ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 004.89 Обзорная статья
DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-35-54
EDN: CADNPS

Современные методы поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий

Д. В. Триполева

Всероссийский институт научной и технической информации
Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)
125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20

Аннотация. За последние пятнадцать лет системы радиочастотной идентификации (RFID) стали неотъемлемым элементом деятельности современных предприятий, позволяя эффективно отслеживать запасы и контролировать перемещение товарных потоков в рамках цепочек поставок. Наиболее широко технология применяется в розничной и оптовой торговле. Однако RFID-технологии играют ключевую роль в цифровизации и других отраслей, включая автомобилестроение, здравоохранение, фармацевтику и логистику. В статье представлен обзор современных методов поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий. Методологическую основу исследования составляет систематизированный подход к поиску и отбору научных публикаций, отражающих процессы внедрения и оптимизации RFID-систем в логистике и управлении запасами. Представленный обзор охватывает следующие аспекты: возможности применения RFID-технологии в различных отраслях, подходы и способы интеграции RFID с моделями систем поддержки принятия решений (СППР) в различных отраслях промышленности, ключевые критерии выбора технологий для управления товарными запасами, а также перспективы и возможности их интеграции с цифровыми инновациями.

Ключевые слова: RFID-технологии, управление товарными запасами, логистика, системы поддержки принятия решений, управление цепочками поставок, цифровая трансформация, отслеживание в режиме реального времени

Поступила 25.06.2025, одобрена после рецензирования 08.07.2025, принята к публикации 29.07.2025

Для цитирования. Триполева Д. В. Современные методы поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 4. С. 35–54. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-35-54

MSC: 90B05, 68T09 Review article

Modern decision support methods in inventory management with RFID technologies

D.V. Tripoleva

Russian Institute for Scientific and Technical Information
of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS)
125190, Russia, Moscow, 20 Usievich street

Abstract. Over the past fifteen years, radio frequency identification (RFID) systems have become an integral part of modern business operations, enabling efficient inventory tracking and control over the movement of goods throughout supply chains. While the technology is most widely used in retail and

© Триполева Д. В., 2025

wholesale sectors, RFID also plays a critical role in the digital transformation of other industries, including automotive manufacturing, healthcare, pharmaceuticals, and logistics. This article presents a comprehensive review of current decision support methods for inventory management based on RFID technologies. The methodological foundation of the study lies in a systematic approach to the selection and analysis of scientific publications that reflect the implementation and optimisation processes of RFID systems in logistics and inventory management. The review covers the following aspects: the potential applications of RFID technology across industries, approaches and techniques for integrating RFID with decision support system (DSS) models, key criteria for selecting technologies for inventory control, and the prospects for their integration with digital innovations.

***Keywords**:* RFID technology, inventory control, logistics, decision support systems, supply chain management, digital transformation, real-time tracking

Submitted 25.06.2025, approved after reviewing 08.07.2025, accepted for publication 29.07.2025

For citation. Tripoleva D.V. Modern decision support methods in inventory management with RFID technologies. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2025. Vol. 27. No. 4. Pp. 35–54. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-4-35-54

Введение

В условиях стремительного развития технологий и роста требований к операционной эффективности все большее внимание уделяется совершенствованию систем управления товарными запасами. Эффективное управление запасами является ключевым фактором устойчивости бизнеса в различных отраслях, особенно в условиях, когда потребители ожидают быстрого и удобного доступа к необходимым товарам. Ошибки в определении уровня запасов могут привести к дефициту продукции, избыточным затратам, а также к снижению уровня удовлетворенности клиентов. Кроме того, ручная инвентаризация требует значительных временных и трудозатрат и зачастую сопровождается ошибками [1].

Компании различного масштаба регулярно переоценивают свои текущие логистические возможности, стремясь повысить эффективность использования существующей инфраструктуры и внедрить более прогрессивные технологии.

Одним из первых технологических прорывов в данной сфере стало внедрение штрихкодов, которое произошло более полувека назад и радикально изменило подход к управлению запасами. Развитие этой технологии способствовало автоматизации логистических процессов и стало основой для появления других решений в области автоматической идентификации (AutoID), включая радиочастотную идентификацию (RFID) [2].

С течением времени интерес к RFID-технологии был непостоянным. Однако в последние годы наблюдается устойчивый рост внимания к данной технологии. Компании вновь обращаются к радиочастотной идентификации, в том числе возобновляют ранее приостановленные проекты, отложенные в период пандемии COVID-19, стремясь компенсировать рост затрат на рабочую силу за счет автоматизации. Этот тренд подтверждается статистическими данными, отражающими динамичное развитие рынка RFID-решений.

Объем мирового рынка решений для отслеживания активов и управления запасами был оценен в 14,18 млрд долларов США в 2023 году и, по прогнозам, достигнет 48,51 млрд долларов к 2032 году. Это соответствует среднегодовому темпу роста на уровне 13,6 % [3] (рис. 1).

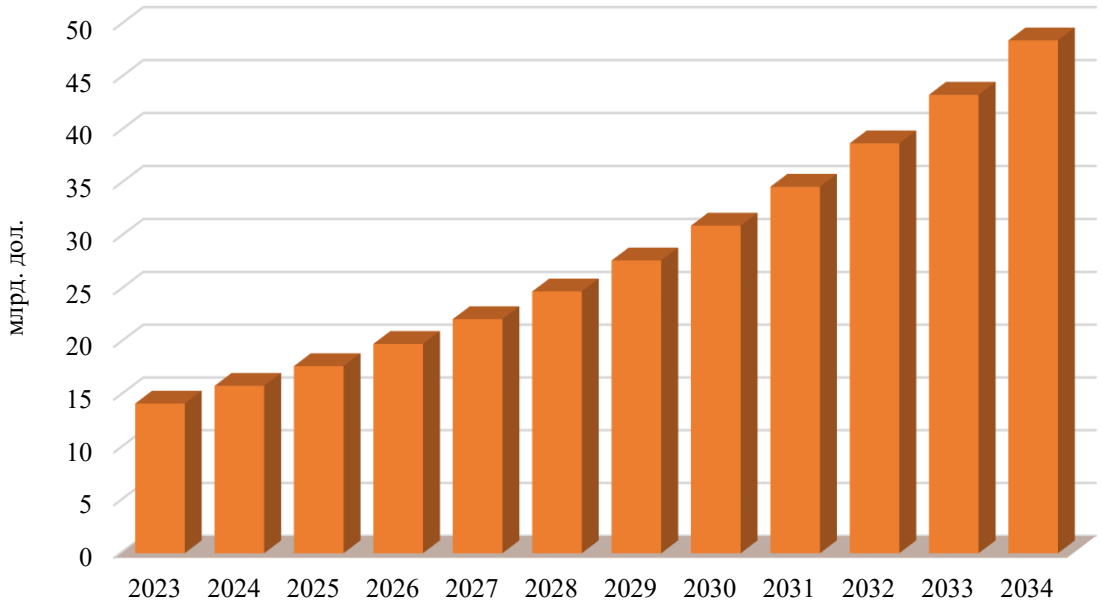


***Рис. 1**. Динамика роста рынка RFID, млрд долл. США [3]*

***Fig. 1**. Dynamics of RFID market growth, USD billion [3]*

В настоящее время рынок RFID-решений демонстрирует рост, обусловленный необходимостью повышения операционной эффективности, оптимизации затрат и решения комплексных задач, возникающих в современных цепочках поставок. По мере того как предприятия из различных отраслей активно внедряют передовые технологии, наблюдается существенный рост спроса на решения, обеспечивающие прозрачность процессов в режиме реального времени, точный сбор данных и использование предиктивной аналитики.

RFID и другие технологии автоматической идентификации являются неотъемлемой частью современных систем управления складскими операциями и важным компонентом их интеграции с ERP-системами и моделями систем поддержки принятия решений (СППР). Система RFID фиксирует перемещение товаров, сырья, а также прочей продукции и предоставляет СППР необходимую информацию. Затем система СППР генерирует пользователям системы оповещения о необходимости пополнения запасов, дефиците, пересортировке или других состояниях складских систем. Три альтернативных сценария внедрения RFID-системы (базовый, средний и полный), характеризующиеся уровнем применения меток (уровень паллеты/ящика/товара), расположением считывателей меток и стоимостью внедрения, обеспечивают систему поддержки принятия решений информацией разной степени детализации и разного уровня качества [4].

Доминирование программных решений, в особенности тех, которые обеспечивают интеграцию RFID-технологий с моделями систем поддержки принятия решений (СППР) и интернетом вещей (IoT), отражает устойчивую тенденцию цифровой трансформации отрасли. Компании все активнее инвестируют в комплексные системы мониторинга активов с целью повышения эффективности использования ресурсов и общей производительности. В то же время сохраняются существенные барьеры, ограничивающие широкое внедрение RFID. К числу таких ограничений относятся высокие первоначальные инвестиционные издержки, трудности интеграции с существующей ИТ-инфраструктурой, а также риски в области информационной безопасности. RFID-метки, считывающие устройства, программное обеспечение и интеграционные процессы по-прежнему требуют значительных затрат,

особенно для субъектов малого и среднего предпринимательства [5]. Серьезным препятствием остается несовместимость RFID-решений с устаревшими системами управления запасами, что требует комплексной модернизации оборудования, программных платформ, сетевой инфраструктуры и форматов данных. Кроме того, RFID и СППР нередко внедряются обособленно – в различных подсистемах управления запасами, логистикой и складским хозяйством, что не позволяет получить максимальный эффект от их использования.

Таким образом, высокая степень актуальности, межотраслевая применимость, а также совокупность преимуществ и ограничений RFID-технологий и моделей систем поддержки принятия решений (СППР) обусловливают устойчивый интерес к ним со стороны научного и экспертного сообщества. Указанные факторы определили выбор темы настоящего исследования и очертили его проблемное поле.

Цель исследования состоит в проведении аналитического обзора современных методов поддержки принятия решений в управлении товарными запасами с применением RFID-технологий.

Задачи исследования:

1. Раскрыть потенциал применения технологии RFID в управлении товарными запасами.
2. Проанализировать подходы и механизмы интеграции RFID и моделей систем поддержки принятия решений (СППР) в различных отраслях промышленности.
3. Сформулировать ключевые критерии, влияющие на выбор RFID-решений в системах управления запасами.
4. Определить перспективы использования RFID в управлении товарными запасами в условиях интеграции с современными цифровыми технологиями.

Методы исследования

В ходе подготовки статьи был проведен структурированный поиск научной литературы с элементами систематического анализа, соответствующий методологическим рекомендациям PRISMA. Объектом анализа выступили современные подходы к использованию RFID-технологий в управлении товарными запасами и системах поддержки принятия решений (СППР).

Поисковая стратегия охватывала публикации за период с января 2021 г. по май 2025 г. Окончательная дата завершения поиска — 18 мая 2025 г. Были использованы ведущие международные и отечественные библиографические базы данных: Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, eLIBRARY. Поиск выполнялся с использованием заранее составленных комбинаций ключевых слов на английском и русском языках. Примеры поисковых запросов:

– RFID AND (inventory OR warehouse) AND (decision support OR DSS);
– «RFID» AND «управление запасами».

В результате поиска были отобраны 142 уникальные записи (после удаления дубликатов). Далее осуществлялся многоэтапный отбор публикаций в соответствии с рекомендациями PRISMA:

Первичный скрининг по заголовкам и аннотациям, по итогам которого была исключена 61 публикация, не соответствующая тематике исследования (например, посвященная применению RFID в медицине, транспорте, безопасности).

Вторичный отбор осуществлялся по полным текстам, в ходе которого была исключена еще 51 публикация по следующим причинам:

– отсутствие доступа к полному тексту,
– публикации в виде патентов, диссертаций и отраслевых отчетов,

– отсутствие явной связи применения RFID с управлением запасами или СППР.

Финальный набор включил 30 публикаций, удовлетворяющих следующим критериям:

– рецензируемые журнальные статьи или материалы конференций,

– публикации на русском или английском языках,

– наличие описания применения RFID в управлении товарными запасами и/или его интеграции с методами поддержки принятия решений.

Результаты исследования

RFID представляет собой один из методов автоматической идентификации и отслеживания, применяемых в современных информационных системах. Данная технология основана на бесконтактной передаче данных и предназначена для идентификации объектов с использованием радиочастотных сигналов. В отличие от штрих-кодирования RFID не требует прямой видимости между меткой и считывающим устройством, что существенно расширяет возможности ее практического применения [6]. Типичная RFID-система включает три основных компонента: RFID-метки, считыватель RFID и компьютер с IT-системой.

В существующих научных публикациях, в зависимости от отраслевой специфики, в рамках которой рассматриваются возможности внедрения RFID-технологии в управление запасами, исследователи выделяют различные направления ее практического применения.

Например, в контексте управления складской логистикой в розничной торговле такие авторы, как Н. С. Гумберг [7], С. К. Ходжаназарова, Дж. Нурбердиева [8], О. В. Староверова, А. А. Андреева [9], отмечают следующие функциональные возможности использования RFID:

– предотвращение избыточного накопления либо дефицита товарных запасов. Точное отслеживание товарных запасов в режиме реального времени позволяет торговым предприятиям оперативно выявлять дисбаланс между спросом и запасами, минимизировать риски дефицита и избежать финансовых потерь, связанных с переизбытком. Это необходимо для реализации стратегии омниканального обслуживания, своевременного информирования покупателей о наличии товаров, а также для повышения точности прогнозирования спроса. С точки зрения компании оперативный доступ к актуальной информации позволяет принимать взвешенные управленческие решения и эффективно реагировать на такие проблемы, как устаревание продукции или потери запасов;

– обеспечение безопасности складских помещений. Это достигается за счет размещения RFID-считывателей в зонах повышенного риска, например, на выходах. В случае нештатной ситуации система автоматически активирует сигнализацию. Централизованный сбор данных позволяет минимизировать ошибки и сократить время обработки информации, обеспечивая при этом непрерывный контроль за состоянием запасов в режиме реального времени;

– обеспечение прозрачности цепочек поставок в режиме реального времени. Каждый товар маркируется уникальной RFID-меткой, взаимодействующей со считывающими устройствами, что позволяет отслеживать его местоположение и состояние онлайн. Такая оперативная визуализация способствует точному определению местоположения продукции, оптимизации управления запасами и своевременному реагированию на потребности клиентов.

Рассматривая текстильную и легкую промышленность, Nagaraj Mathavan [10] и Mao Hehua [11] дополняют ранее выделенные функциональные возможности RFID, акцентируя внимание на двух дополнительных аспектах:

– ускоренное сканирование товаров. RFID-технология существенно повышает скорость сканирования по сравнению с традиционными методами. RFID-считыватели способны одновременно считывать информацию с нескольких товаров на расстоянии, устраняя необходимость в ручной обработке. Это ускоряет процессы инвентаризации и обновления данных, повышая общую эффективность управления запасами. Быстрое и точное считывание сокращает время на этапах приемки, хранения и отгрузки, тем самым повышая производительность труда персонала;

– снижение трудозатрат. Внедрение RFID-технологий позволяет существенно сократить трудозатраты при управлении запасами за счет автоматизации таких операций, как ручной подсчет и учет. Это дает возможность перераспределить трудовые ресурсы на выполнение более стратегически значимых задач. Кроме того, RFID минимизирует количество ошибок, связанных с человеческим фактором, снижая потребность в трудоемких исправлениях и повторных проверках.

Рассматривая фармацевтическую и медицинскую отрасли, исследователи акцентируют внимание на ряде критически важных возможностей RFID в контуре управления запасами [12–14]. Эти аспекты имеют ключевое значение для обеспечения высокого качества продукции и соблюдения строгих экологических стандартов, установленных для отрасли.

1. Маркировка источника. Данная практика предполагает нанесение RFID-меток на продукцию непосредственно в процессе производства или в точке ее происхождения. Это обеспечивает полный контроль и прослеживаемость товара на всем протяжении цепочки поставок – от момента производства до конечной точки реализации. Такая интеграция значительно повышает эффективность и прозрачность логистических процессов, предоставляя данные о маршруте перемещения продукции и условиях ее хранения.

2. Устойчивое развитие и экологический след. В условиях, когда устойчивое развитие становится приоритетной стратегической задачей бизнеса, RFID-технологии играют важную роль в рациональном использовании ресурсов, минимизации отходов и снижении воздействия на окружающую среду. Применение RFID в управлении запасами способствует более экологически ответственному подходу и обеспечивает вклад в долгосрочную устойчивость отрасли.

По мнению автора, наиболее эффективным способом описания функциональных возможностей RFID в управлении запасами в различных отраслях промышленности является подход, основанный на выявлении конкретных проблем и соответствующих решений, предлагаемых данной технологией. Этот метод отличается высокой степенью универсальности и может быть эффективно применен в различных отраслях без необходимости адаптации к их специфическим условиям. В таблице 1 представлен обобщенный подход, сформулированный на основе анализа научных публикаций, охватывающих различные сферы применения RFID-технологий.

Таблица 1. Проблемы, решаемые с помощью технологии RFID, и соответствующие решения*

Table 1. Problems addressed by RFID technology and solutions

Проблемы	Негативные результаты	Решения	Особенность дизайна
Сложные процедуры учета запасов	Задержка в обработке заявок	Разработка интегрированной информационной системы с автоматическим обновлением записей	Автоматизированная система инвентаризации
Потеря или повреждение идентификатора	Утрата информации о товаре, невозможность идентификации	Использование более прочных или надежных RFID-меток	Прочные RFID-метки с увеличенным сроком службы
Нарушения безопасности	Несанкционированный доступ, приводящий к потерям, ошибкам при перемещении товара. Некорректная запись идентификатора данных клиента	Применение системы автоматической идентификации и контроля доступа с точным сканированием	RFID-система, обеспечивающая сканирование и обновление данных в реальном времени
Сложность отслеживания товаров	Увеличенное время на отслеживание и определение местоположения	Автоматическое обновление данных о местоположении, отображение актуальной информации в системе	Интеграция с базой данных, поддерживаемой RFID

*составлено автором

Как уже было указано ранее, наибольшая эффективность применения RFID-технологий в управлении товарными запасами достигается при их интеграции с моделями систем поддержки принятия решений (СППР). Системы поддержки принятия решений относятся к классу компьютерных информационных систем, обеспечивающих поддержку процесса принятия решений в различных бизнес-сценариях. Эффективно разработанная система СППР представляет собой интерактивную программную систему, предназначенную для помощи лицам, принимающим решения, в сборе значимой информации из исходных данных, документов, экспертных знаний и/или бизнес-моделей с целью выявления проблем и выработки обоснованных решений по их устранению. Модели СППР могут классифицироваться по типу операций, которые они поддерживают и реализуют. Эти операции можно расположить на шкале, варьирующейся от систем, ориентированных преимущественно на данные, до систем, базирующихся на моделях.

Традиционно модели СППР классифицируются на семь основных типов.

1. Файловые системы («ящики для файлов»), предоставляющие доступ к хранимым элементам данных.

2. Системы анализа данных, которые поддерживают манипулирование данными с помощью компьютеризированных инструментов, адаптированных к конкретным задачам и настройкам, или с помощью более общих инструментов и операторов.

3. Аналитические информационные системы, которые предоставляют доступ к тематическим базам данных и прикладным моделям, ориентированным на поддержку принятия решений.

4. Бухгалтерские и финансовые модели, предназначенные для оценки последствий возможных действий и поддержки расчетов в рамках финансового и управленческого учета.

5. Имитационные (репрезентативные) модели, позволяющие прогнозировать последствия действий на основе моделирования реальных процессов.

6. Оптимизационные модели, формирующие рекомендации на основе вычисления оптимального варианта с учетом заданных ограничений.

7. Модели предложений, формирующие конкретные решения на основе логических или экспертных правил, применимых к хорошо структурированным задачам.

Изучение научной литературы и практических кейсов, подтвердивших эффективность внедрения систем поддержки принятия решений в различных сценариях управления товарными запасами, позволило автору составить классификацию моделей СППР, реализуемых при поддержке RFID-технологий, и выделить их эффективность (табл. 2).

Таблица 2. Классификация моделей СППР, реализуемых при поддержке RFID-технологий в управлении запасами*

Table 2. DSS models classification supported by RFID technology in inventory management

Модель СППР	Описание	Технологии	Результаты внедрения (KPI)	Примечания
EOQ-RFID (управление заказами)	Автоматизация расчета EOQ на основе RFID-данных	RFID-метки (UHF), WMS, аналитический модуль	Снижение избыточных запасов на 20–35% Снижение количества заказов на 10–15%	Используется в цепочках поставок товаров длительного хранения
RFID-JIT DSS	JIT-модель с отслеживанием поставок и ETA на основе RFID	RFID+GPS, ERP+API-интеграция, ML (ETA-прогноз)	Сокращение времени простоя склада на 30–50% Снижение складских запасов на 25–40%	Применяется в автопроме (например, Toyota), FMCG
ML+RFID DSS	Прогнозирование спроса на основе RFID и поведенческой аналитики	RFID, ML-модели (XGBoost, LSTM), Data Lake	Увеличение точности прогноза спроса до 85–92% Снижение дефицита складских запасов на 15–25%	Находит свое применение в розничной торговле (например, Decathlon, Inditex)
RFID+IoT условия хранения	Мониторинг условий хранения (температура, влажность) и принятие решений	RFID с датчиками, IoT-шлюзы, MQTT, аналитика	Снижение порчи продукции на 30–70% Автоматизация контроля качества – до 100%	Применяется в фармацевтической и пищевой отраслях
СППР для автоматизированной инвентаризации	Автоматизация учета и идентификация дефицита товаров	RFID (passive), портативные считыватели, планшеты, облако	Ускорение инвентаризации до 90% Снижение расхождений с системой на 70–95%	Реализовано в Zara, Uniqlo, Bosch
Сценарная СППР для сезонных запасов	«Что, если»–моделирование спроса+RFID-инвентаризация	RFID, BI-инструменты (Power BI, Tableau), ABC-анализ	Рост продаж на 5–12% Уменьшение остатка после сезона продаж на 25–40%	Эффективно в индустрии моды и сезонном ритейле

*составлено автором

Модель системы поддержки принятия решений (СППР) обычно включает следующие компоненты: интерактивную интерфейсную подсистему, подсистему постановки задач, базу данных, библиотеку моделей, библиотеку методов и систему управления базой знаний. В отдельных прикладных реализациях СППР отдельная база знаний и механизм ее управления могут отсутствовать, однако наличие библиотеки моделей и методов, как правило, является необходимым. В зависимости от целей применения, особенностей предметной области и логики исследования структура СППР может принимать различные формы. В таблице 3 представлены типовые характеристики моделей СППР, применяемых в управлении запасами в различных отраслях.

Таблица 3. Технические характеристики моделей СППР, интегрированных с RFID-технологиями, для управления запасами*

Table 3. Technical characteristics of DSS models integrated with RFID technologies for inventory management

Параметр	Значение / Диапазон
Тип RFID меток	Passive UHF (EPC Gen2); в отдельных случаях – Active RFID (например, для JIT-моделей)
Частота	860–960 MHz (UHF)
Дальность считывания	2–12 м (в зависимости от используемого считывателя)
Система сбора данных	RFID Middleware
Интерфейсы	REST API, ERP/WMS (SAP, Oracle), MQTT (для IoT-интеграции)
ML-интеграция	Scikit-learn, TensorFlow, PyTorch, AWS SageMaker (фреймворки машинного обучения)

*составлено автором

Принцип работы моделей СППР с использованием RFID-технологий для поддержки принятия решений заключается в следующем:

1. Сбор данных: считывание RFID-меток в режиме реального времени (на полках, складах, в транспортных единицах).

2. Обработка: платформа RFID middleware передает данные в BI-систему или модуль СППР.

3. Анализ: СППР применяет правила, модели машинного обучения или сценарные подходы (например, ABC/XYZ-анализ, метод «что, если»).

4. Выработка решений: система формирует рекомендации (перемещение товаров, формирование заказа, списание, перераспределение и др.).

5. Исполнение: ERP/WMS/CRM-системы реализуют действия в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

Отдельное направление современных исследований посвящено анализу степени внедрения технологии RFID в различных секторах экономики. Ниже рассмотрены наиболее значимые на сегодняшний день результаты и примеры практического применения.

Технология RFID демонстрирует высокую адаптивность в различных отраслях, особенно в здравоохранении, фармацевтике и логистике продовольственных товаров. В медицинской сфере RFID активно применяется для управления запасами критически важных материалов, обеспечения точности в выдаче медикаментов и повышения безопасности пациентов. Так, Yue Wu и Wenting Tang [14] отмечают, что внедрение RFID в больничные системы отпуска лекарств позволило значительно сократить запасы и снизить количество ошибок, характерных для ручного пополнения медикаментов и средств первой необходимости. Эти изменения способствуют повышению уровня безопасности пациентов, обеспечивая своевременное наличие необходимых препаратов и снижая риск ошибок, связанных с человеческим фактором.

В фармацевтическом секторе технология RFID также играет важную роль, позволяя обеспечивать соблюдение строгих нормативных требований при управлении товарными запасами, особенно в части безопасности цепочки поставок лекарственных средств. Согласно данным, представленным в работах Changhong Pan, Meng Liu [15], Н. К. Аркабаева, А. С. Орозбаева и Т. А. Наралиева [16], интеграция RFID с технологией блокчейн позволяет значительно повысить уровень прослеживаемости лекарств от производителя до конечного по-

требителя, что имеет критическое значение для предотвращения распространения контрафактной продукции. Отслеживание данных в реальном времени с применением RFID способствует подтверждению подлинности препаратов, а также обеспечивает контроль условий их хранения, особенно при интеграции с IoT-датчиками, фиксирующими параметры внешней среды. Т. В. Кузнецова [17] подчеркивает, что совместное использование указанных технологий позволяет поддерживать оптимальные условия хранения и транспортировки фармацевтической продукции, способствуя сохранению ее терапевтической эффективности.

На основании представленных статистических данных (рис. 2), Abhay K. Grover и Muhammad Hasan Ashraf [18] приходят к выводу, что в 2023 году сегмент отслеживания активов и товаров с применением технологии RFID занимал лидирующую позицию на рынке, обеспечивая 38,28 % общемирового дохода в сфере здравоохранения. Растущий спрос на эффективные системы отслеживания поставок медицинского оборудования и товаров является одним из ключевых факторов, способствующих активному развитию данного направления.

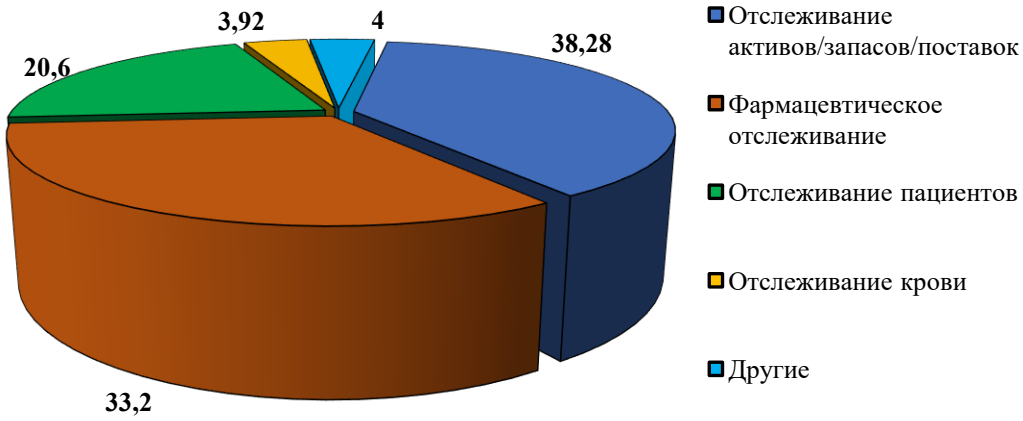


***Рис. 2**. Структура применения RFID-технологий в различных сегментах здравоохранения, % [18]*

***Fig. 2**. Structure of RFID technology application across healthcare segments, % [18]*

Исследователи также подчеркивают, что сегмент отслеживания фармацевтических препаратов, согласно прогнозам, будет демонстрировать наиболее высокие темпы роста в 2025–2029 гг. Помимо мониторинга медикаментов на всех этапах цепочки поставок и минимизации экономических потерь в случае отзыва продукции, RFID-технологии обеспечивают надежный способ получения информации о лекарственных средствах. Кроме того, ряд фармацевтических компаний сотрудничает с производителями RFID-оборудования для разработки и внедрения новых решений. Так, в октябре 2020 года компании Sandoz Inc. и Kit Check Inc. представили на рынке США три инъекционных препарата с интегрированными RFID-метками. Цель данного проекта – обеспечение медицинских учреждений стабильными поставками высококачественных медикаментов.

Значительное количество публикаций посвящено результатам применения технологии RFID в розничной торговле. Так, Ш. Г. Абдурахманов [19] отмечает, что для многих ритейлеров технология RFID является эффективным инструментом предотвращения хищений, в частности, благодаря решениям формата «умные выходы». Присвоение уникального идентификатора каждой единице продукции позволяет детально отслеживать ее движение при выходе из магазина и сопоставлять с информацией об оплате. Кроме того, видеонаблюдение может быть интегрировано в систему фиксации инцидентов, что позволяет оперативно выявлять случаи возможных правонарушений и ускорять процесс внутреннего расследования.

Ryan Atkins, Abdurrezzak Sener [20], а также Chenglong Du [21] выделяют несколько ключевых направлений, в которых применение RFID дало наибольший эффект в сфере розничной торговли:

1. Инвентаризация. Отслеживание товарных запасов остается одним из основных назначений RFID в ритейле. Технология позволяет определять местоположение товара и его характеристики каждый раз при прохождении через RFID-считыватель. Это сокращает время на поиск продукции и формирует точный и актуальный перечень товаров в режиме реального времени.

2. Выполнение заказов. Торговые компании используют RFID-считыватели в транспортных средствах и распределительных центрах для отслеживания перемещения товаров, снабженных RFID-метками. Такая система учета и контроля позволяет предотвратить потери и хищения. Исследователи отмечают, что, по данным компании Zebra Technologies, 42 % ритейлеров планируют внедрение RFID с целью снижения потерь в течение ближайших трех лет, а 61 % планируют использовать технологию в своих магазинах к 2026 году.

3. RFID и самообслуживание. Некоторые торговые сети, включая Amazon, экспериментируют с форматами магазинов полного самообслуживания на базе RFID. В таких системах, когда покупатель с привязанным счетом и способом оплаты покидает магазин с товаром, RFID-метка автоматически считывается, и оплата списывается без кассового взаимодействия.

В таблице 4 представлены систематизированные функции моделей систем поддержки принятия решений (СППР) в управлении запасами торговых предприятий, которые реализуются ими на основе RFID-данных, и полученные результаты, которых удалось достичь в реальных ситуациях.

Таблица 4. Функции моделей систем поддержки принятия решений (СППР) для управления запасами в торговле*

Table 4. DSS functions for inventory management in trade

Функция СППР	Используемые RFID-данные	Результат	Примеры использования
Автоматическое пополнение товара	Уровень остатков на полках (считывание RFID в режиме реального времени)	Снижение дефицита складских запасов на 25–40% Рост продаж на 3–10%	Zara, Walmart – автоматические предложения к заказу по категориям на основе ABC-анализа
Прогнозирование спроса	История RFID-считываний + данные продаж + сезонность	Точность прогноза до 90–93% Снижение избыточных запасов на 15–30%	Используются модели LSTM, XGBoost, Prophet
Инвентаризация и контроль расхождений	Считывания RFID-меток по всей торговой площади	Ускорение инвентаризации до 90% Снижение потерь от ошибок и хищений на 50–80%	Сотрудники проходят с RFID-сканером – сравнение с ERP
Выявление «медленно продаваемых» товаров	Частота движения товара (количество RFID-сканирований за период)	Сокращение «мертвых запасов» на 20–50%	СППР предлагает распродажи / перемещения между магазинами
Оптимизация выкладки	Сравнение фактического размещения RFID-товаров с планом	Повышение точности выкладки на до 95% Рост конверсии на 2–5%	Камеры + RFID фиксируют, как товары выставлены на витринах
Контроль сроков годности (для продовольствия)	RFID с датчиком температуры/времени хранения	Снижение потерь по сроку на 30–70%	СППР уведомляет об истечении сроков, предлагает уценку или перемещение товаров
Анализ трафика и движения товара в магазине	RFID-считывания: откуда и куда перемещался товар	Оптимизация логистики в торговом зале Обнаружение «слепых зон»	Поддерживает решение по новой раскладке и зонированию

*составлено автором

Представляют интерес аргументы и выводы, сформулированные Р. М. Яфизовым, Н. А. Марковым и О. М. Перминовой [22], раскрывающие причины широкого распространения

RFID-технологий в розничной торговле. Авторы отмечают, что за последнее десятилетие средняя стоимость одной RFID-метки снизилась на 80 % и в настоящее время составляет около четырех центов. При этом точность считывания увеличилась в два раза, а радиус действия – более чем в пять раз, что позволяет использовать меньшее количество оборудования и повышать качество идентификации. Кроме того, стоимость самих RFID-считывателей снизилась почти на 50 %.

Исследователи подчеркивают, что современные RFID-решения способны значительно изменить экономическую модель функционирования розничного магазина, одновременно снижая издержки и увеличивая доходность. К числу прогнозируемых эффектов относятся:

– повышение точности инвентаризации более чем на 25 %,

– увеличение объема продаж по полной цене на 1,0–3,5 % за счет оптимизации запасов и процессов управления,

– сокращение трудозатрат, связанных с инвентаризацией, на 10–15 %,

– снижение уровня усушки и краж, что может способствовать росту доходности на 1,5 %.

Систематизированные автором результаты анализа применения RFID в управлении запасами в различных отраслях и на разных уровнях представлены в таблице 5.

Таблица 5. Сферы применения RFID технологий в управлении товарными запасами в различных отраслях на различных уровнях

Table 5. Areas of application of RFID technologies in inventory management in various industries at various levels

Авторы	Уровень анализа	Инструменты	Описание
Ерохин В.В., Зафиров А.Е. [2]	Фирма	Тематический анализ	Коммерческий готовый робот, оснащенный RFID, для точного определения местоположения в сетях поставок
Гумберг Н.С. [7], N. Mathavan [10]	Фирма	Анализ затрат	Сети снабжения с поддержкой технологий распределенной бухгалтерской книги и IoT
Yue Wu, Wenting Tang [14]	Здравоохранение	Энтропийная модель	Энтропийный подход на основе марковского распределения, направленный на минимизацию стоимости запасов, сокращение отходов и повышение устойчивости
Changhong Pan, Meng Liu [15]	Транспортная отрасль	Эвристические методы	Благодаря низким колебаниям и согласованности при получении и выполнении данных создаются системы RFID с дальним хранением
Abhay K. Grover, M. Hasan [18]	Ритейл	Экспериментальный анализ	Анализ эффективности затрат и развертывание децентрализованной платформы приложений на основе блокчейна
Арутюнян Ю. И., Такахо Э. Е. [12]	Межотраслевой		Разработка и тестирование алгоритма для определения жизнеспособности RFID в межотраслевой цепи поставок
Линь Шо [28]	Здравоохранение		Анализ чувствительности для оценки качества и поставок материалов поставщиками
Аркабаев Н. К., Наралиев Т. А. [16]	Оптовая торговля		Для улучшения процесса цепочки поставок в реальном времени был использован новый и эффективный подход к отслеживанию и контролю за запасами
Дворский А. А. [23]	Транспортная отрасль	Теоретический и экспериментальный анализ	Специально разработанные системы с метками RFID для понимания и оценки затрат на хранение, вычисления и связь
Chenglong Du [21]	Логистика, дистрибуция		Протокол Tree Hopping (TH) был протестирован, чтобы узнать эффект от использования RFID для позиционирования и отслеживания местоположения товарных запасов во время их транспортировки
Бакиров Р. М., Аббакумов А. А. [24]	Межотраслевой	Структурированное моделирование	Разработана структура E-ERMI (Enterprise–Extended Resource Management) и проведено моделирование для оценки ее эффективности в различных областях применения, включая управление запасами, управление цепочками поставок, дистрибуцию и розничную торговлю
Carlos James P. De Guzman, Alvin Y. Chua Path [25]	Управление складом	Нейросетевое моделирование	Встроенные технологии, включая большие данные, IoT позволяют повысить эффективность цепочек поставок и дают преимущества лицам, принимающим решения в данном секторе
Диденко Н. И. [27]	Фармацевтика		Система прослеживаемости в фургоне дистрибьютора лекарств

*составлено автором

Несомненно, в контексте проводимого исследования заслуживает отдельного внимания эффективность моделей СППР, интегрированных с RFID-технологиями. Ученые отмечают, что результативность данной комбинации для конкретного предприятия зависит от характеристик и структуры системы сбора, обработки и обмена данными, в частности в управлении запасами и цепочках поставок, где требуется доступность информации для передачи спроса и предложения между каждым уровнем от низового до верхнего. Следует отметить, что в ряде случаев со стороны пользователей СППР подвергаются критике из-за сложной структуры базы данных и информационных систем или из-за недостаточных знаний и осведомленности. Поэтому модели СППР должны быть адаптированы с учетом проблем и видов деятельности конкретного предприятия и отрасли.

Учитывая вышеизложенное, в таблице 6 представлены результаты, демонстрирующие эффективность различных комбинаций моделей СППР и RFID-технологий при решении конкретных задач в различных отраслевых приложениях.

Таблица 6. Эффективность моделей СППР и RFID-технологий в отраслевом применении

Table 6. Efficiency of DSS models and RFID technologies in various industries

Отрасль	Основные задачи	Интеграция СППР + RFID	Результаты
Розничная торговля (одежда, электроника)	Управление запасами, предотвращение дефицита на складе, инвентаризация	СППР использует RFID-данные о фактическом местоположении и движении товаров для анализа и оптимизации пополнения	Уменьшение дефицита на полке: –30–50 % Рост продаж: +5–10 % Инвентаризация быстрее в 5–10 раз
Логистика и 3PL	Отслеживание перемещений, управление складами	СППР агрегирует RFID-данные со сканеров/порталов и поддерживает принятие решений о маршрутах, хранении, утилизации	Точность логистики: +20–40 % Уменьшение потерь и пересортицы товаров: –40–60 %
Медицина и фармацевтика	Контроль сроков годности, условий хранения, управление запасами препаратов	RFID + СППР контролирует температуру/влажность, а также прогнозирует спрос на основе истории потребления	Потери от порчи: –50–70 % Доступность препаратов: +15–30 %
Автомобильная промышленность	Контроль WIP (Work in Progress), JIT поставки, управление сборкой	RFID отслеживает компоненты, СППР регулирует поставки и сборку в режиме реального времени	Снижение простоев: –30–50% Повышение эффективности сборки: +15–25 %
Продуктовый ритейл	Сроки годности, управление запасами, отслеживание поставок	СППР использует RFID-данные о сроках и объеме запасов для оптимизации использования витрин и выкладки товаров	Снижение списаний: –20–40 % Увеличение доступности продукции: +10–20 %
Складские комплексы и дистрибуция	Инвентаризация, приемка, отгрузка, предотвращение ошибок	RFID фиксирует движение единиц хранения (SKU); СППР выявляет расхождения и оптимизирует маршруты	Уменьшение ошибок комплектования: 70–90 % Повышение скорости отгрузки: +30–50 %

* составлено автором

Ученые и практики справедливо подчеркивают, что эффективность внедрения RFID-технологий в систему управления запасами в значительной степени зависит от обоснованного выбора и соблюдения критериев, позволяющих определить наиболее оптимальную технологическую конфигурацию, способствующую достижению целевых показателей.

Линь Шо [28] предлагает классифицировать критерии выбора RFID-технологий в управлении товарными запасами на три категории в зависимости от их функционального назначения. Рассмотрим каждую из них более подробно.

1. Отслеживание запасов.

Ключевой задачей любой RFID-системы управления запасами является обеспечение их точного и своевременного отслеживания. Это включает определение местонахождения товаров, контроль их количества и регулярное обновление данных в режиме реального времени. Основными критериями при выборе технологий для данной функции являются:

– возможность отслеживания в реальном времени: система должна обеспечивать мониторинг онлайн с минимальной задержкой и предоставлять актуальную информацию о запасах по запросу;

– высокая точность сканирования и обработки данных, позволяющая свести к минимуму ошибки и расхождения;

– удобство и простота использования: интерфейс должен быть интуитивно понятным, а система – не требовать значительных затрат на обучение персонала;

– интеграция с существующими системами: технология должна легко встраиваться в текущую ИТ-инфраструктуру предприятия.

2. Пополнение запасов.

Эффективное пополнение товарных запасов критически важно для предотвращения дефицита и избыточного складирования. Надежная RFID-система должна способствовать автоматизации этого процесса. Критерии выбора включают:

– поддержка автоматического повторного заказа: система должна инициировать заказы на пополнение, когда их уровень достигает заданного порога;

– интеграция с информационными системами поставщиков, обеспечивающая ускоренное и скоординированное пополнение;

– наличие инструментов прогнозирования, позволяющих рассчитывать потребности в запасах на основе исторических данных и тенденций спроса.

3. Управление заказами.

Эффективное управление заказами обеспечивает их своевременное выполнение и способствует повышению удовлетворенности клиентов. Основное требование к RFID-технологии в данной сфере – упрощение процесса управления заказами на всех этапах: от получения до доставки. В этом контексте критерии выбора включают:

– возможность отслеживания заказов в режиме реального времени на всех этапах цепочки поставок;

– поддержка процессов комплектации, упаковки и доставки**,** направленных на оптимизацию логистики;

– обеспечение точности обработки заказов, минимизация ошибок;

– интеграция с каналами продаж**,** что обеспечивает централизованный и прозрачный учет заказов в омниканальной среде.

Для получения преимуществ сквозного отслеживания (end-to-end) товарных запасов с использованием технологии RFID на уровне как целых партий, так и отдельных единиц продукции, предприятия должны иметь возможность отслеживать данные на всех этапах жизненного цикла товара. Обеспечение такой прозрачности сравнительно легко реализуется в условиях вертикальной интеграции. Однако для фрагментированных отраслей это представляет собой серьезную задачу. Когда товары переходят от одного участника цепочки поставок к другому – от поставщиков к дистрибьюторам и далее к розничным продавцам – данные RFID, как правило, фрагментированы и не синхронизированы. Каждый участник цепочки создания стоимости располагает ограниченной информацией, что затрудняет комплексный мониторинг. В результате компании нередко не в состоянии реализовать преимущества сквозной прослеживаемости, что ставит их в менее выгодное конкурентное положение.

Одним из решений данной проблемы, обсуждаемым в современной научной литературе, является интеграция технологии RFID с передовыми цифровыми инновациями, такими как облачные вычисления и интернет вещей (IoT). Вопросы такой интеграции подробно рассматриваются, в частности, в работах Ю. Ю. Емельяновой, Н. А. Кожиной и В. А. Логуновой [29]. Авторы выделяют следующие возможности интеграции и связанные с ними преимущества.

Облачная обработка данных, полученных из RFID-среды, представляет собой непрерывный процесс и является одним из ключевых направлений в стратегиях управления товарными запасами. Облачные вычисления обеспечивают централизованное хранение информации, собираемой с устройств IoT и компонентов RFID-систем, а также возможность ее анализа и удаленного доступа с любого устройства, подключенного к сети. Это позволяет отслеживать складские операции и процессы инвентаризации в режиме реального времени. Облачные платформы обладают масштабируемостью, что дает компаниям возможность увеличивать объемы хранения и вычислительные мощности по мере расширения операций, без необходимости значительных капитальных вложений в локальную инфраструктуру. Кроме того, облачные системы могут включать в себя инструменты продвинутой аналитики, технологии искусственного интеллекта и алгоритмы машинного обучения, что позволяет осуществлять углубленный анализ данных. На основе этих данных менеджеры могут принимать более обоснованные управленческие решения в сферах инвентаризации, выполнения заказов и оптимизации цепочек поставок.

Технологии интернета вещей (IoT) получили широкое распространение в корпоративной практике, в том числе среди промышленных и торговых предприятий. Их применение позволяет автоматизировать контроль состояния датчиков, собирать и обрабатывать данные, формировать стратегии управления, основанные на анализе информации, а также оптимизировать процессы в области управления товарными запасами. Технологии IoT обеспечивают мониторинг состояния товаров, оборудования и условий хранения в режиме реального времени с использованием встроенных сенсоров и интеллектуальных устройств. Такие устройства взаимодействуют с централизованными цифровыми платформами, обеспечивая непрерывную передачу данных об уровне запасов, параметрах окружающей среды (например, температуре, влажности) и перемещении материальных активов.

Непрерывный поток данных способствует повышению прозрачности процессов, реализации предиктивного обслуживания и повышению эффективности оперативного управления.

Наряду с преимуществами и перспективами внедрения цифровых технологий в сочетании с RFID в научной литературе подчеркивается необходимость учитывать также потенциальные сложности, риски и ограничения, возникающие в процессе интеграции. Эти препятствия подробно описаны в исследованиях W. Jie и C. Pei [30], среди которых выделяются следующие:

1. Сложности интеграции. Переход от устаревших систем к современным решениям требует значительных изменений в аппаратной и программной архитектуре, а также в операционных процессах предприятий.

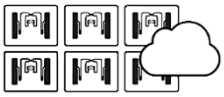
2. Проблемы совместимости. Устройства IoT, RFID-считыватели и облачные платформы могут использовать различные протоколы передачи данных, что затрудняет их бесшовную интеграцию в единую информационную систему.

3. Перегрузка данными. Большие объемы информации, формируемые датчиками IoT и RFID-компонентами в реальном времени, могут приводить к перегрузке информационных систем, снижению скорости обработки данных и увеличению времени отклика.

В заключение проведенного обзора с целью обобщения возможностей и отличительных характеристик традиционных штрих-кодов, RFID-меток, а также RFID-технологий, интегрированных с облачными сервисами и IoT, в таблице 7 представлены ключевые особенности указанных решений, выделенные автором.

Таблица 7. Сравнительная характеристика технологий управления товарными запасами

Table 7. Comparative characteristics of inventory management technologies

Технология	Ключевые особенности
Штрих-коды	• необходима прямая видимость (ограничивает гибкость сканирования) • ограниченное количество считываний • малая емкость данных
RFID на уровне предметов	• легкое считывание меток, даже сквозь упаковку • оперативное считывание каждой единицы товара • возможность многократного считывания • при каждом считывании фиксируется больший объем данных (на порядки выше, чем у штрих-кодов)
RFID интегрированное с облаком 	• непрерывное считывание на уровне отдельных единиц • интеграция дополнительных данных от партнеров по цепочке поставок • максимальный объем данных и расширенные аналитические возможности

Таким образом, на основе проведенного анализа можно сформулировать следующие выводы.

Технология RFID по-прежнему занимает ключевое место среди инновационных решений в области управления товарными запасами и цепями поставок, обеспечивая высокую точность, надежность и операционную эффективность. Вместе с тем ее успешное внедрение требует системного подхода и учета ряда важных факторов. В статье представлен аналитический обзор современного научного и прикладного опыта применения RFID, в рамках которого проанализированы следующие аспекты:

- потенциал RFID-технологии для повышения эффективности управления запасами;
- возможности, подходы и способы интеграции RFID и моделей СППР в различных отраслях промышленности;
- критерии, определяющие выбор соответствующей технологии для конкретных логистических задач;
- возможности интеграции RFID с цифровыми платформами, облачными решениями и средствами интернета вещей (IoT).

Перспективы дальнейших исследований видятся в следующем: многоотраслевые сравнительные эксперименты с единой системой KPI (например, точность инвентаризации, скорость пополнения, потеря товарных запасов, окупаемость инвестиций); гибридных СППР, объединяющих RFID-технологии с IoT-сенсорами и предиктивной аналитикой; комплексная оценка кибер- и приватностных рисков при масштабном развертывании RFID-экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гумберг Н. С.* Программная реализация информационной системы складской логистики с использованием RFID-меток // Перспективы науки. 2023. № 8(167). С. 28–31. EDN: YTSXQC

2. *Ерохин В. В., Зафиров А. Е.* Решение логистической задачи склада с использованием RFID-меток // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. № 6. С. 119–131. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.08.017

3. *Buenrostro-Rocha S., Medina-Monroy J.L., Herrera-Charles R.* Passive UHF RFID tag achieving read ranges comparable to battery-assisted passive tags for containers, vessels, vehicles, and aircraft applications // International Journal of Numerical Modelling. 2024. Vol. 37. No. 5. DOI: 10.1002/jnm.3299

4. *AL-Shboul M.A.* RFID technology usage and supply chain global positioning information sharing system: An enablers of manufacturing enterprises' supply chain performance-fresh insights from the Middle East region as developing countries // The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries. 2023. Vol. 90. No. 2. Pp. 65–74. DOI: 10.1002/isd2.12304

5. *Коренякина Н. Н., Горянин Н. В.* Оптимизация транспортно-складских процессов в логистике за счет применения инновационных технологий // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. 2024. № 3. С. 36–42. EDN: BIXEWA

6. *Huang Zh., Sun X.* Efficiency analysis of sports equipment batch management based on antimetal RFID tag // Journal of Sensors. 2022. Vol. 2022. No. 1. Pp. 76–84. DOI: 10.1155/2022/2989375

7. *Гумберг Н. С.* О проектировании информационной системы складской логистики с использованием RFID-меток // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 8 (146). С. 61–63. EDN: GPZEBV

8. *Ходжаназарова С. К., Нурбердиева Дж.* Анализ упаковки товаров, методов маркировки и путей их развития // Матрица научного познания. 2025. № 3-1. С. 261–263. EDN: EJQXDF

9. *Староверова О. В., Андреева А. А.* Некоторые особенности применения роботизированных технологий в складской логистике // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 3. С. 39–49. EDN: EDGEKK

10. *Mathavan N.* Application of optimization algorithm for virtual reference tag assisted localization and tracking of RFID // International Journal of Communication Systems. 2024. Vol. 37. DOI: 10.1002/dac.5807

11. *Hehua M.* Application of passive wireless rfid asset management in warehousing of cross-border e-commerce enterprises // Journal of Sensors. 2021. Vol. 17. No. 10. Pp. 23–29. DOI: 10.1155/2021/6438057

12. *Арутюнян Ю. И., Такахо Э. Е.* Обеспечение информационной инфраструктуры в логистических системах организаций розничной торговли // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 5. С. 12–18. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_290

13. *Zhang R., Zhou X.* Research on intelligent warehousing and logistics management system of electronic market based on machine learning // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022. Vol. 5. No. 19. Pp. 45–56. DOI: 10.1155/2022/2076591

14. *Wu Y., Tang W.* Intelligent logistics warehousing strategy based on 5g network and cloud computing in the era of big data // Internet Technology Letters. 2024. Vol. 23. No. 6. Pp. 66–75. DOI: 10.1002/itl2.620

15. *Pan Ch., Liu M.* Optimization of intelligent logistics supply chain management system based on wireless sensor network and RFID technology // Journal of Sensors. 2021. Vol. 19. No. 18. Pp. 33–39. DOI: 10.1155/2021/8111909

16. *Аркабаев Н. К., Орозбаева А. С., Наралиев Т. А.* Оптимизация складского учета с использованием технологий интернета вещей и платформы.NET // Вестник Ошского государственного университета. 2024. № 4. С. 150–163. DOI: 10.52754/16948610_2024_4_16

17. *Кузнецова Т. В.* Логистика 4.0 и инновационные логистические технологии // Сацыяльна-эканамічныя і прававыя даследаванні. 2022. № 3(69). С. 68–73.

18. *Grover A.K., Ashraf M.H.* Autonomous and IoT-driven intralogistics for Industry 4.0 warehouses: A thematic analysis of the literature // Transportation Journal. 2024. Vol. 63. No. 1. Pp. 102–119.

19. *Абдурахманов Ш. Г.* Практика внедрения RFID-технологии как ключевого аспекта борьбы с экономической преступностью // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № S1. EDN: JJUXJM

20. *Atkins R., Sener A.* A simulation for managing retail inventory flow using RFID and bar code technology // Decision Sciences Journal of Innovative Education. 2021. Vol. 19. No. 3. Pp. 20–29. DOI: 10.1111/dsji.12232

21. *Du Ch.* Logistics and warehousing intelligent management and optimization based on radio frequency identification technology // Journal of Sensors. 2021. Vol. 1. No. 19. Pp. 76–83. DOI: 10.1155/2021/2225465

22. *Яфизов Р. М., Марков Н. А., Перминова О. М.* Основные информационные решения в логистике и складском учете // Вестник Академии управления и производства. 2024. № 4–1. С. 571–577. EDN: DDRNYN

23. *Дворский А. А.* Система контроля и отслеживания грузов транспортного склада с использованием RFID технологий // Новые информационные технологии в телекоммуникациях и почтовой связи. 2024. № 1. С. 101. EDN: DZJIGT

24. *Бакиров Р. М., Аббакумов А. А.* Автоматическая идентификация продукции на складе промышленного предприятия // Научный альманах Центрального Черноземья. 2022. № 1–5. С. 77–83. EDN: AZWJIR

25. *de Guzman C.J.P., Chua A.Y.* Path planning of multiple quadrotors with ultrawideband localization for warehouse inventory management // Journal of Robotics. 2024. Vol. 2. No. 19. Pp. 87–93. DOI: 10.1155/2024/2566619

26. *Полянская В. А.* Цифровизация промышленных предприятий на основе применения логистической технологии RFID // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 11. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_11_536

27. *Диденко Н. И.* Модель внедрения IoT-технологий в складских процессах фармацевтической компании. Часть 1: процесс приемки товаров на склад // Инновации. 2023. № 2 (292). С. 10–21. DOI: 10.26310/2071-3010.2023.292.2.002

28. *Линь Шо.* Автоматизация бизнес-процессов на складе на основе технологии RFID // Научный аспект. 2024. Т. 31. № 5. С. 4209–4215. EDN: KYPFJW

29. *Емельянова Ю. Ю., Кожина Н. А., Логунова В. А.* Интегрированные распределительные центры: цифровые решения в логистической системе товародвижения // Вектор экономики. 2023. № 12(90). С. 65–73. EDN: ZHRMLI

30. *Jie W., Pei Ch.* A branch-and-price algorithm for an integrated online and offline retailing distribution system with product return // International Journal of Intelligent Systems. 2024. Vol. 4. No. 17. Pp. 63–77. DOI: 10.1155/2024/8880791

REFERENCES

1. Gumberg N.S. Software implementation of the warehouse logistics information system using RFID tags. *Science Prospects*. 2023. No. 8(167). Pp. 28–31. EDN: YTSXQC. (In Russian)

2. Erokhin V.V., Zafirov A.E. Solving the warehouse logistics problem using RFID tags. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economy and Management: Problems, Solutions]. 2024. No. 6. Pp. 119–131. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.08.017. (In Russian)

3. Buenrostro-Rocha S., Medina-Monroy J.L., Herrera-Charles R. Passive UHF RFID tag achieving read ranges comparable to battery-assisted passive tags for containers, vessels, vehicles, and aircraft applications. *International Journal of Numerical Modelling*. 2024. Vol. 37. No. 5. DOI: 10.1002/jnm.3299

4. AL-Shboul M.A. RFID technology usage and supply chain global positioning information sharing system: An enablers of manufacturing enterprises' supply chain performance-fresh insights from the Middle East region as developing countries. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 2023. Vol. 90. No. 2. Pp. 65–74. DOI: 10.1002/isd2.12304

5. Korenyakina N.N., Goryanin N.V. Optimization of transport and warehouse processes in logistics through the use of innovative technologies. *Intellektual'nye resursy – regional'nomu razvitiyu* [Intellectual resources for regional development]. 2024. No. 3. Pp. 36–42. EDN: BIXEWA. (In Russian)

6. Huang Zh., Sun X. Efficiency analysis of sports equipment batch management based on antimetal RFID tag. *Journal of Sensors*. 2022. Vol. 2022. No. 1. Pp. 76–84. DOI: 10.1155/2022/2989375

7. Gumberg N.S. On the design of an information system for warehouse logistics using RFID tags. *Science and Business: Ways of Development*. 2023. No. 8(146). Pp. 61–63. EDN: GPZEBV. (In Russian)

8. Khodjanazarova S.K., Nurberdieva J. Analysis of product packaging, labeling methods and their development paths. *Matrica nauchnogo poznaniya* [Matrix of scientific knowledge]. 2025. No. 3–1. Pp. 261–263. EDN: EJQXDF. (In Russian)

9. Staroverova O.V., Andreeva A.A. Some Features of the Application of Robotic Technologies in Warehouse Logistics. *Zhurnal issledovaniy po upravleniyu* [Journal of Management Research]. 2022. Vol. 8. No. 3. Pp. 39–49. EDN: EDGEKK. (In Russian)

10. Mathavan N. Application of optimization algorithm for virtual reference tag assisted localization and tracking of RFID. *International Journal of Communication Systems*. 2024. Vol. 37. DOI: 10.1002/dac.5807

11. Hehua M. Application of passive wireless rfid asset management in warehousing of cross-border e-commerce enterprises. *Journal of Sensors.* 2021. Vol. 17. No. 10. Pp. 23–29. DOI: 10.1155/2021/6438057

12. Arutyunyan Yu.I., Takakho E.E. Providing information infrastructure in logistics systems of retail trade organizations. *Moscow Economic Journal*. 2022. Vol. 7. No. 5. Pp. 12–18. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_290. (In Russian)

13. Zhang R., Zhou X. Research on intelligent warehousing and logistics management system of electronic market based on machine learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2022. Vol. 5. No. 19. Pp. 45–56. DOI: 10.1155/2022/2076591

14. Wu Y., Tang W. Intelligent logistics warehousing strategy based on 5g network and cloud computing in the era of big data. *Internet Technology Letters*. 2024. Vol. 23. No. 6. Pp. 66–75. DOI: 10.1002/itl2.620

15. Pan Ch., Liu M. Optimization of intelligent logistics supply chain management system based on wireless sensor network and RFID technology. *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 19. No. 18. Pp. 33–39. DOI: 10.1155/2021/8111909

16. Arkabaev N.K., Orozbaeva A.S., Naraliev T.A. Optimization of warehouse accounting using the Internet of Things technologies and the NET platform. *Bulletin of Osh State University*. 2024. No. 4. Pp. 150–163. DOI: 10.52754/16948610_2024_4_16. (In Russian)

17. Kuznetsova T.V. Logistics 4.0 and innovative logistics technologies. *Sacyjal'na-ekanamichnyja i pravavyja dasledavanni* [Social, economic and legal studies]. 2022. No. 3(69). Pp. 68–73. (In Russian)

18. Grover A.K., Ashraf M.H. Autonomous and IoT-driven intralogistics for Industry 4.0 warehouses: A thematic analysis of the literature. *Transportation Journal*. 2024. Vol. 63. No. 1. Pp. 102–119.

19. Abdurakhmanov Sh.G. Practice of implementing RFID technology as a key aspect of the fight against economic crime. *Vestnik evraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science]. 2023. Vol. 15. No. S1. EDN: JJUXJM. (In Russian)

20. Atkins R., Sener A. A simulation for managing retail inventory flow using RFID and bar

code technology. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*. 2021. Vol. 19. No. 3. Pp. 20–29. DOI: 10.1111/dsji.12232

21. Du Ch. Logistics and warehousing intelligent management and optimization based on radio frequency identification technology. *Journal of Sensors*. 2021. Vol. 1. No. 19. Pp. 76–83. DOI: 10.1155/2021/2225465

22. Yafizov R.M., Markov N.A., Perminova O.M. Basic information solutions in logistics and warehouse accounting. *Vestnik Akademii upravleniya i proizvodstva* [Bulletin of the Academy of Management and Production]. 2024. No. 4–1. Pp. 571–577. EDN: DDRNYN. (In Russian)

23. Dvorskiy A.A. System for monitoring and tracking cargo in a transport warehouse using RFID technologies. *Novye informacionnye tehnologii v telekommunikaciyah i pochtovoy svyazi* [New information technologies in telecommunications and postal services]. 2024. No. 1. Pp. 101. EDN: DZJIGT. (In Russian)

24. Bakirov R.M., Abbakumov A.A. Automatic identification of products in an industrial enterprise warehouse. *Nauchnyy al'manah Central'nogo Chernozem'ya* [Scientific almanac of the Central Black Earth Region]. 2022. No. 1–5. Pp. 77–83. EDN: AZWJIR (In Russian)

25. de Guzman C.J.P., Chua A.Y. Path planning of multiple quadrotors with ultrawideband localization for warehouse inventory management. *Journal of Robotics.* 2024. Vol. 2. No. 19. Pp. 87–93. DOI: 10.1155/2024/2566619

26. Polyanskaya V.A. Digitalization of industrial enterprises based on the use of RFID logistics technology. *Moscow Economic Journal*. 2023. Vol. 8. No. 11. DOI: 10.55186/2413046X_2023_8_11_536. (In Russian)

27. Didenko N.I. Model for the implementation of IOT technologies in warehouse processes of a pharmaceutical company. Part 1: the process of accepting goods into the warehouse. *Innovations*. 2023. No. 2(292). Pp. 10–21. DOI: 10.26310/2071-3010.2023.292.2.002. (In Russian)

28. Lin Shuo. Automation of business processes in a warehouse based on RFID technology. *Nauchnyy aspekt* [Scientific aspect]. 2024. Vol. 31. No. 5. Pp. 4209–4215. EDN: KYPFJW. (In Russian)

29. Yemelyanova Yu.Yu., Kozhina N.A., Logunova V.A. Integrated distribution centers: digital solutions in the logistics system of goods distribution. *Vektor ekonomiki* [Vector of Economics]. 2023. No. 12 (90). Pp. 65–73. EDN: ZHRMLI. (In Russian)

30. Jie W., Pei Ch. A branch-and-price algorithm for an integrated online and offline retailing distribution system with product return. *International Journal of Intelligent Systems.* 2024. Vol. 4. No. 17. Pp. 63–77. DOI: 10.1155/2024/8880791

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторе

Триполева Диана Валерьевна, аспирант, Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН);
125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20;
ditripole@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5852-3756

Information about the author

Diana V. Tripoleva, PhD Student, Russian Institute for Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS);
125190, Russia, Moscow, 20 Usievich street;
ditripole@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5852-3756