

УДК 658

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИОТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИКЕ И УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Копнин А.А.,**

*Ассистент кафедры бизнес-информатики, аспирант,*

*Уральский государственный экономический университет,*

*Екатеринбург, Россия*

**Аббазова В.Н.**

*к.т.н., старший преподаватель кафедры управления качеством и экспертизы товаров и услуг,*

*Уральский государственный экономический университет,*

*Екатеринбург, Россия*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются возможности применения IoT-технологий для оптимизации логистических процессов и управления запасами на предприятиях агропромышленного комплекса. Акцент сделан на переходе от традиционных моделей контроля к интеллектуальным системам, обеспечивающим непрерывный мониторинг условий транспортировки и хранения сельскохозяйственной продукции. Показано, что интеграция сенсорных данных и алгоритмов машинного обучения позволяет формировать предиктивные модели, прогнозирующие изменения состояния продукции, риски порчи, дефицита или избыточных запасов. Обосновано, что IoT-устройства создают основу для построения цифровых профилей товарных партий, обеспечивая более точное планирование логистических операций и повышение прозрачности цепочек поставок.

**Ключевые слова:** IoT-технологии, логистика АПК, управление запасами, сенсорные сети, мониторинг условий хранения, цифровые двойники, предиктивная аналитика, автоматизация складов.

## ***THE OPPORTUNITIES OF USING IOT TECHNOLOGIES IN LOGISTICS AND INVENTORY MANAGEMENT OF AGRO-INDUSTRIAL ENTERPRISES***

***Kopnin A.A.***

*Assistant of the Department of Business Informatics, Graduate student,*

*Ural State University of Economics,*

*Yekaterinburg, Russia*

***Abbazova V.N.***

*Candidate of Technical Sciences, senior lecturer,*

*Ural State University of Economics,*

*Yekaterinburg, Russia*

### **Abstract**

The article discusses the possibilities of using IoT technologies to optimize logistics processes and inventory management at agro-industrial enterprises. The emphasis is placed on the transition from traditional control models to intelligent systems that provide continuous monitoring of the conditions of transportation and storage of agricultural products. It is proved that the integration of sensory data and machine learning algorithms makes it possible to form predictive models predicting changes in product condition, risks of spoilage, shortage or excess inventory. It is proved that IoT devices create the basis for building digital profiles of product shipments, providing more accurate planning of logistics operations and increasing the transparency of supply chains.

**Keywords:** IoT technologies, agribusiness logistics, inventory management, sensor networks, monitoring of storage conditions, digital twins, predictive analytics, warehouse automation.

В условиях общей экономической турбулентности для формирования и сохранения устойчивости бизнеса, повышения конкурентоспособности на рынке предприятия агропромышленного комплекса придают стратегическое значение внедрению ИТ-инструментов. Интеграция цифровых решений в производственные и логистические процессы предприятий АПК способствует снижению издержек, обеспечению бесперебойного и стабильного функционирования процессов.

Согласно данным исследования Корус Консалтинг, меньше всего цифровые решения внедрены на предприятиях сегмента «Растениеводство». Так, 64% предприятий, участвующих в опросе, сообщили о цифровизации отдельных процессов. Лидерами по внедрению ИТ-решений являются предприятия из сегмента «Обрабатывающее производство» (более 50% имеют базовые ИТ-решения).[1]

Интенсивное развитие цифровых технологий приводит к трансформации производственно-логистических процессов агропромышленного комплекса, где управление запасами является одним из ключевых факторов обеспечения устойчивости и эффективности цепочек поставок. Если в последние годы основное внимание уделялось автоматизации контроля качества с использованием нейронных сетей и компьютерного зрения, то логическим продолжением этого направления становится внедрение интеллектуальных систем управления логистическими потоками, основанных на интеграции сенсорных данных и алгоритмов анализа больших данных. IoT-технологии позволяют предприятиям АПК перейти от реактивного управления запасами к

проактивным моделям, обеспечивающим своевременную адаптацию к изменениям спроса, состояния продукции и логистических условий [2].

Особенностью логистики сельскохозяйственной продукции является высокая изменчивость её физических свойств, чувствительность к условиям хранения и транспортировки, а также ограниченность сроков годности. В таких условиях традиционные подходы, основанные на периодическом ручном мониторинге и анализе агрегированных данных, оказываются недостаточными. IoT-устройства обеспечивают непрерывный сбор информации о температуре, влажности, уровне освещённости, вибрации, скорости воздушного потока и других параметрах, критически влияющих на сохранность груза. Передача данных в режиме реального времени позволяет формировать цифровой профиль каждой партии продукции и отслеживать динамику её состояния на всех этапах логистического цикла.

Интеграция IoT с нейросетевыми моделями прогнозирования обеспечивает значительное повышение точности планирования запасов. Алгоритмы машинного обучения способны учитывать сезонность, колебания потребительского спроса, динамику цен, погодные условия и состояние товара внутри цепочки поставок [3]. На основе анализа больших массивов данных формируются предиктивные модели, позволяющие заранее выявлять риски порчи, дефицита или избыточных запасов. Это способствует оптимизации логистических маршрутов, снижению операционных издержек, улучшению распределения ресурсов и сокращению потерь, связанных с несвоевременной реализацией скоропортящейся продукции.

В свою очередь IoT-технологии позволяют повысить прозрачность логистических процессов путем использования сенсорных систем и RFID-меткам, где предприятие получает возможность отслеживать движение каждой единицы продукции в реальном времени, что может быть особенно полезно при работе с сельскохозяйственными грузами, чувствительными к колебаниям

температуры. Подобные инструменты повышают уровень доверия и качество работы между производителями, логистическими операторами и торговыми сетями, формируя единое информационное пространство. Технологии интернет вещей способствуют развитию новых моделей логистических услуг, где провайдеры технологических решений могут предоставлять предприятиям АПК комплекс сервисов, включающих мониторинг условий транспортировки, аналитическую обработку данных и оценку эффективности логистических процессов [4].

Важным аспектом цифровизации логистики является обеспечение кибербезопасности, поскольку многочисленные IoT-датчики и автоматизированные узлы образуют сложную распределённую инфраструктуру, уязвимую к киберугрозам. Для защиты данных и предотвращения несанкционированного доступа внедряются протоколы шифрования, многоуровневая аутентификация устройств, распределённые системы хранения данных и методы интеллектуального обнаружения аномалий. Повышение защищённости цифровых систем становится обязательным условием для успешной интеграции IoT-решений в логистику АПК.

Для обеспечения системного подхода к цифровой трансформации логистики в агропромышленном комплексе целесообразно рассматривать IoT-технологии не как изолированные решения, а как составные элементы единой сквозной цифровой архитектуры. На каждом этапе логистической цепочки от производства до дистрибуции и аналитики определённые виды сенсорных устройств, платформ и аналитических инструментов могут существенно повысить эффективность процессов, прозрачность поставок и точность управления запасами. Структурированное представление таких возможностей и сопутствующих эффектов внедрения отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Возможности и эффекты внедрения IoT-технологий на этапах логистической цепи АПК

Ключевые этапы логистики АПК	Возможности внедрения IoT	Эффект от внедрения IoT
Производство и первичная обработка	<ul style="list-style-type: none"> <li>– датчики влажности и зрелости на полях;</li> <li>– датчики температуры для быстрой оценки качества сырья;</li> <li>– GPS-трекинг техники;</li> <li>– камера-комбайны с алгоритмами для оценки состояния плодов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение потерь при уборке;</li> <li>– оптимизация подачи сырья на переработку.</li> </ul>
Хранение на производственных площадках	<ul style="list-style-type: none"> <li>– датчики температуры, CO<sub>2</sub>, влажности, газового состава;</li> <li>– контроль вентиляции и состояния холодильного оборудования;</li> <li>– автоматические оповещения при критических отклонениях.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– продление срока хранения;</li> <li>– раннее выявление риска порчи;</li> <li>– экономия энергии (умное управление техникой).</li> </ul>
Складская логистика и управление запасами	<ul style="list-style-type: none"> <li>– RFID-метки / QR-метки с датчиками температуры;</li> <li>– умные стеллажи с автоматическим учётом;</li> <li>– сенсоры вибрации и плотности загрузки;</li> <li>– автоматизация FEFO — “First Expired — First Out”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение ошибок при отборе партий;</li> <li>– исключение просроченной продукции;</li> <li>– точная аналитика по оборачиваемости.</li> </ul>
Транспортировка	<ul style="list-style-type: none"> <li>– телематика транспорта;</li> <li>– датчики температуры, влажности, ударов;</li> <li>– GPS-контроль маршрутов в реальном времени;</li> <li>– умные пломбы (контроль вскрытия).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– контроль целостности цепи поставок;</li> <li>– снижение нарушений температурного режима (главная причина порчи);</li> <li>– снижение потерь при транспортировке.</li> </ul>
Дистрибуция и взаимодействие с торговыми сетями	<ul style="list-style-type: none"> <li>– автоматическая проверка условий хранения с момента отгрузки;</li> <li>– отслеживание времени нахождения товара на каждой стадии;</li> <li>– контроль перехода права собственности (через блокчейн-системы).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение прозрачности;</li> <li>– возможность динамического ценообразования (динамика срока годности).</li> </ul>
Предиктивная аналитика	<ul style="list-style-type: none"> <li>– интеграция IoT-данных с нейросетевыми моделями (LSTM, GRU);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение издержек на закупки;</li> </ul>

управление спросом	<ul style="list-style-type: none"><li>- прогноз порчи;</li><li>- прогноз потребления;</li><li>- создание цифровых двойников складов.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- повышение точности прогноза запасов;</li><li>- сокращение избыточных запасов и неликвида.</li></ul>
--------------------	--	---

*Примечание.* Составлено авторами по результатам исследования.

Однако в настоящее время главными препятствиями для внедрения цифровых решений в деятельность предприятий АПК являются высокая стоимость программного обеспечения, недостаток ИТ-специалистов, обладающих достаточной квалификацией, сложность интеграции и недостаток отраслевых решений.

Перспективы развития интеллектуальной логистики тесно связаны с созданием цифровых двойников и виртуальных моделей складских и транспортных систем, которые используют сенсорные данные для симуляции процессов в реальном времени, что в перспективе позволяет рассматривать и тестировать возможные альтернативные решения и выбирать наиболее подходящие маршруты путем прогнозирования нагрузки на слад, моделированием изменения условий хранений [5]. Основываясь на этом, можно сказать о том, что цифровые двойники создают основу для внедрения автономных систем управления логистикой, способных поддерживать процесс принятия решения на основе анализа данных, минимизируя влияние человеческого фактора на этапе сбора, анализа и работы с данными.

В заключение хотелось бы сказать о том, что интеграция технологии интернет вещей в логистические процессы, в том числе и в предприятия, входящих в АПК представляет возможность стратегически важного направление цифровой трансформации отрасли, так как интеллектуальные логистические системы формируют сквозную цифровую среду, объединяющую мониторинг, прогнозирование и управление запасами.

Техническое решение обеспечивают сокращение потерь, повышение эффективности цепочек поставок, улучшение качества управления товарными потоками и укрепление продовольственной безопасности, то есть комплексные

цифровые инструменты создают условия для формирования устойчивых логистических систем нового поколения, способных адаптироваться к изменениям рынка и внешней среды.

### **Библиографический список**

1. Тренды цифровизации АПК 2025 / ООО «Группа компаний «КОРУС Консалтинг» (дата обращения 28.11.2025)
2. Создание математического двойника цепей поставок для масложирового бизнеса «Русагро» [Электронный ресурс]. Lamacon. 15.05.2023. URL: <https://lamacon.ru/projects/rusagro/> (дата обращения: 01.12.2025).
3. Копнин, А. А. Возможности интеграция технологий интернет вещей и искусственного интеллекта / А. А. Копнин // Наука и практика регионов. – 2023. – № 4(33). – С. 74-77. – EDN KDVULB.
4. Шумакова, О. В. Цифровая трансформация логистики АПК в условиях институциональных барьеров: региональный кейс и международные ориентиры / О. В. Шумакова, А. А. Дегенгардт // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 170-184. – DOI 10.57015/issn1998-5320.2025.19.3.16. – EDN KILASX
5. Применение нейронных сетей и компьютерного зрения для оценки качества тыквы: обзор мировых тенденций и технологий / В. Н. Аббазова, А. А. Копнин, М. Н. Школьникова, Е. Д. Рожнов // Дневник науки. – 2024. – № 12(96). – EDN YOQJBM.