

УДК 658.7

УПРАВЛЕНИЕ СКЛАДСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Костров Владимир Николаевич¹, профессор, доктор экономических наук, заведующий кафедрой логистики и маркетинга

e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Барина Наталья Александровна¹, магистрант

e-mail: natka.barinova.04@mail.ru

Сухарев Дмитрий Николаевич², директор по внутреннему контролю и аудиту

e-mail: dnsukharev@rambler.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

² АО «Русатом Оверсиз», Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованию современных подходов к управлению складской деятельностью в мультимодальных логистических центрах (МЛЦ) с использованием цифровых технологий. Выявлены ключевые противоречия между промышленным и транспортным учётом, обостряющиеся в Арктической зоне. Предложена трёхуровневая цифровая архитектура, объединяющая интеграционную платформу, системы управления терминалом и складом и технологии искусственного интеллекта. Приводятся примеры из практики российских МЛЦ, включая арктические проекты.

Ключевые слова: складская логистика, мультимодальный логистический центр, цифровые технологии, Арктика.

WAREHOUSE MANAGEMENT IN MULTIMODAL LOGISTICS CENTERS BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

Vladimir N. Kostrov¹, Professor, Doctor of Economic Sciences, Head of the Department of Logistics and Marketing

e-mail: vnkostrov@yandex.ru

Natalia A. Barinova¹, Master's Degree student

e-mail: natka.barinova.04@mail.ru

Dmitry N. Sukharev², Director of Internal Control and Audit

e-mail: dnsukharev@rambler.ru

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

² JSC Rusatom Overseas, Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to the study of modern approaches to warehouse management in multimodal logistics centers (MLCs) using digital technologies. The key contradictions between industrial and transport accounting, which are becoming more acute in the Arctic zone, are revealed.

A three-level digital architecture is proposed that combines an integration platform, terminal and warehouse management systems, and artificial intelligence technologies. Examples from the practice of Russian MLCs, including Arctic projects, are given.

Keywords: warehouse logistics, multimodal logistics center, digital technologies, Arctic.

Мультимодальные логистические центры (МЛЦ) выступают ключевыми узлами современной транспортной системы, обеспечивая перевалку грузов между различными видами транспорта — железнодорожным, автомобильным, морским и речным.

Роль таких центров особенно наглядно проявляется в контексте общей трансформации отрасли. Как отмечает председатель комитета по транспорту и логистике Санкт-Петербургской торгово-промышленной палаты, кандидат экономических наук А.Ю. Кривошеев, «логистика в России вступает в новый этап: от отдельных инфраструктурных решений к системе, объединяющей транспорт, финансы и цифровые технологии» [1]. Этот переход в полной мере относится и к управлению складской деятельностью в МЛЦ. Очевидно, что традиционные методы хранения и переработки грузов уступают место интеллектуальным цифровым решениям.

По мнению авторов, мультимодальность предполагает не просто участие нескольких видов транспорта, а комплексное управление перегрузкой, складированием, информационным сопровождением и обеспечением сохранности грузов. Значимость МЛЦ особенно ярко проявляется в Арктической зоне. Ограниченный период навигации в сочетании с суровыми климатическими условиями создаёт серьёзные препятствия для слаженной работы различных видов транспорта — и именно эти центры помогают преодолеть возникшие сложности [2].

Операторы МЛЦ в своей складской деятельности регулярно решают комплекс проблем, которые напрямую связаны с указанными характеристиками.

1. Координация потоков разных видов транспорта.

В МЛЦ сходятся железные дороги, автомобильные магистрали и водные пути. Любой сбой в работе склада здесь оборачивается простоями и прямыми финансовыми потерями.

Эксперты называют ключевым «узким местом» современной логистики дефицит доверия и информационной прозрачности между участниками цепей поставок — и видят выход во внедрении цифровых платформ и систем искусственного интеллекта [1].

2. Несовместимость учетных систем и форматов грузов.

Промышленное производство оперирует мелкими единицами измерения, в то время как транспортная логистика — крупными грузовыми единицами. Из-за этого расхождения возникают сложности — чтобы их решить, компании внедряют автоматизацию: настраивают автоматический пересчёт единиц, перемаркировку товаров и электронный документооборот.

3. Особенности арктических МЛЦ.

В арктических условиях складские комплексы выполняют не просто распределительную, а критическую функцию, обеспечивая бесперебойное снабжение удаленных территорий. По мнению авторов, даже незначительная ошибка в спецификации или задержка с отгрузкой влечет за собой многодневные простои и значительные финансовые потери. Стоимость доставки грузов на Север значительно выше, чем в других регионах, поэтому цена любой неточности в учете многократно возрастает.

4. Дефицит квалифицированных кадров.

Кадровый дефицит в Арктике усугубляется особыми требованиями к персоналу: специалист должен не только владеть профессиональными знаниями логиста и инвентаризатора, но и обладать высокой дисциплиной, психологической устойчивостью и



готовностью работать в изоляции при экстремальных температурах. Рынок практически не предлагает таких готовых кадров, поэтому цифровизация складских процессов становится не просто желательным, а единственным способом компенсировать отсутствие нужных специалистов [3].

Решение обозначенных проблем требует отказа от устаревших складских практик в пользу передовых цифровых инструментов. Эти инструменты авторы предлагают организовать по трёхуровневой схеме. Основой системы выступает верхний уровень — единая интеграционная платформа, обеспечивающая связность всех компонентов. Средний уровень включает системы оперативного управления терминалом и складом (TOS — Terminal Operating System / WMS — Warehouse Management System). На самом нижнем, интеллектуальном уровне задействованы технологии искусственного интеллекта: прогнозирование, компьютерное зрение, цифровые двойники и IoT-датчики (Internet of Things — датчики интернета вещей).

1. Единая цифровая платформа как стержень модели

На верхнем уровне модели располагается интеграционная платформа. Она связывает воедино информационные системы всех участников логистического процесса: промышленные предприятия (ERP — Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия; MES — Manufacturing Execution System, система управления производством), операторов складов и терминалов (WMS; TOS), а также транспортные компании (TMS — Transportation Management System, система управления перевозками) [4].

Данная платформа выполняет три ключевые функции.

- Синхронизация расписаний. Платформа синхронизирует производственные отгрузки с графиками прибытия транспортных средств. Благодаря этому можно заблаговременно оптимизировать складские мощности, включая подготовку зон временного хранения и кросс-докинга к ожидаемым пиковым объемам. Таким образом, удаётся сбалансировать стабильный производственный цикл с неравномерными транспортными потоками.

- Сквозная прослеживаемость. Благодаря этой платформе можно в любой момент узнать, где находится груз: от момента его отправки со склада предприятия и до прибытия на транспортный терминал. В арктических условиях это особенно важно — если потерять информацию о местоположении груза, он может замёрзнуть или испортиться.

- Интеграция разнородных систем. Платформа объединяет производственные (ERP/MES) и логистические (WMS/TOS) системы в единый контур обмена данными. Автоматически преобразует единицы измерения из промышленного формата в логистический — без ручного вмешательства и ошибок. [5].

В качестве примера такой платформы можно привести Национальную цифровую транспортно-логистическую платформу (НЦТЛП), созданную в период с августа 2024 по июнь 2025 года при поддержке ГК «Дело». На уровне терминалов успешным примером интеграции является система Solvo.TOS, которая в связке с «ЭТРАН» ОАО «РЖД» позволила сократить время оформления железнодорожной накладной с полутора часов до 15 минут. Одним из результатов этого стало то, что в 2025 году через Solvo.TOS было обработано 45% российского морского контейнерооборота. Показательным примером является ТЛЦ «Артём» в Приморском крае, крупнейший контейнерный терминал Дальнего Востока [6].

2. TOS/WMS как исполнительный механизм

На втором уровне предлагаемой архитектуры располагаются системы операционного управления (TOS) для контейнерных терминалов и системы управления складом (WMS).



Эти компоненты играют роль исполнительных механизмов цифровой платформы, отвечая за непосредственное управление логистическими операциями и эксплуатацией оборудования.

Система управления терминалом (TOS) отвечает за стратегическое планирование и координацию всех перегрузочных операций. Это включает в себя назначение задач для кранов, ричтраков и другого специализированного оборудования, а также эффективное распределение контейнеров на территории складской площадки. Система управления складом (WMS), в свою очередь, фокусируется на операционном управлении внутренними процессами склада, охватывая такие этапы, как приёмка, размещение, хранение, комплектация и отгрузка товарно-материальных ценностей.

Как отмечалось ранее, одним из узких мест стыковых складов остается рассогласование данных между терминальной обработкой и внутренним стеллажным учетом, что провоцирует задержки при передаче грузов. Снять это ограничение, по мнению авторов, способна гибридная архитектура, объединяющая управление контейнерным оборотом (TOS) и складской логистикой (WMS) в общий диспетчерский контур. В проекции на МЛЦ такой контур берет на себя маршрутизацию потоков по трем векторам: накопитель для промышленных резервов, транзитный коридор и температурная буферная зона, где происходит сверка данных при обмене между системами.

Объективность предлагаемого подхода верифицируется на инфраструктуре завода NAVAL (Тульская область), где аналогичный принцип связки TOS+WMS уже апробирован. На базе склада площадью 21 730 м² и терминала мощностью 150–200 TEU интегрированные системы демонстрируют устойчивый эффект: поток комплектующих направляется в цех напрямую с контейнерной ramпы, без задействования буферных стеллажей, что снижает трудозатраты на перевалку [7].

3. Технологии искусственного интеллекта в качестве базовой управленческой платформы

Третий уровень развития цифровой платформы знаменует переход от пассивного сбора данных к активной аналитической поддержке управленческих решений. Совокупность публикаций последних лет [8] позволяет констатировать, что внедрение аналитических комплексов в логистике рассматривается в качестве одного из ключевых условий перехода к шестому технологическому укладу. С данной позицией нельзя не согласиться, поскольку диспетчеризация грузопотоков между распределительными центрами в режиме реального времени оказывается достижимой исключительно при применении подобных систем. При этом технологические решения, сконцентрированные на третьем уровне, не являются разрозненными: их взаимосвязь обеспечивает прирост совокупной эффективности.

Прогнозирование на основе нейросетей - один из востребованных инструментов. Логистическая аналитика сегодня работает с тем, что раньше считалось помехой: неполнота данных, отклонения графиков, погодный фактор. Нейросетевая модель, получая на вход историю рейсов, текущие координаты судов и прогноз погоды, выдает не абстрактный прогноз, а конкретные цифры — ожидаемое время прибытия, длительность разгрузки, периоды максимальной загрузки терминала. Это позволяет руководству склада гибко перераспределять ресурсы, сокращая простои и повышая общую эффективность.

Компьютерное зрение. Системы компьютерного зрения в реальном времени считывают номера контейнеров, фиксируют повреждения и сверяют данные с электронными документами. Модули привязки штрихкодов (на коробках и палетах) к видеопотоку позволяют соотнести товар с сотрудником, временем и местом его перемещения.



Интеллектуальное позиционирование и отслеживание активов. Технологии сверхширокополосной связи (UWB / Ultra Wideband), Bluetooth-маяки и решения на базе компьютерного зрения создают на современных складах единое цифровое пространство. За счёт этого достигается высокоточная (до сантиметра) идентификация и отслеживание всех объектов и сотрудников, что делает их неотъемлемыми элементами интеллектуальной системы.

Цифровой двойник склада. С помощью инструментов искусственного интеллекта данная технология позволяет создавать цифровые модели работы складского комплекса и тестировать их при различных условиях: колебаниях грузопотока, отказах оборудования, неблагоприятных погодных факторах. Это позволяет избежать рискованных экспериментов в реальности. Благодаря такому моделированию можно оптимизировать размещение грузов и маршруты их перемещения по складу.

IoT-датчики. Арктическая логистика требует особого подхода к температурному контролю. Перепады, обледенение, удаленность — все это делает ручной мониторинг малоэффективным. Альтернатива — цифровая платформа с датчиками, которые установлены в термозонах и на транспорте. Они работают без остановки, передавая данные о состоянии груза в реальном времени.

Насколько это эффективно? По статистике, внедрение систем компьютерного зрения и интеллектуального позиционирования дает прирост точности комплектации до 15%, сокращает время обработки на 20%, увеличивает складскую производительность на 12%.

В качестве одного из успешных примеров можно привести разработки Северного (Арктического) федерального университета (САФУ) для Архангельского порта, где такие технологии уже интегрированы в единый контур [9].

Арктическая специфика: необходимость гибридного подхода

Опыт реализации логистических проектов в Арктике, включая такие крупные проекты, как «Северный поток» и «Сила Сибири», показывает, что экстремальные условия работы вносят серьёзные коррективы в подходы к управлению. Нестабильность каналов связи, низкие температуры и вахтовый метод организации труда объективно ограничивают возможности полной автоматизации, делая её скорее вспомогательным, чем основным инструментом. В таких условиях любое техническое решение должно предусматривать резервные сценарии и участие человека, что подтверждается практикой реализации перечисленных проектов.

Поэтому цифровая платформа для арктического МЛЦ должна быть гибридной. Она предполагает максимальную автоматизацию основных операций, но при этом предусматривает "резервный контур контроля". Это означает разработку подробных инструкций для персонала на случай сбоев в цифровых системах. К таким инструкциям относятся: методика APLA (предотвращение пересортицы грузов), REDI (приоритизация инвентаризации ценных товаров) и HASS (гибридная система хранения, объединяющая адресное и свободное размещение).

Следовательно, для арктического МЛЦ важна не только функциональность цифровой платформы в нормальных условиях, но и наличие дублирующих ручных процедур, а также подготовка персонала, способного работать автономно при отсутствии связи и изоляции.

Заключение

Таким образом, главным барьером для эффективной работы складов в составе мультимодальных логистических центров выступает рассогласованность данных, характеризующих промышленные и транспортные процессы. Наиболее остро эта проблема



проявляется в Арктической зоне, где ограниченные сроки навигации, экстремальные погодные условия и кадровый дефицит многократно повышают стоимость любой ошибки.

Предложенная авторами трёхуровневая модель цифрового управления предлагает системный способ преодоления этого барьера за счёт синхронизации данных, автоматизации операционных процессов и внедрения интеллектуальной поддержки принятия решений. Эффективность этого подхода подтверждена примерами работы контейнерных терминалов, промышленных складов и арктических портов, которые показали стабильно положительные результаты.

Вместе с тем опыт реализации проектов в Арктике убедительно доказывает, цифровая платформа не может быть единственным решением в таких условиях. Абсолютная автоматизация здесь недостижима. Поэтому обязательным требованием к таким системам становится гибридная архитектура, предусматривающая резервные «ручные» алгоритмы, способные обеспечить контроль и учёт при сбоях связи, отказе оборудования или в иных нештатных ситуациях. Именно сочетание передовых цифровых решений с дублирующим человеческим контролем является ключевым условием надёжности управления складской деятельностью в северных регионах.

Список литературы:

1. Индустрия логистики 2025-2026 в мнениях экспертов // Точка продаж. – 2025. – URL: <https://tpmag.ru> (дата обращения: 21.05.2026).
2. Пасечная Е.В. Основы проектирования инфраструктуры мультимодальных перевозок: тексты лекций / Е.В. Пасечная; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 44 с.: ил. – Библиогр.: с. 43.
3. Быков Вячеслав Михайлович, Головизнина Ольга Александровна ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2022. №1. – URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.05.2026).
4. Счисляева Елена Ростиславовна, Барыкин Сергей Евгеньевич, Коваленко Егор Александрович, Бурова Анна Юрьевна Развитие конкурентного преимущества логистической платформы на основе цифровизации хабов // CPPM. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 26.05.2026).
5. Костров В.Н., Барина Н.А., Сухарев Д.Н. Научно-методический подход к управлению цифровой трансформацией складской логистики // Научные проблемы водного транспорта. – 2026. – № 86. – С. 140–153. – DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi86.680>.
6. О компании «Солво» // [Solvo.ru](https://www.solvo.ru). – URL: <https://www.solvo.ru/about/> (дата обращения: 26.05.2026).
7. «Цифровой дуэт» из систем AXELOT WMS и AXELOT TOS помог с нуля автоматизировать новый логистический центр при заводе HAVAL // AXELOT – решения для логистики. – 2022. – 27 апреля. – URL: <https://www.axelot.ru> (дата обращения: 26.05.2026).
8. Сухарев Д.Н., Костров В.Н., Ничипорук А.О., Почакаева О.В. Концептуальный методический подход к формированию инновационной портовой транспортно-логистической инфраструктуры в рамках территорий опережающего развития // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. – № 4(81). – С. 166–174. – DOI: 10.37890/jwt.vi81.542.



9. NF GROUP Research. Рынок складской недвижимости регионов России: итоги I полугодия 2025 года [Электронный ресурс] // NF GROUP. – 2025. – Режим доступа: <https://kf.expert> (дата обращения: 28.05.2026).

