERP-систему	Прозрачность потоков, исключение хищений
Система мотивации персонала	Оплата за количество совершенных рейсов	Оплата за фактически перевезенный тоннаж	Рост производительности труда на 15 – 20%

Наиболее существенный результат здесь не ограничивается ростом производительности. Бортовая система создаёт источник данных, которому могут доверять разные участники цепочки. Заказчик получает сведения о фактически перевезённом объёме, предприятие — основу для расчёта производительности и оплаты, контролирующие структуры — более прозрачный учёт. Иными словами, один технический элемент меняет не только операцию, но и качество взаимодействия между участниками.

Кейс 2. Региональная платформа управления

Второй кейс показывает обратную ситуацию. ГАУ ЯО «Проектный институт» выступает оператором цифровой трансформации строительства и использует электронную платформу взаимодействия участников. Однако транспортный трекинг включён в неё не полностью. Поэтому координационный и контрольный уровни получают только часть информации о фактическом движении материалов.

В сопоставлении с принципами открытой архитектуры ITS Station [20] это указывает на ограниченность существующего информационного обмена. По той же причине возможности «Физического интернета» реализуются лишь частично [13]. Для НЦТЛП такой разрыв принципиален, поскольку федеральная интеграция не может компенсировать отсутствие или фрагментарность региональных первичных данных [2; 14].

Транспортный контур при этом нельзя проектировать отдельно от складской части. Строительные грузы отличаются по габаритам, условиям хранения и способам обработки, поэтому WMS и RFID применяются здесь с отраслевыми ограничениями [15]. Дроны и другие автономные средства расширяют число возможных сценариев доставки [26], но одновременно усложняют требования к обмену данными. В предлагаемой системе должны сосуществовать высокоавтоматизированные склады, обычные закрытые помещения и открытые площадки хранения инертных материалов. Унификация касается не физических объектов, а правил передачи и использования информации о них.

Сопоставление двух кейсов с региональной статистикой показывает, где именно требуется системное решение. На физическом уровне цифровые данные уже могут формироваться, на уровне платформы уже существует инфраструктура управления, но между ними сохраняется разрыв. Для его сокращения предложена архитектура киберфизической среды, представленная на *рис. 1*.



Рис. 1. Киберфизическая модель управления транспортной логистикой в региональной стройиндустрии (на основе VSM-подхода)

Рисунок 1 показывает не перечень технологий, а движение данных между уровнями управления. Его структура соответствует модели жизнеспособной системы С. Бира. Открытая шина данных связывает физические операции с координацией, контролем и аналитикой. Для автономного транспорта предусмотрен модуль V2X, через который транспортное средство взаимодействует с дорожной инфраструктурой и другими участниками движения [11]. В результате источник данных и получатель управленческого воздействия оказываются внутри одного контура.

На нижнем уровне сведения формируются непосредственно на объектах — в карьерах, на транспорте, складах и строительных площадках. Далее они поступают в общую шину через открытые ин-

терфейсы. Особое значение имеет разделение собственно данных и идентификационной информации цифровых объектов [11]. Для беспилотного транспорта это позволяет использовать единые принципы обмена как на закрытых карьерных маршрутах, так и при выходе на дороги общего пользования. Аналитические приложения Системы 4 работают уже не с отчётами постфактум, а с текущими данными, после чего результаты возвращаются на уровни контроля и политики. Именно эта обратная связь отличает предлагаемую архитектуру от набора разрозненных систем автоматизации.

По своей логике архитектура совместима с экономико-математическими моделями сетевых логистических процессов [16] и задачами модернизации транспортной инфраструктуры до 2030 г. Её применение позволяет опираться при разработке региональных программ не только на плановые показатели, но и на сведения о фактическом движении материальных потоков. При накоплении данных появляется возможность формировать цифровые двойники отдельных транспортных единиц [7], а затем и агрегированное цифровое представление региональной логистической системы. Это создаёт переход от фиксации отклонений к их прогнозированию.

Для регионов с ограниченными цифровыми компетенциями одной архитектуры недостаточно. Поэтому в развитие подхода [27] предлагается «Региональный логистический хаб» как центр совместного доступа к инфраструктуре и компетенциям. Малые и средние перевозчики могли бы использовать через него облачные IoT-платформы, типовые цифровые сценарии и программы подготовки по логистике 4.0. Возможный механизм финансирования — ваучерная поддержка через действующие инструменты развития малого и среднего предпринимательства. Здесь важен не сам организационный формат, а снижение порога входа для компаний, которым экономически трудно создавать собственную цифровую платформу.

Региональные данные показывают, что задача имеет практический масштаб. Грузопоток оценивается примерно в 1 млн тонн в месяц, строительный сектор в первом полугодии 2025 г. рос высокими темпами, а регион заметно продвинулся в рейтинге цифровизации государственных услуг [21]. Одновременно число транспортных организаций сократилось на 3,5%. Для НЦТПП потенциальный экономический эффект от сокращения простоев и транзакционных издержек оценивается в 168 млрд руб. в год по стране [2]. Перенос этой логики на Ярославскую область с учётом объёма перевозок позволяет оценить возможное снижение логистических издержек в пределах 15–20%. Эта величина требует последующей проверки на более детальной экономической модели, однако уже на данном этапе она показывает порядок ожидаемого эффекта.

Заключение

1. Проведённый анализ позволяет уточнить саму природу цифрового разрыва в транспортной логистике стройиндустрии. В Ярославской области он возникает не между «цифровой» и «нецифровой» отраслью. Цифровые элементы присутствуют на разных уровнях, но работают раздельно. С позиции закона Эшби слабость управления объясняется тем, что скорость и разнообразие реакций существующего контура не соответствуют изменчивости реального грузопотока. Поэтому точечная автоматизация решает локальные задачи, но не снимает системное ограничение. Кроме того, региональный опыт подтверждает вывод о двойственном эффекте цифровизации — без собственной инфраструктуры и компетенций она способна закреплять зависимость периферийных участников от внешних платформ [27].
2. Кейс карьерного транспорта показывает, с какого уровня может начинаться изменение. Бортовые весы создают достоверные первичные данные и тем самым переводят транспортное средство из пассивного объекта учёта в источник информации для всей системы. Это соответствует логике

цифрового двойника и логистики 4.0 [3]. Российские практики также подтверждают значимость сочетания бортового IoT, открытых API и платформенного обмена [30]. Однако эффект возникает только тогда, когда первичные данные выходят за пределы локальной системы предприятия и используются следующими уровнями управления.

3. Предложенная архитектура решает именно эту задачу. Открытая шина данных и разделение контуров данных и идентификации [11] создают возможность связать Системы 1–5 VSM без обязательной замены всех используемых программных решений. Это принципиально для региональной практики, где участники отличаются по масштабу и цифровой зрелости. В дальнейшем к такому контуру могут подключаться перевозчики, поставщики и склады, а накопленные данные — использоваться для прогнозирования спроса и технических отказов. Интеграция с НЦТП [2] в этой схеме становится следствием нормального регионального учёта, а не самостоятельной административной задачей.
4. Автономная логистика усиливает потребность в таком контуре. Оценки снижения стоимости перевозок на 29–35% [24; 25] показывают экономический потенциал беспилотного транспорта, а кадровый дефицит придаёт вопросу дополнительную практическую значимость [28]. Вместе с тем автономный грузовик, дрон или роботизированный склад не могут работать как изолированные устройства. Им нужны совместимые данные, понятные правила идентификации и постоянная связь с инфраструктурой. Для стройиндустрии при этом необходимо учитывать специфику крупных и разнородных грузов, что делает перспективными гибридные модели «умного склада» [15].
5. Для региональной политики из полученных результатов следует достаточно конкретный вывод. Высокие темпы строительства при сокращении числа транспортных организаций и более медленной цифровизации перевозок формируют инфраструктурное ограничение, которое может стать заметнее по мере роста отрасли. Инвестиции в дорожную и транспортную инфраструктуру в этой ситуации целесообразно сочетать с созданием общего цифрового контура. Иначе физическое расширение мощностей не устраняет информационные разрывы. Ранее показано, что эффект цифровизации в регионах зависит от мер по развитию собственных компетенций и от способности удерживать технологические функции внутри территории [27]. Для строительной отрасли к этому добавляется необходимость согласовывать технологические, кадровые и маркетинговые решения [31].

Практический смысл предлагаемого подхода состоит в том, чтобы сделать региональную логистику наблюдаемой на всём пути материала — от погрузки в карьере до приёмки на строительной площадке. Такой контур может снижать простои и потери, улучшать планирование инфраструктуры и создавать более прозрачную среду для инвестиций. Следующий этап исследования должен быть связан с проверкой экономических параметров модели на расширенной выборке предприятий, разработкой алгоритмов прогнозирования транспортных потоков и оценкой технологий распределённого реестра как одного из возможных способов подтверждения неизменности межорганизационных данных [22].

Библиографический список

1. Васильева М. Е., Волкова Е. М., Романов А. С. Интеллектуальные транспортные системы в российских агломерациях: сущность, структура и направления развития // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9. № 4. С. 117–128. doi: 10.17816/transsyst202394117-128.

2. Гулый И. М. Экономические последствия внедрения цифровых экосистемных платформенных решений в рамках взаимодействия участников перевозочного процесса на базе Национальной цифровой транспортно-логистической платформы // Инновационные транспортные системы и технологии. 2025. Т. 10. № 3. С. 372–383. doi: 10.17816/transsyst690064.
3. *Feng Jian Cheng*. Digital logistics modeling methods and tools as part of business logistics management in industry // Горизонты экономики. 2024. № 1 (81). С. 84–87.
4. Гусаков А. А. Системотехника строительства. М.: Стройиздат, 1993. 368 с.
5. Прокофьева Т. А., Клименко В. В. Региональные транспортно-логистические системы: стратегическое планирование и управление функционированием и развитием. М.: ОАО «ИТКОР», 2016. 630 с.
6. Лapidус А. А., Агеева Я. Д. Цифровая трансформация материально-технического обеспечения строительства // Приволжский научный журнал. 2025. № 1 (73). С. 174–181.
7. *Grieves M.* Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication // White Paper. 2014. 7 p.
8. *Grieves M., Vickers J.* Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Kahlen F. J., Flumerfelt S., Alves A. (eds) Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, Cham. 2017. P. 85–113.
9. *Ashby W. R.* Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall, 1956. 295 p.
10. *Beer S.* Brain of the Firm. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1981. 417 p.
11. Андреев Е. О., Жанказиев С. В., Зырянов В. В., Павлов А. С. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2024. Том 18. № 1. С. 38–43.
12. Соколов Ю. И., Ефимова О. В., Лавров И. М. Экономическое обоснование создания интегрированного информационного пространства взаимодействия транспортных компаний и клиентов: монография. М.: Российский университет транспорта (МИИТ), 2019.
13. Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Покусаев О. Н. Физический интернет и транспортно-логистические системы цифровой экономики // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 1. С. 92–109.
14. Гулый И. М. Особенности и вызовы современного этапа развития транспортной отрасли // В сб.: Транспорт России: проблемы и перспективы. 2024. С. 45–51.
15. Густов Д. Ю., Скель В. И. Концепция умного склада для строительной отрасли // Системные технологии. 2024. № 2 (51). С. 14–21. doi: 10.48612/dnitii/2024_51_14-21.
16. *Barykin S., Provotorov V., Kapustina I., Sergeev S., Naumova E., Dedyukhina N.* Modeling of Transport Flows of Energy Resources in Digital Logistics Based on the Methodology of Multidimensional Network Structures // Transportation Research Procedia. 2022. Vol. 63. P. 628-638. doi: 10.1016/j.trpro.2022.06.056.
17. Голицын А. Опубликована статистика сокращения организаций в Ярославской области в 2025 году // Коммерсантъ. 2026. 17 февраля. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8441263> (дата обращения: 14.02.2026).

18. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области. Строительство в Ярославской области: статистический сборник. — Ярославль, 2026.
19. Li C., Lu P., Zhu W., Zhu H., Zhang X. Intelligent Monitoring Platform and Application for Building Energy Using Information Based on Digital Twin // *Energies*. 2023. Vol. 16, No. 19. P. 6839.
20. Sousa S., Santos A. A New Approach on Communications Architectures for Intelligent Transportation Systems // *Procedia Computer Science*. 2017. Vol. 110. P. 320–327.
21. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Рейтинг цифровой трансформации регионов. — М., 2026.
22. Baghalzadeh Shishehgarkhaneh M., Moehler R.C., Fang Y. et al. Construction supply chain risk management // *Automation in Construction*. 2024. Vol. 162. P. 105396.
23. Балашиов А. И., Соколова А. В. Цифровое неравенство как новая форма социально-экономической дифференциации регионов // *Экономика региона*. 2020. Т. 16, № 4. С. 1054–1068.
24. Аналитический обзор рынка беспилотной логистики // Национальная ассоциация автономного транспорта. 2025. № 4. С. 12–18.
25. Caterpillar Inc. Autonomous Mining Technology: 10 billion Tonnes Moved Without Injury. Peoria, IL: Caterpillar, 2025. 24 p.
26. ЭвоКарго. Итоги 2025 года: цифровая платформа управления беспилотными грузовиками // Пресс-релиз. 2026. 15 января. URL: <https://evocargo.ru/press/2026-01-15> (дата обращения: 28.03.2026).
27. Шевченко Д. А. Парадоксы цифровой трансформации строительной отрасли как инструмент сглаживания региональных различий // *Системные технологии*. 2026. № 1 (58). С. 31–41.
28. Национальное объединение строителей (НОСТРОЙ). Кадровый дефицит в строительной отрасли: аналитический доклад. М.: НОСТРОЙ, 2025. 68 с.
29. Шевченко Д. А. «Умный город»: обзор механизмов и инструментов // *Практический маркетинг*. 2024. № 10 (328). С. 45–48. DOI: 10.24412/2071-3762-2024-10328-45-48. EDN: NIRIMA.
30. Шевченко Д. А. Логистика XXI века: лучшие российские практики. М.: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2022. 262 с. ISBN 978-5-16-110271-8. EDN: DRWFIM.
31. Шевченко Д. А. Брендинг строительной фирмы // *Системные технологии*. 2024. № 1 (50). С. 84–93. DOI: 10.48612/dnitii/2024_50_84-93. EDN: YTRLZK.

LOGISTICS OF THE REGIONAL CONSTRUCTION INDUSTRY: FROM DIGITAL GAP TO CYBER-PHYSICAL ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF THE YAROSLAVL REGION)

D. A. Shevchenko^{*/**}

^{*} Chamber of Commerce and Industry, Moscow

^{**} Russian State Social University (RSSU), Moscow

Abstract

Digitalization in the transport logistics of a regional construction complex develops unevenly. The Yaroslavl Region shows a visible gap between the digitalized design and document-flow levels, where BIM and regional construction management systems are already used, and the physical movement of construction materials, where paper records and visual control are still common. The paper treats this gap primarily as a management problem. Ashby's law of requisite variety and Beer's viable system model are used to examine it. On this basis, a cyber-physical environment for the Quarry – Transport – Construction Site chain is proposed. Its logic is to connect IoT devices, on-board weighing systems and other primary data sources with a common real-time management loop. The practical aspect is illustrated by the case of Vita Quarry LLC, where on-board control was associated with a 15 – 20% increase in driver productivity and greater transparency of material accounting. At the regional level, the possible reduction in logistics costs is estimated at 15 – 20%. The proposed architecture can be integrated with the National Digital Transport and Logistics Platform and adapted to regions facing a similar technological gap.

The Keywords

Digital gap, cyber-physical environment, transport logistics, construction industry, digital transformation, cybernetics, IoT, digital twin, unmanned logistics.

Date of receipt in edition

19.08.2026

Date of acceptance for printing

07.09.2026

Ссылка для цитирования:

Д. А. Шевченко. Логистика стройиндустрии региона: от цифрового разрыва к киберфизической среде. — Системные технологии. — 2026. — № 3 (60). — С. 97 – 108.