

УДК 658.788:004.8

DOI: 10.37890/jwt.vi86.680

Научно-методический подход к управлению цифровой трансформацией складской логистики

В. Н. Костров¹

ORCID: 0000-0002-8703-6713

Н.А. Барина¹

ORCID: 0009-0009-2378-6425

Д.Н. Сухарев²

ORCID: 0000-0002-8255-3017

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия*

²*АО «Русатом Оверсиз», г. Москва, Россия*

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена вызовами цифровой трансформации складской логистики, для которых существующие научные подходы носят фрагментарный характер, фокусируясь на отдельных технологиях без учета системных организационных и кадровых изменений. Целью работы является разработка комплексной методологии, обеспечивающей устойчивую цифровую трансформацию складских систем. В ходе исследования на основе теоретико-методологического анализа и сравнительного подхода были выявлены ключевые технологические тренды и семь групп системных барьеров цифровизации. В результате разработана оригинальная пятиэтапная методология, интегрирующая последовательные стадии: диагностику, внедрение технологий, оптимизацию процессов, обучение персонала и непрерывный мониторинг. Центральным научным результатом является структурированный алгоритм управления трансформацией, направленный на синергию технологических, организационных и социальных аспектов. В заключении обоснованы стратегические приоритеты для долгосрочной устойчивости преобразований: интеграция ESG-принципов, эволюционный подход к инновациям, формирование отраслевых экосистем и принцип «безопасность по умолчанию». Предлагаемая методология служит практическим инструментом для предприятий, позволяя превратить цифровую трансформацию из затратного проекта в источник устойчивого конкурентного преимущества.

Ключевые слова: складская логистика, цифровая трансформация, методология управления, цифровые технологии, ESG-принципы, устойчивое развитие, интегрированная система.

Scientific and methodological approach to managing the digital transformation of warehouse logistics

Vladimir N. Kostrov¹

ORCID: 0000-0002-8703-6713

Natalya A. Barinova¹

ORCID: 0009-0009-2378-6425

Dmitry N. Sukharev²

ORCID: 0000-0002-8255-3017

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Rusatom Overseas, Moscow, Russia*

Abstract. The relevance of the study stems from the challenges of digital transformation in warehouse logistics, for which the existing scientific approaches are fragmented, focusing on selected technologies without considering systemic organizational and personnel changes.

The purpose of the study is to develop a comprehensive methodology to ensure sustainable digital transformation of warehouse systems. Using theoretical and methodological analysis and a comparative approach, the study identified key technological trends and seven groups of systemic barriers to digitalization. As a result, an original five-stage methodology has been developed, integrating sequential stages: diagnostics, technology implementation, process optimization, personnel training, and continuous monitoring. The main scientific result is a structured transformation management algorithm aimed at synergizing technological, organizational, and social aspects. The conclusion substantiates strategic priorities for the long-term sustainability of the transformation: the integration of ESG principles, an evolutionary approach to innovation, the formation of industry ecosystems, and the principle of "security by default." The proposed methodology serves as a practical tool for enterprises, enabling them to transform digital transformation from a costly project into a source of sustainable competitive advantage.

Keywords: warehouse logistics, digital transformation, management methodology, digital technologies, ESG principles, sustainable development, integrated system.

Введение

Складская логистика выполняет системообразующую функцию в обеспечении непрерывности материальных потоков и оптимизации ресурсного потенциала предприятий. В условиях растущей динамики рынков и технологических изменений традиционные модели управления складским хозяйством демонстрируют снижение эффективности, что актуализирует потребность в формировании принципиально новых подходов, основанных на цифровизации и интеллектуальном управлении.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью перевода складской логистики на качественно новый уровень, обеспечивающий рост производительности, сокращение издержек и повышение надёжности цепочек поставок. Национальные инициативы, такие как программа «Цифровая экономика Российской Федерации» и государственная программа «Развитие транспортной системы», создают институциональные и инфраструктурные предпосылки для масштабного внедрения цифровых технологий в логистическую сферу.[1,2] Вместе с тем возникают комплексные вызовы, связанные с адаптацией существующих операционных моделей к требованиям цифровой эпохи.

Состояние научной дискуссии в области цифровизации складской логистики характеризуется фрагментарностью. Большинство исследований сосредоточено на анализе отдельных технологических решений — например, систем WMS, RFID, роботизированных комплексов или инструментов аналитики. При этом комплексные методологии, которые охватывают всю экосистему трансформации — включая технологическую интеграцию, организационные преобразования и кадровые изменения, — остаются недостаточно разработанными. Этот концептуальный дефицит формирует объективную потребность в исследованиях, направленных на синтез классических логистических парадигм с современными цифровыми подходами.

Критический анализ существующих исследований подтверждает указанный пробел. Например, работа Поповой Т.А., детально описывающая отдельные аспекты автоматизации складских процессов, не предлагает целостной структуры для управления цифровой трансформацией.[3] Аналогично, публикация Лобановой А.А. и Васильевой В.А., представляющая обзор разнообразных цифровых инструментов — EDI, дронов, блокчейна и «умных» очков, ограничивается их перечислением.[4]

Зарубежные исследования, такие как работа А. Хаппонен и Д. Минашкиной, вносят вклад в понимание экологического аспекта цифровизации, фокусируясь на снижении углеродного следа и энергоэффективности складов.[5] Однако даже эти прогрессивные подходы зачастую не учитывают в полной мере экономические, социальные и организационные последствия технологических изменений, такие как

трансформация трудовых процессов, требования к квалификации персонала или необходимость адаптации бизнес-моделей.

Таким образом, существует устойчивая научная проблема: преобладание узкотехнологического подхода при отсутствии комплексных методологий, способных обеспечить синергию между технологическими инновациями, экономической эффективностью, социальной ответственностью и организационной гибкостью. Для преодоления этого разрыва необходимо развитие методологии, интегрирующей многоуровневый анализ и позволяющей не только внедрять отдельные технологии, но и управлять системной трансформацией складской логистики как частью цифровой экосистемы предприятия.

Цель настоящего исследования — разработка комплексной методологии цифровой трансформации складской логистики, интегрирующей технологические, организационные и кадровые аспекты для обеспечения устойчивого повышения операционной эффективности, надёжности цепочек поставок и конкурентоспособности предприятий в условиях цифровой экономики.

Задачи исследования:

Проанализировать современное состояние и ключевые тенденции развития складской логистики в контексте цифровизации.

Выявить и систематизировать ключевые проблемы и барьеры, препятствующие успешной цифровой трансформации складской логистики.

Разработать поэтапную комплексную методологию трансформационных изменений, направленную на системное преодоление выявленных проблем и обеспечение устойчивого роста операционной эффективности.

Определить стратегические приоритеты обеспечивающие долгосрочную устойчивость цифровой трансформации.

Научная новизна исследования заключается в разработке целостного подхода к цифровой трансформации складской логистики, который преодолевает фрагментарность существующих исследований. Работа направлена на создание системной методологии, интегрирующей технологические, организационные и кадровые аспекты преобразований, а также на расширение теоретических основ логистики за счёт синтеза с концепциями устойчивого развития, управления изменениями и безопасности цифровых экосистем.

Методы исследования

Исследование базируется на комплексном применении общенаучных и специальных методов, соответствующих поэтапному решению поставленных задач. Теоретико-методологический анализ и всесторонний обзор научной литературы позволили выявить ключевые тенденции, противоречия и пробелы в области цифровизации складской логистики. Сравнительный анализ применялся для сопоставления существующих технологических решений, моделей внедрения и подходов к интеграции, что способствовало структурированию проблемного поля. Методы систематизации и классификации использовались для формирования целостной рамки анализа, объединяющей технологические, организационные и кадровые аспекты трансформации.

На этапе разработки методологии был задействован метод моделирования, основанный на принципах процессного подхода и непрерывного улучшения, что обеспечило проектирование логически связанных и последовательных этапов преобразований. Путём абстрагирования и концептуализации были сформулированы стратегические приоритеты цифровой трансформации, такие как интеграция ESG-принципов (англ. environmental, social, and corporate governance – «Экологическое, социальное и корпоративное управление») и принципа «безопасности по умолчанию». Логический и причинно-следственный анализ применялся для установления взаимосвязей между выявленными барьерами и предлагаемыми

механизмами их преодоления, а также для обоснования устойчивости и адаптивности предлагаемой методологии.

Такой многоаспектный методический аппарат обеспечил системность исследования и позволил перейти от анализа частных технологических вопросов к построению комплексной управленческой модели трансформации складской логистики в условиях цифровой экономики.

Результаты исследования

Современная складская логистика переживает период глубокой технологической трансформации, движущей силой которой является стремление к достижению операционного совершенства и устойчивости. Ключевым драйвером изменений выступает распространение комплексной автоматизации. Внедрение роботизированных систем, автономных погрузчиков и роботов-штабелёров не только сокращает время выполнения заказов и минимизирует человеческий фактор, но и переопределяет саму организацию складского пространства и потоков, повышая производительность и предсказуемость операций.[6]

Параллельно усиливается фокус на экологии, интегрирующий принципы устойчивого развития в логистические модели. Этот тренд проявляется в переходе на энергоэффективное оборудование, использовании возобновляемых источников энергии (солнечные панели), внедрении электрического транспорта и оптимизации ресурсопотребления, что способствует формированию «зелёных» складов как нового отраслевого стандарта.

Технология интернета вещей (Internet of Things, IoT) выступает основой для создания цифрового контура управления, обеспечивая сквозную видимость цепочек. Сенсоры и подключённые устройства в реальном времени передают данные о местоположении, состоянии груза и условиях хранения, что позволяет оперативно выявлять отклонения, прогнозировать риски и повышать сохранность товарно-материальных ценностей.

Решающую роль в обработке генерируемых данных играет аналитика больших данных и искусственный интеллект. Эти технологии позволяют перейти от реактивного к предиктивному и даже прескриптивному управлению запасами, точно прогнозируя спрос, оптимизируя уровни страховых запасов и автоматизируя процессы пополнения, что напрямую влияет на оборачиваемость и снижение иммобилизации капитала.

В условиях нестабильности рынков гибкость и адаптивность становятся ключевыми компетенциями. Современные складские системы должны обладать способностью к быстрой реконфигурации процессов и ресурсов в ответ на изменения спроса, рыночные ограничения или стратегические инициативы, обеспечивая непрерывность и эффективность операций.

Автоматизация и внедрение современных технологий, включая искусственный интеллект (ИИ), также являются элементами системы внутренних контролей (СВК) в складской логистике повышая их эффективность через следующие инструменты:

- *Цифровая автоматизация физического контроля:*

- RFID-технологии - использование меток RFID позволяет автоматически отслеживать перемещение товаров внутри склада, обеспечивая быстрый доступ к данным о местоположении каждой единицы продукции;
- дроны и роботы - применение беспилотников и роботизированных решений для мониторинга состояния помещений и перемещения грузов;
- интеллектуальные камеры - интеграция интеллектуальных алгоритмов обработки изображений для анализа поведения сотрудников и выявления нарушений техники безопасности.

- *Документация и электронный документооборот:*

- ERP-системы - современные ERP-решения интегрируют процессы планирования, закупок, производства и продаж, снижая вероятность ошибок и повышая прозрачность бизнес-процессов;

- электронные подписи - упрощают процесс утверждения документов и сокращают бумажный оборот;

- Big Data-аналитика - обработка больших объемов данных позволяет выявлять аномалии и отклонения в работе склада, предупреждая возможные риски.

- Использование искусственного интеллекта:

- прогностическая аналитика - машинное обучение помогает предсказывать спрос на продукцию, оптимизировать запасы и планировать поставки заранее;

- оптимизация маршрутов - AI-системы помогают эффективно распределять грузопотоки, снижая затраты на транспортировку и ускоряя доставку товаров клиентам;

- мониторинг оборудования - предиктивная диагностика состояния техники и механизмов предотвращает внезапные поломки и снижает эксплуатационные расходы.

- Повышение организационной дисциплины:

- HR-системы - автоматизация кадровых процессов способствует эффективному подбору кадров и повышению квалификации сотрудников;

- автоматизированные уведомления - сотрудники получают своевременные предупреждения о предстоящих операциях и возможных рисках;

- имитация критических ситуаций - технологии виртуальной реальности позволяют сотрудникам готовиться к нестандартным ситуациям, таким как аварии или сбои оборудования.

Сочетание цифровых технологий и методов системы внутреннего контроля существенно повышает устойчивость и управляемость складских процессов, способствуя росту общей операционной эффективности, позволяет избегать многих рисков в деятельности предприятий, уменьшать скорость выявления ошибок и несоответствий и своевременно реагировать на них, реализуя компенсирующие мероприятия.

Интегрирующим ядром цифрового склада выступают продвинутое системы управления складом (Warehouse Management System, WMS) и цифровые платформы. Они обеспечивают централизованное управление всеми процессами — от приёмки до отгрузки — на основе алгоритмов оптимального размещения, маршрутизации и учёта, создавая единую цифровую среду для принятия решений.

Таким образом, формируется новая парадигма складской логистики, где технологии выступают не просто инструментами оптимизации, а фундаментом для построения интеллектуальных, устойчивых и клиентоориентированных логистических экосистем. Однако этот трансформационный путь сопряжён с комплексом технологических, экономических и организационных вызовов, требующих системного подхода к их преодолению [7].

Ключевые проблемы цифровизации складской логистики и пути их решения:

1. Высокая стоимость внедрения

Автоматизация предполагает существенные первоначальные инвестиции в аппаратное обеспечение, программные решения, сенсорные системы и платформы для интеграции. Для предприятий малого и среднего бизнеса это создает серьезное финансовое ограничение, особенно когда требуется полная модернизация существующей инфраструктуры.

Пути решения:

- Пилотные проекты - начало с точечной автоматизации отдельных участков склада. Если технология доказала свою эффективность, её опыт тиражируется на другие участки.

- Облачные сервисы и модели SaaS (англ. software as a service — «программное обеспечение как услуга») предоставляют возможность отказаться от значительных первоначальных инвестиций в создание и поддержание собственной IT-инфраструктуры и аппаратного обеспечения.[8]

- Ожидание массовости использования данных инструментов. Всегда, чем более эксклюзивная технология, тем она дороже, чем более массовой она становится, тем дешевле в использовании. При таком подходе есть риск проиграть конкуренцию на рынке, вовремя не став более эффективным, чем конкуренты.

Принимая решение о внедрении или не внедрении данных инструментов, нужно исходить не только из финансовых возможностей, но и из понимания потенциальной выгоды от их внедрения по отношению к расходам, которые предприятие понесет.

2. Трудность объединения разнородных систем

Современные складские комплексы зачастую оперируют множеством обособленных программных решений, таких как WMS, TMS, ERP и CRM. Нередко эти системы разработаны с использованием несовместимых протоколов обмена данными, что порождает сложности при синхронизации информации и препятствует формированию целостной цифровой среды управления.

Пути решения:

- Использование международных стандартов обмена данными (например, EDI, GS1), позволяющих различным системам взаимодействовать друг с другом.

- Единые интеграционные платформы. Централизованная платформа, такая как Enterprise Service Bus (ESB), упрощает взаимодействие между различными приложениями.

3. Угроза кибербезопасности и конфиденциальности данных

Увеличение количества устройств интернета вещей (IoT) порождает новые векторы угроз. Потенциальные атаки на системы управления складскими операциями способны вызвать паралич производственных процессов, утрату информации о товарных запасах и, как следствие, существенные финансовые потери.

Пути решения:

- Многоуровневые системы защиты. Внедрение сложных схем аутентификации пользователей, включая двухфакторную проверку и биометрические методы.

- Концепция нулевого доверия (Zero Trust). Модель, исключающая доверительные отношения между компонентами системы, минимизирующая влияние потенциальных взломов.[9]

- Основной причиной нарушений конфиденциальности и киберугроз является человеческий фактор (более 90% таких случаев происходят из-за сотрудников). Данный аспект требует внимания, минимально необходимым мероприятием при этом будет выпуск соответствующих памяток для сотрудников, но для более системной работы, повышающей уровень кибербезопасности, необходимо создание службы безопасности, которая будет постоянно работать в данном направлении и противодействовать злоумышленникам. Это также повысит надежность выстраиваемой СВК, которую должен внедрять менеджмент в каждом процессе, замыкая в одну большую систему.

- Не стоит забывать и про страхование ответственности на такие случаи, как мероприятие, позволяющее не избегать данных рисков, а митигировать негативные последствия в случае их реализации.

4. Дефицит квалифицированных кадров

Современные технологии, такие как роботизированные системы, аналитические платформы и модули искусственного интеллекта, требуют сотрудников с глубокими знаниями в IT, автоматизации и логистике. Отсутствие таких специалистов замедляет

внедрение цифровых решений и увеличивает вероятность ошибок при их использовании.

Пути решения:

- Повышение квалификации сотрудников. Регулярное обучение персонала современным инструментам и технологиям.
- Привлечение студентов и молодых специалистов. Партнерство с профильными образовательными учреждениями для привлечения молодых кадров, готовых осваивать новые знания. При этом стоит учитывать социокультурный аспект нового поколения молодых специалистов, уже при приеме на работу требующих большей зарплаты, нередко даже выше той, что получают уже действующие работники. Также необходимо учитывать, что Z-поколение характеризуется особыми установками и предпочтениями, обусловленными влиянием процессов глобализации, цифровой трансформации и изменениями общественных норм и ценностей (преимущественное значение самореализации над статусом, смыслообразующая функция профессиональной деятельности, предпочтение комфортного формата рабочей среды, повышенная потребность в профессиональном развитии, низкая приверженность конкретному предприятию, автономия и свобода принятия решений).
- Повышение эффективности работы предприятия, что в свою очередь позволит увеличить доходы предприятия, часть из которых необходимо направить на повышение благосостояния рабочего коллектива, не только через увеличение заработной платы, но и создания комфортной рабочей среды, высокой корпоративной культуры и социальных программ поддержки работников и их семей, повышая таким образом привлекательность предприятия в глазах работников. Это также будет мотивировать работников к самосовершенствованию, повышению уровня своей эффективности и эффективности предприятия, приводящее к росту доходов. Таким образом, будет создан замкнутый, самоподдерживающийся процесс.

5. Дефицит качества и стандартизации данных

Отсутствие единых спецификаций для описания товарных потоков и унифицированных форматов данных снижает прогностическую способность аналитических систем и создает барьеры для межсистемной интеграции с партнерами.

Пути решения:

- Реализация стратегии Master Data Management (MDM) и стандартизация учётных процессов на корпоративном уровне.
- Применение цифровых двойников и инструментов анализа больших данных для валидации корректности и целостности информационных потоков, что способствует снижению ошибок при интеграции с внешними API и сервисами.[10]

6. Ограниченность инфраструктуры

Недостаточный уровень цифровой инфраструктуры, нестабильная связь, отсутствие сетей 5G или современных сенсорных решений, что делает невозможным эффективное применение цифровых инструментов на складах.

Пути решения:

- Инвестиции в развитие инфраструктуры. Строительство и модернизация объектов инфраструктуры, включая высокоскоростной интернет и доступные облака.
- Альтернативные способы подключения. Использование спутниковых каналов связи там, где наземные линии отсутствуют.

7. Организационные и культурные барьеры

Сотрудники нередко проявляют сопротивление к переменам, опасаясь за свои рабочие места, а руководство сталкивается с трудностями в переосмыслении бизнес-моделей.

Пути решения:

- Открытое общение. Объяснение сотрудникам выгод цифровизации и разъяснение последствий игнорирования изменений.
- Участие сотрудников в процессах изменений. Их активное привлечение к разработке и принятию решений способствует поддержке перемен.
- Переобучение и повышение квалификации сотрудников необходимы для их интеграции в автоматизированные процессы в новых ролях. При этом важно гарантировать работникам, что такое развитие карьеры не приведёт к потере рабочего места.
- Стратегию развития можно выстроить на принципе естественного сокращения численности: вакансии, освобождаемые увольняющимися или выходящими на пенсию сотрудниками, не замещаются. Постепенная автоматизация процессов в этом случае не вызовет социальной напряженности и репутационных потерь, что особенно актуально для крупных работодателей, несущих социальную ответственность.

Представленный анализ ключевых проблем подтверждает, что цифровая трансформация складской логистики представляет собой сложную многомерную задачу, выходящую за рамки точечной модернизации. Устранение отдельных барьеров не гарантирует достижения качественно нового уровня эффективности, так как успех зависит от синергетического взаимодействия всех компонентов системы. Для осуществления прорывных изменений требуется целостный подход, комплексно охватывающий технологическую, организационную и социальную составляющие.

В этой связи обоснована необходимость разработки комплексной методологии управления трансформацией.

Визуальным отражением и архитектурной основой предлагаемой методологии служит многоуровневая модель цифровой трансформации складской логистики [Рис. 6]. Данная модель систематизирует ключевые компоненты преобразований в логически связанную структуру, состоящую из четырех концентрических уровней и управляющего контура.

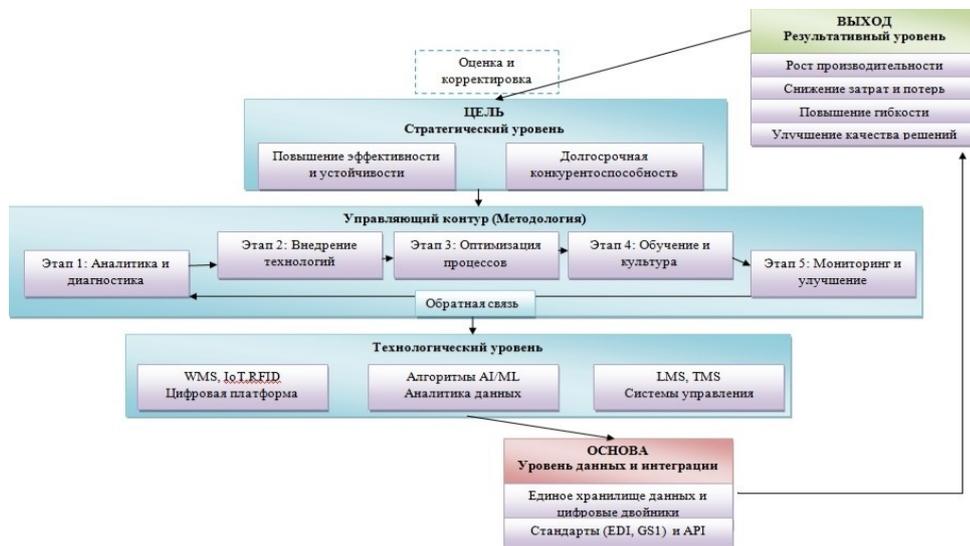


Рис. 6. Многоуровневая модель цифровой трансформации складской логистики

Фундаментальным уровнем выступает уровень данных и интеграции, включающий единое хранилище данных, цифровые двойники, а также стандарты обмена (EDI, GS1) и API. Это создает целостное и совместимое информационное пространство, необходимое для работы любых цифровых систем.

На технологическом уровне концентрируются конкретные инструменты: системы управления (WMS, TMS, LMS), технологии идентификации и сбора данных (RFID, IoT), аналитические алгоритмы (AI/ML) и цифровые платформы. Этот уровень обеспечивает автоматизацию и интеллектуализацию операций.

Управляющий контур (методология) представляет собой итеративный процесс трансформации, состоящий из пяти последовательных этапов: аналитика и диагностика, внедрение технологий, оптимизация процессов, обучение и культура, мониторинг и улучшение. Именно этот контур реализует предложенную в исследовании поэтапную методологию.

Стратегический уровень определяет системные ориентиры преобразований: повышение эффективности и устойчивости предприятия для обеспечения его долгосрочной конкурентоспособности.

Выход (результативный уровень) фиксирует конкретные измеримые результаты применения модели: рост производительности, снижение затрат и потерь, повышение гибкости и улучшение качества управленческих решений.

Все уровни модели взаимосвязаны: данные и технологии (нижние уровни) обеспечивают реализацию методологии (управляющий контур), которая направлена на достижение стратегических целей и получение конкретных операционных результатов (верхние уровни). Предлагаемая модель служит как концептуальной рамкой для планирования трансформации, так и практическим руководством к действию.

Далее детализируется содержание ключевого элемента модели – управляющего контура, то есть пятиэтапной методологии.

Стоит отметить, что автоматизация складской логистики представляет собой инвестиционный проект, направленный на повышение эффективности хранения товаров, оптимизацию процессов перемещения грузов и снижение затрат предприятия путем внедрения современных технологий автоматизации. Поэтому для повышения эффективности необходимо применить принципы управления проектами и соответствующие подходы. Предварительно четко поставить цель проекта, определить основные направления инвестирования (технологические решения, инфраструктурные улучшения, упоминавшееся выше обучение персонала), оценить риски и выгоды от его реализации, а также провести финансовое обоснование проекта, с подготовкой достоверной финансовой экономической модели, просчитывающей срок окупаемости инвестиций.

Комплексная методология трансформационных изменений в складской логистике цифровой эпохи

Этап 1. Аналитика и диагностика текущих процессов

Цель этапа - глубокий анализ текущего состояния складских процессов и выявление проблемных зон для дальнейшего совершенствования.

Основные мероприятия:

- сбор исходных данных: подсчет объемов обработки грузов, фиксирование сроков выполнения операций, фиксация ошибок и сбоев;
- выявление узких мест: анализ выявленных проблем, установление причин по которым СВК не предотвращала их или, хотя бы, не сигнализировала об их наличии, определение слабых сторон процесса хранения и обработки товаров;
- оценка технической готовности: проверка физического состояния оборудования, инфраструктуры и уровня подготовки сотрудников к реализации цифровых решений;
- оценка выгод от внедрения: сопоставление размеров будущих затрат требуемых на модернизацию с потенциальной выгодой от их внедрения.

Результат этапа: формулировка четкого понимания существующих недостатков, ключевых направлений улучшения и предпосылок для дальнейшей цифровизации.

Грамотная диагностика позволяет оптимально спланировать дальнейшие шаги трансформации, повышая эффективность принимаемых мер.

Этап 2. Внедрение цифровых технологий

Цель этапа - техническое оснащение склада современными цифровыми инструментами для повышения точности и скорости бизнес-процессов.

Основные мероприятия:

- автоматизация управления: установка WMS-систем, обеспечивающих эффективное управление всеми операциями на складе;
- цифровая идентификация: применение технологий RFID, штрих-кодирования и сенсоров для точного учёта товара и снижения человеческих ошибок;
- роботизация: использование роботов и AGV-транспорта для ускорения перемещений и уменьшения ручного труда;
- онлайн-мониторинг показателей: формирование системы дашбордов для руководства и менеджмента, получающей информацию из озера данных в режиме онлайн;
- интеграция с корпоративными системами: синхронизация с ERP и CRM для интеграции и унификации управленческих процессов.

Результат этапа: повышение информированности менеджмента, точности и прозрачности процессов, снижение влияния человеческого фактора и рост общей продуктивности склада.

Этап 3. Обучение и изменение культуры персонала

Цель этапа - подготовить персонал к эффективной работе с новыми технологиями и сформировать культуру постоянного совершенствования.

Основные мероприятия:

- обучение и тренинги: проведение специализированных курсов и занятий для освоения новых инструментов и технологий;
- развитие цифрового сознания: формирует понимание важности данных и необходимость регулярного мониторинга показателей;
- поддержка руководства: создание благоприятной атмосферы для быстрого усвоения нововведений и мотивации сотрудников.

Результат этапа: высокий уровень профессиональной компетентности сотрудников и готовность активно внедрять и поддерживать новые подходы.

Этап 4. Оптимизация складской логистики

Цель этапа - реорганизация внутренних процессов склада для достижения максимальной эффективности на основе возможностей новых технологий.

Основные мероприятия:

- оптимизация процессов хранения: перестройка подходов к размещению товаров, учитывающих доступность и востребованность продукции;
- алгоритмы оптимизации движения: автоматическое построение наиболее эффективных маршрутов перемещения работников и техники;
- обучение и настройка роботов: работники/инженеры занимаются обучением роботизированных механизмов тем операциям, которые до этого выполняли сами, с выстраиванием их в единый конвейер;
- применение метода освоенного объема: промежуточная фиксация текущего хода выполнения модернизации, достигнутого к данному моменту результата и количества понесенных для этого затрат, с сопоставлением того что должно было

быть выполнено к этому моменту и сколько на это изначально планировалось потратить;

- применение принципов бережливого производства: минимизация потерь и устранение неэффективных действий путем внедрения инструментов бережливого производства.[11,12]

Результат этапа: значительное сокращение временных затрат и ресурсоемкости операций, увеличение пропускной способности склада, за счет наиболее рационально понесенных затрат.

Этап 5. Постоянный мониторинг и улучшение

Цель этапа - контроль результатов трансформации и принятие своевременных решений по повышению эффективности процессов.

Основные мероприятия:

- анализ данных: сбор и обработка оперативной информации с помощью специальных аналитических платформ;
- корректировка процессов: принятие обоснованных решений по оптимизации на основе объективных данных;
- регулярные совещания: периодический обмен информацией и обсуждение достигнутых результатов для внесения необходимых улучшений.

Результат этапа: устойчивый рост эффективности за счёт оперативного реагирования на возникающие проблемы и выявления резервов для роста.

Предложенная пятиэтапная методология представляет собой целостный и системный подход к цифровой трансформации, охватывающий не только техническое внедрение, но и глубокий анализ, оптимизацию процессов, а также критически важные кадровые и организационные изменения. Её поэтапная логика — от диагностики до непрерывного улучшения — обеспечивает управляемый и устойчивый переход к цифровому складу, минимизируя риски и закрепляя достигнутые результаты. Эта методология служит практическим руководством для последовательного преодоления выявленных проблем и реализации всего потенциала цифровизации.

Заключение

Цифровизация складской логистики создает мощный импульс для роста эффективности и конкурентоспособности предприятий, однако этот путь сопряжен с комплексными вызовами. Финансовые ограничения, фрагментация данных, кадровый дефицит, социальные аспекты и киберугрозы требуют не точечных исправлений, а системного переосмысления логистической модели.

Помимо решения конкретных операционных проблем, критическое значение приобретает формирование стратегических приоритетов, которые определяют устойчивость цифровой трансформации в долгосрочной перспективе.

Стратегические приоритеты цифровой трансформации:

Интеграция ESG-принципов (Environmental, Social, Governance – «Экология, Социальная ответственность, Корпоративное управление») в ядро бизнес-стратегии

Внедрение энергоэффективных технологий, использование возобновляемых источников энергии и циркулярных подходов к управлению ресурсами формирует не только «зеленый» имидж, но и экономически эффективную операционную модель.

Эволюционный подход к технологическим инновациям

Внедрение прорывных технологий (IoT, AI, Big Data) осуществляется через управляемые пилотные проекты по схеме «внедрение → оценка → масштабирование». Такой подход минимизирует риски, обеспечивает измеримую отдачу от инвестиций и сохраняет гибкость в условиях быстро меняющейся технологической среды.

Формирование отраслевых экосистем сотрудничества

Успех цифровизации зависит от способности создавать партнерские сети, объединяющие бизнес, государственные институты, научные центры и технологических провайдеров. Совместная разработка стандартов, образовательные программы и обмен лучшими практиками создают синергетический эффект для всей логистической отрасли.

Принцип «безопасность по умолчанию»

Кибербезопасность перестает быть дополнительной функцией и становится архитектурным требованием, встроенным в основу каждого цифрового решения. Реализация концепции Zero Trust и многоуровневой защиты на уровне проектирования систем обеспечивает устойчивость всей технологической инфраструктуры.

Предложенная комплексная методология трансформации, подкрепленная этими стратегическими приоритетами, представляет собой не просто план технологической модернизации, а дорожную карту перехода к логистике нового поколения. В такой модели технологическая эффективность, экологическая ответственность, кадровая развитость и безопасность образуют единый контур управления, способный адаптироваться к вызовам будущего. Именно этот целостный подход позволит компаниям превратить цифровую трансформацию из затратного проекта в источник устойчивого конкурентного преимущества.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 N 1632-р «Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации"// КонсультантПлюс. – URL: <https://www.consultant.ru/document> (дата обращения: 12.12.2025)
2. Постановление Правительства РФ от 20.12.2017 N 1596 (ред. от 01.12.2025) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие транспортной системы"// КонсультантПлюс. – URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 12.12.2025)
3. Попова Т.А. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: СОВРЕМЕННЫЙ ВИТОК РАЗВИТИЯ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ // *Новое в экономической кибернетике*. 4 (Jun. 2025), 82–100. URL: <https://dongu-nec.ru> (дата обращения 12.12.2025).
4. Лобанова, А. А. Технологии будущего в складской и транспортной логистике / А. А. Лобанова, В. А. Васильева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 34 (429). — С. 14-19. — URL: <https://moluch.ru/archive/429/94623>.
5. Harpponen A., Minashkina D. Decarbonizing warehousing activities through digitalization and automatization with WMS integration for sustainability supporting operations// ResearchGate. 2019. - URL: <https://www.researchgate.net> (Дата обращения: 16.12.25)
6. Хисамов, М. А. Транспортная и складская логистика в России: главные тренды / М. А. Хисамов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 36 (535). — С. 171-173. — URL: <https://moluch.ru/archive/535/117519> (Дата обращения: 16.12.25)
7. Ирина Наумовна Кренгауз Цифровая трансформация логистики: тренды, вызовы и перспективы // Молодой исследователь Дона. 2025. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-logistiki-trendy-vyzovy-i-perspektivy> (дата обращения: 18.12.2025).
8. Земцова А.В., Иванова Т.В., Шевень Л.Н. Роль «облачных технологий» в логистической деятельности // *Современные научные исследования и инновации*. 2015. № 4. Ч. 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/04/41290> (дата обращения: 27.12.2025).
9. С. С. Валеев, Н. В. Кондратьева Особенности проектирования систем безопасности на базе архитектуры нулевого доверия // ИВД. 2023. №8 (104). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proektirovaniya-sistem-bezopasnosti-na-baze-arhitektury-nulevogo-doveriya> (дата обращения: 27.12.2025).
10. Лихтциндер Борис Яковлевич ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ // T-Comm. 2023. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki> (дата обращения: 27.12.2025).

11. Барина Н.А. Организация процессов складской логистики в производственной сфере на основе бережливых технологий // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС–2025): сборник материалов Всерос. науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием (Москва, 17 апр. 2025 г.). Ч. 6. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2025. – С.137-142. – ISBN 978-5-00181-746-8.
12. Барина Н.А., Костров В.Н. Применение инструментов бережливого производства для оптимизации складской логистики: повышение эффективности и снижение потерь // Актуальные проблемы пространственного развития: материалы II междунар. науч.-практ. конф. (Нижний Новгород, 2025 г.). – Нижний Новгород: Нижегородский ин-т путей сообщения, 2025. – С.382-387. – 710 с.

References

1. Government of the Russian Federation. Rasporiazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 28.07.2017 N 1632-r «Ob utverzhdenii programmy "Tsifrovaia ekonomika Rossiiskoi Federatsii"» [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1632-r of July 28, 2017 «On Approval of the "Digital Economy of the Russian Federation" Program»]. ConsultantPlus. Available at: <https://www.consultant.ru/document> (Accessed: 12.12.2025). (In Russ.)
2. Government of the Russian Federation. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 20.12.2017 N 1596 (red. ot 01.12.2025) "Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii "Razvitie transportnoi sistemy" [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1596 of December 20, 2017 (ed. 01.12.2025) «On Approval of the State Program of the Russian Federation "Development of the Transport System"»]. ConsultantPlus. Available at: <https://www.consultant.ru> (Accessed: 12.12.2025). (In Russ.)
3. Popova T.A. Tsifrovye tekhnologii: sovremennyi vitok razvitiia skladskoi logistiki [Digital Technologies: A New Turn in the Development of Warehouse Logistics]. *Novoe v ekonomicheskoi kibernetike* [New in Economic Cybernetics], no. 4, pp. 82–100. (In Russ.) URL: <https://dongu-nec.ru> (Accessed 12.12.2025).
4. Lobanova, A.A., Vasil'eva, V.A. Tekhnologii budushchego v skladskoi i transportnoi logistike [Future Technologies in Warehouse and Transport Logistics]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], no. 34 (429), pp. 14–19. (In Russ.) URL: <https://moluch.ru/archive/429/94623>.
5. Happonen A., Minashkina D. Decarbonizing warehousing activities through digitalization and automatization with WMS integration for sustainability supporting operations. *ResearchGate*. Available at: <https://www.researchgate.net> (Accessed: 16.12.2025).
6. Khisamov, M. A. Transportnaia i skladaskaia logistika v Rossii: glavnye trendy [Transport and Warehouse Logistics in Russia: Key Trends]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], no. 36 (535), pp. 171–173. (In Russ.) URL: <https://moluch.ru/archive/535/117519> (Accessed: 16.12.2025).
7. Krengauz I.N. Tsifrovaia transformatsiia logistiki: trendy, vyzovy i perspektivy [Digital Transformation of Logistics: Trends, Challenges and Prospects]. *Molodoi issledovatel' Dona* [Young Researcher of Don], no.5. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-logistiki-trendy-vyzovy-i-perspektivy> (Accessed: 18.12.2025).
8. Zemtsova A.V., Ivanova T.V., Sheven' L.N. Rol' «oblachnykh tekhnologii» v logisticheskoi deiatel'nosti [The Role of "Cloud Technologies" in Logistics Activities]. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii* [Modern Scientific Research and Innovation], no. 4, part 3. (In Russ.) URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/04/41290> (Accessed: 27.12.2025).
9. Valeev, S. S., Kondrat'eva, N. V. Osobennosti proektirovaniia sistem bezopasnosti na baze arkhitektury nulevogo doveriia [Features of Designing Security Systems Based on Zero Trust Architecture]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], no.8 (104). (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proektirovaniya-sistem-bezopasnosti-na-baze-arhitektury-nulevogo-doveriya> (Accessed: 27.12.2025).
10. Likhtsinder, B. Ia. Tsifrovye dvoyniki [Digital Twins]. *T-Comm* [T-Comm], no.8, pp. 30–37. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki> (Accessed: 27.12.2025).

11. Barinova N.A. Organizatsiia protsessov skladskoi logistiki v proizvodstvennoi sfere na osnove berezhivyykh tekhnologii [Organization of Warehouse Logistics Processes in the Industrial Sector Based on Lean Technologies]. Innovatsionnoe razvitie tekhniki i tekhnologii v promyshlennosti (INTEKS–2025): sbornik materialov Vseros. nauch. konf. molodykh issledovatelei s mezhdunar. uchastiem (Moskva, 17 apr. 2025 g.). Ch. 6. [Innovative Development of Engineering and Technology in Industry (INTEKS-2025): Digest of the All-Russian Scientific Conference of Young Researchers with International Participation (Moscow, April 17, 2025). Part 6.]. Moscow: FGBOU VO «RGU im. A.N. Kosygina», pp. 137–142. ISBN 978-5-00181-746-8. (In Russ.)
12. Barinova N.A., Kostrov V.N. Primenenie instrumentov berezhivogo proizvodstva dlia optimizatsii skladskoi logistiki: povyshenie effektivnosti i snizhenie poter' [Application of Lean Manufacturing Tools for Warehouse Logistics Optimization: Efficiency Increase and Loss Reduction]. *Aktual'nye problemy prostranstvennogo razvitiia: materialy II mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Nizhnii Novgorod, 2025 g.)* [Actual Problems of Spatial Development: Materials of the 2nd International Scientific-Practical Conference (Nizhny Novgorod, 2025)]. Nizhnii Novgorod: Nizhegorodskii in-t putei soobshcheniia, pp. 382–387. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Костров Владимир Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и маркетинга, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Vladimir N. Kostrov, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Logistics and Marketing, Volga State University of Water Transport, 5 Nesterov Street, Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Баринова Наталья Александровна, магистрант, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: natka.barinova.04@mail.ru

Natalya A. Barinova, master's student, Volga State University of Water Transport, 603950, Nizhny Novgorod, st. Nesterova, 5, e-mail: natka.barinova.04@mail.ru

Сухарев Дмитрий Николаевич, руководитель службы, АО «Русатом Оверсиз», 115280, Москва, ул. Ленинская Слобода, д. 26., e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Dmitry N. Sukharev, Head of Service, Rusatom Overseas JSC, 115280, Moscow, Leninskaya Sloboda str., 26., e-mail: dnsukharev@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 03.02.2026; принята к публикации 26.02.2026; опубликована онлайн 20.03.2026. Received 03.02.2026; published online 20.03.2026.