

**УДК 656.09****Роль интернета вещей в цифровой трансформации логистики  
нефтехимических предприятий****Бухалкин Данила Дмитриевич**

Аспирант кафедры логистики и маркетинга,  
Волжский государственный университет водного транспорта,  
603005, Российской Федерации, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5;  
e-mail: danilabukhalkin@yandex.ru

**Костров Владимир Николаевич**

Доктор экономических наук, профессор,  
заведующий кафедрой логистики и маркетинга,  
Волжский государственный университет водного транспорта,  
603005, Российской Федерации, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5;  
e-mail: vnkostrov@yandex.ru

**Чеботарев Владислав Стефанович**

Доктор экономических наук, профессор,  
главный научный сотрудник кафедры экономики и менеджмента,  
Волжский государственный университет водного транспорта,  
603005, Российской Федерации, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5;  
e-mail: vschebotarev@rambler.ru

**Аннотация**

В статье проведен анализ развития концепции и технологий интернета вещей и их влияния на эффективность нефтехимических предприятий, в частности, их цепей поставок. Особое внимание уделено влиянию интернета вещей на эффективность, прозрачность и безопасность логистических процессов. Внедрение интернета вещей позволяет предприятиям отслеживать грузы и транспортные средства и корректировать маршруты поставок в реальном времени, а также контролировать условия перевозки. Технологии промышленного интернета вещей позволяют проводить предиктивное обслуживание оборудования, предотвращая поломки и сокращая время внеплановых остановов. Рассмотрена интеграция интернета вещей с системами управления транспортом и складскими системами. Такая интеграция позволяет автоматизировать процессы управления грузоперевозками и складскими операциями, минимизируя ошибки и повышая общую эффективность. В статье также приводятся примеры использования технологий радиочастотной идентификации и GPS-трекеров для отслеживания товаров и транспортных средств и управления запасами. Приводятся примеры успешного внедрения интернета вещей в крупных международных компаниях. Рассмотрены сложности, связанные с внедрением интернета вещей на предприятиях нефтехимического сектора. Отмечается, что несмотря на определенные сложности, связанные с внедрением интернета

вещей на предприятиях, эти технологии являются ключевым элементом при автоматизации процессов.

#### Для цитирования в научных исследованиях

Бухалкин Д.Д., Костров В.Н., Чеботарев В.С. Роль интернета вещей в цифровой трансформации логистики нефтехимических предприятий // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 9А. С. 448-460.

#### Ключевые слова

Интернет вещей, IoT, Промышленный интернет вещей, IIoT, цифровизация, логистика, Системы управления транспортом (TMS), Системы управления складом (WMS).

## Введение

В современном глобализированном мире повышение эффективности производственных процессов становится чрезвычайно важной задачей. Одним из ключевых способов достижения этой цели является цифровизация и автоматизация производств. Интернет вещей (Internet of Things - **IoT**) выступает важным элементом цифровизации, предоставляя возможности для автоматизации и оптимизации различных процессов.

Внедрение IoT позволяет в реальном времени отслеживать грузы и транспортные средства, оптимизировать маршруты транспортировки, контролировать условия перевозки, автоматизировать управление запасами и предиктивно обслуживать оборудование тем самым значительно повышая эффективность и безопасность логистических операций.

Внедрение IoT в нефтехимической отрасли особенно актуально, поскольку оно существенно повышает эффективность, безопасность и надежность производственных и логистических процессов. Например, с помощью датчиков IoT можно в режиме реального времени отслеживать состояние оборудования, что позволяет своевременно определять степень износа и неисправности и проводить предиктивное техническое обслуживание, предотвращая простои и аварийные ситуации.

При транспортировке опасных веществ, характерных для нефтехимической промышленности, IoT играет ключевую роль в обеспечении безопасности. Датчики, установленные на цистернах и контейнерах, отслеживают различные параметры, например давление, температуру и уровень вибраций. В случае отклонений от норм они автоматически отправляют предупреждения операторам.

Тем не менее, внедрение IoT в нефтехимических предприятия сопряжено с рядом сложностей, в том числе высокие первоначальные затраты на внедрение и модернизацию инфраструктуры, а также вопросы кибербезопасности.

Цель данного исследования заключается в изучении влияния IoT на эффективность нефтехимических предприятий и оптимизацию логистических процессов.

Основные задачи исследования:

1. Проанализировать эволюцию концепции IoT и сформировать перечень основных элементов, составляющих IoT;
2. Оценить потенциал применения IoT в логистике и определить наиболее эффективные применения;
3. Определить потенциал применения IoT на предприятиях нефтехимического комплекса.

## **Развитие концепции Интернета Вещей**

Интернет вещей — это концепция, которая описывает систему взаимосвязанных физических устройств, оснащенных встроенными датчиками, сенсорами и средствами связи. Эти устройства способны собирать, обрабатывать и обмениваться данными через интернет или другие протоколы связи без непосредственного участия человека.

Концепция Интернета Вещей возникла в конце 1990-х годов на пересечении развития информационных технологий, коммуникаций и потребностей бизнеса в автоматизации процессов. Термин "Интернет вещей" был впервые введен в 1999 году британским исследователем Кевином Эштоном, который работал в компании Procter & Gamble и занимался вопросами оптимизации цепей поставок.

Кевин Эштон использовал термин "Интернет вещей" в презентации для руководства компании, предлагая идею использования радиочастотной идентификации (RFID) для автоматического отслеживания товаров в процессе производства и дистрибуции. Он предположил, что, подключив физические объекты к интернету с помощью сенсоров, можно значительно повысить эффективность управления запасами и сократить влияние человеческого фактора.

Развитие концепции интернета вещей происходило в несколько этапов и продолжается в настоящее время.

### **1. Ранние идеи и предпосылки (1980-е – 1990-е годы)**

Концепция подключения физических объектов к сети начала формироваться в 1980-х годах. Одним из первых примеров стал "умный" кока-кола автомат в Университете Карнеги-Меллона в 1982 году, который был подключен к интернету и мог сообщать о наличии напитков и их температуре. В 1990 году Джон Ромки создал первый интернет-тостер, управляемый через сеть. Эти проекты продемонстрировали потенциал соединения объектов с интернетом, хотя технологии того времени были ограничены.

### **2. Возникновение термина "Интернет вещей" (1999 год)**

### **3. Развитие M2M-коммуникаций (начало 2000-х годов)**

В начале 2000-х годов активно развивались технологии "машина-машина" (M2M), которые позволяли устройствам общаться друг с другом через проводные и беспроводные сети. Эти решения применялись в энергетике, промышленности и других отраслях для удаленного мониторинга и управления оборудованием.

### **4. Расширение беспроводных технологий и мобильного интернета (2000-е годы)**

С развитием Wi-Fi, 3G и 4G технологий стало возможным подключение большего числа устройств к интернету. Появились первые потребительские IoT-устройства. Беспроводные сети позволили избавиться от необходимости проводного подключения, что упростило развёртывание IoT-решений.

### **5. Появление облачных технологий и больших данных (2010-е годы)**

Развитие облачных вычислений и технологий больших данных дало возможность обрабатывать и хранить огромные объемы информации, поступающей от IoT-устройств. Это позволило создавать более сложные системы аналитики, предиктивного обслуживания и интеллектуального управления процессами. Компании начали использовать данные от IoT для принятия стратегических решений и оптимизации операций.

### **6. Стандартизация и совместимость (середина 2010-х годов)**

Появление общепринятых стандартов и протоколов, таких как MQTT, CoAP и IPv6,

облегчило взаимодействие между устройствами разных производителей. Это способствовало развитию экосистемы IoT и ускорило внедрение технологий в различных отраслях. Стандартизация позволила обеспечить совместимость устройств и повысить безопасность систем.

### **7. Широкое применение в различных отраслях**

IoT начал активно внедряться в различных индустриях, в том числе в:

- Промышленности (Индустрия 4.0) для автоматизации производственных процессов, мониторинга оборудования и оптимизации цепей поставок.
- Здравоохранении в носимых устройствах для мониторинга здоровья, удаленного наблюдения за пациентами, управления медицинским оборудованием.
- Сельском хозяйстве для умного орошения, мониторинга условий выращивания, управления сельхозтехникой.
- Транспорте и логистике для отслеживания грузов, оптимизации маршрутов, управления автопарком.

### **8. Интеграция с искусственным интеллектом и машинным обучением**

Комбинация IoT с технологиями искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения (ML) позволила создавать системы, способные анализировать данные в реальном времени и принимать автономные решения.

### **9. Вызовы безопасности и конфиденциальности**

С ростом числа подключенных устройств возникли новые угрозы кибербезопасности. Уязвимости в IoT-устройствах могли привести к взлому систем и утечке данных. Это стимулировало развитие решений по безопасности, шифрованию данных и аутентификации устройств. Вопросы конфиденциальности стали ключевыми при разработке и внедрении IoT-систем.

### **10. Внедрение 5G и Edge Computing**

Появление сетей 5G с высокой скоростью передачи данных и низкой задержкой открыло новые возможности для IoT. Технология Edge Computing (периферийные вычисления) позволила обрабатывать данные ближе к источнику их возникновения, снижая нагрузку на сеть и ускоряя реакции системы.

### **11. Развитие умных экосистем**

Концепция "умных" экосистем стала центральной в развитии IoT. Умные дома, умные офисы и умные города объединяют различные IoT-устройства и системы для создания более комфортной, эффективной и устойчивой среды. Это включает в себя интеграцию систем управления энергопотреблением, безопасности, коммунальных услуг и транспорта.

Функционирование Интернета Вещей достигается за счет взаимодействия основных элементов, которые можно разделить на несколько основных категории, представленных в Таблице 1.

**Таблица 1 – Основные элементы IoT**

| № | Элемент IoT          | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Устройства и сенсоры | Физические устройства (Things): объекты, подключенные к сети, от бытовых приборов и носимых гаджетов до промышленных машин и транспортных средств.<br>Сенсоры и актуаторы: сенсоры собирают данные об окружающей среде, а актуаторы выполняют действия на основе этой информации. |

| № | Элемент IoT                             | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Средства связи и сети                   | Протоколы связи: технологии передачи данных между устройствами и системами (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN, 4G/5G и др.).<br>Сетевые инфраструктуры: системы, позволяющие устройствам подключаться к интернету или локальным сетям для обмена данными.                |
| 3 | Платформы управления и обработки данных | IoT-платформы: программные решения для объединения устройств, сбора, хранения и анализа данных, а также управления ими.<br>Облачные сервисы: используются для масштабируемого хранения данных и сложной аналитики.                                                       |
| 4 | Аналитика и искусственный интеллект     | Обработка данных: системы для анализа собранных данных, выявления закономерностей и предоставления инсайтов.<br>Машинное обучение и AI: технологии для создания предиктивных моделей и автоматизации принятия решений на основе данных.                                  |
| 5 | Интерфейсы пользователя                 | Приложения и веб-интерфейсы: позволяют пользователям взаимодействовать с IoT-системами, мониторить состояние устройств и управлять ими.<br>API и интеграции: обеспечивают взаимодействие с другими системами и сервисами, расширяя функциональность IoT-решений.         |
| 6 | Стандарты и протоколы                   | Коммуникационные протоколы: MQTT, CoAP, AMQP и другие, оптимизированные для передачи данных в условиях ограниченных ресурсов.<br>Стандарты совместимости: обеспечивают интероперабельность устройств разных производителей и упрощают интеграцию в существующие системы. |
| 7 | Управление устройствами                 | Device Management: инструменты для регистрации, настройки, мониторинга и удаленного обновления устройств.<br>Обновление прошивки по воздуху (FOTA): позволяет обновлять программное обеспечение устройств без физического доступа.                                       |
| 8 | Энергопитание и автономность            | Энергоэффективные решения: использование низкопотребляющих компонентов и технологий для продления времени работы устройств на батареях.<br>Энергосбор (Energy Harvesting): технологии, собирающие энергию из окружающей среды для питания устройств.                     |

В 2023 году число подключенных устройств интернета вещей достигло примерно 16–16,6 миллиардов, что на 15% больше по сравнению с предыдущим годом, согласно данным IoT Analytics. Ожидается, что к 2030 году это количество вырастет до 39,9 миллиарда устройств.

Мировой рынок IoT в 2023 году оценивается в диапазоне от 269 до 595,73 миллиарда долларов, в зависимости от источника. Прогнозы указывают на дальнейший рост рынка, который может достигнуть 3,152 триллиона долларов к 2033 году при среднем годовом темпе роста (CAGR) от 21% до 24,3%.

### Интернет вещей в логистике

Интернет вещей радикально меняет облик логистической отрасли, предлагая инновационные решения для повышения эффективности и прозрачности цепочек поставок. Подключенные устройства и сенсоры позволяют компаниям в режиме реального времени отслеживать местоположение грузов, контролировать условия их перевозки и оперативно реагировать на отклонения от заданных параметров.

Одним из ключевых преимуществ IoT в логистике является оптимизация маршрутов и снижение операционных затрат. Интеллектуальные системы анализа данных обрабатывают информацию о дорожной обстановке, погодных условиях и загруженности транспортных средств, позволяя выбирать наиболее эффективные пути доставки. Это не только сокращает время в пути и расход топлива, но и уменьшает углеродный след компании.

Кроме того, IoT устройства способствуют повышению безопасности и надежности логистических операций. Предиктивная аналитика на основе данных с сенсоров может предсказывать технические неисправности оборудования, для проведения своевременного обслуживания и устранения рисков внеплановых остановов. Системы мониторинга помогают предотвращать кражи и потери грузов, обеспечивая сохранность товаров на всех этапах транспортировки.

Внедрение интернета вещей также улучшает взаимодействие с клиентами. Предоставляя точную информацию о статусе заказов и времени доставки, компании повышают уровень сервиса и удовлетворенность потребителей. В условиях растущей конкуренции и глобальных вызовов, использование IoT становится неотъемлемым элементом современной логистики, способствуя созданию более гибких и адаптивных цепей поставок.

Применение технологий Интернета вещей в логистике охватывает несколько ключевых направлений:

### **1. Интеграция IoT с системами управления транспортом (TMS)**

Системы управления транспортом (Transportation Management System, **TMS**) предназначены для планирования, исполнения и оптимизации всех этапов доставки товаров. Интеграция IoT с TMS значительно повышает точность и эффективность этих процессов:

- Мониторинг и оптимизация маршрутов в реальном времени: GPS-трекеры, интегрированные с TMS, позволяют отслеживать местоположение транспортных средств в реальном времени. Это позволяет операторам планировать маршруты с учетом дорожных условий, пробок и изменений в графике доставки.
- Контроль состояния транспортных средств: Датчики IoT могут отслеживать состояние транспортных средств (например, уровень топлива, давление в шинах, состояние двигателя). Интеграция этих данных с TMS позволяет компаниям заранее планировать техническое обслуживание и предотвращать возможные поломки, что снижает время простоя и увеличивает эффективность парка автомобилей. Примером может быть использование решений на базе IoT в компании Volvo, которая интегрировала мониторинг состояния своих грузовиков с системой управления транспортом для более эффективного управления парком.
- Управление грузами: IoT-сенсоры, интегрированные с TMS, отслеживают условия перевозки грузов, например температуру, влажность и уровень вибраций. Эти параметры могут быть важны при транспортировке скоропортящихся товаров или опасных грузов.

Компании UPS и DHL используют IoT и GPS-трекеры для оптимизации своих логистических процессов, отслеживая транспортные средства в реальном времени и улучшая маршруты доставки. Это позволяет сократить время доставки, повысить точность прогнозов прибытия посылок и снизить затраты на топливо. Также GPS-технологии помогают контролировать состояние автомобилей, что снижает риск поломок, и обеспечивают безопасность грузов за счет мониторинга отклонений от маршрута. Важным аспектом является и снижение выбросов CO<sub>2</sub> благодаря улучшенной организации логистики.

### **2. Интеграция IoT с системами управления складом (WMS)**

Системы управления складом (Warehouse Management Systems, **WMS**) играют важную роль в контроле за перемещением товаров внутри склада и управлении складскими операциями. Интеграция IoT с WMS обеспечивает автоматизацию и повышение точности этих процессов:

- Автоматизация инвентаризации: Метки радиочастотной идентификации (Radio Frequency Identification, RFID) и датчики IoT, размещенные на товарах или контейнерах, интегрируются с WMS для автоматического отслеживания запасов. Это позволяет

автоматически обновлять данные о наличии товаров на складе, минимизируя ошибки, связанные с ручным учетом.

- Оптимизация размещения товаров на складе: IoT-устройства, такие как сенсоры и RFID-метки, могут отслеживать движение товаров внутри склада и передавать данные в WMS. На основе этих данных система автоматически оптимизирует размещение товаров для минимизации времени обработки заказов и улучшения доступности востребованных товаров. Например, компании с крупными логистическими центрами, такие как Walmart, используют IoT и WMS для оптимизации размещения товаров и управления запасами в режиме реального времени.
- Управление складским оборудованием: Датчики IoT, установленные на складской технике (погрузчиках, конвейерах), могут отслеживать частоту их использования и состояние. Интеграция этих данных с WMS помогает компаниям планировать обслуживание техники, избегать простоев и повышать общую производительность складских операций.

Amazon активно использует технологии IoT, включая RFID-метки, при управлении складскими и логистическими операциями. RFID-метки позволяют автоматизировать отслеживание товаров на складах, для ускорения процессов инвентаризации и снижения вероятности ошибок при обработке заказов. Кроме того, RFID-метки помогают ускорить процессы упаковки и отправки товаров.

Крупные международные компании, такие как DHL, UPS, Maersk и Amazon, являются примером успешной интеграции IoT с системами управления транспортом и складом. Такая интеграция позволяет компаниям повышать эффективность логистических операций, снижать издержки и улучшать качество обслуживания клиентов.

### **Использование Интернета вещей на нефтехимических предприятиях**

Технологии Промышленного Интернета вещей (Industrial Internet of Things - **IIoT**) играют важнейшую роль в трансформации нефтехимической промышленности, поддерживая цифровизацию производственных процессов и способствуя внедрению концепции Индустрии 4.0. Они позволяют интегрировать физические и цифровые системы, создавая единую сеть, которая объединяет оборудование, датчики и процессы для более эффективного управления и мониторинга.

Внедрение IIoT предоставляет предприятиям возможность собирать и анализировать большие объемы данных, что способствует улучшению контроля за операциями, повышению производительности и снижению издержек за счет автоматизации и оптимизации использования оборудования и ресурсов.

IIoT повышает качество и обоснованность принимаемых решений, так как информация с производства оперативно поступает в центры принятия решений, что позволяет быстрее реагировать на изменения в процессах и предсказывать потенциальные проблемы.

Внедрение IIoT открывает возможности для создания киберфизических систем (Cyber-Physical System - **CPS**), которые усиливают взаимосвязь между физическим и цифровым мирами, обеспечивая более высокий уровень автоматизации.

Киберфизические системы представляют собой интегрированные решения, которые связывают физический и цифровой миры через сеть датчиков, устройств и программного обеспечения, что позволяет автоматизировать управление производственными процессами и

оптимизировать их взаимодействие в реальном времени. В нефтехимических компаниях CPS оказывают значительное влияние на работу, помогая повысить операционную эффективность за счет автоматизации процессов.

Важным элементом CPS являются IISE (Industrial Intelligent Sensing Ecosystem). CPS интегрируют физические объекты, процессы и системы с цифровыми технологиями для создания единой сети, которая позволяет управлять производственными процессами в реальном времени. IISE служит источником данных для CPS, обеспечивая бесперебойный поток информации с сенсоров и устройств, которые находятся в непосредственной близости к производственным процессам. Эти данные используются для формирования цифровых моделей производственных систем, что делает возможным их постоянное обновление и адаптацию под текущие условия.

IISE представляет собой экосистему, ориентированную на эффективное управление данными, поступающими от разнородных сенсоров на крупных промышленных предприятиях. Основная цель IISE — интеграция разнообразных сенсорных сетей и систем для мониторинга, управления производственными процессами и обеспечения безопасности сотрудников.

IISE включает в себя технологии краудсенсинга, когда данные собираются не только со стационарных сенсоров, но и с мобильных устройств, которые могут носить сотрудники, например умных шлемов и других носимых гаджетов. Эти устройства могут отслеживать физические параметры рабочей среды, включая уровни токсичных газов, шум или температуру.

Нефтехимические предприятия сталкиваются с множеством логистических вызовов, особенно связанных с транспортировкой опасных грузов. Транспортировка таких грузов требует строгого соблюдения стандартов безопасности на каждом этапе — от погрузки до конечной дистрибуции.

Логистика в нефтехимической промышленности играет ключевую роль в создании добавленной стоимости за счет оптимизации поставок и снижения затрат. Эффективная логистика позволяет сократить время от добычи нефти и газа до переработки и конечной дистрибуции продуктов, что уменьшает операционные издержки и увеличивает прибыль компании. Эффективные цепи поставок способствуют повышению уровня сервиса, предоставляемого потребителю за счет обеспечения своевременных поставок и высокого качества продукции.

Внедрение технологий Интернета вещей (IoT) и киберфизических систем (CPS) на нефтехимических предприятиях также оказывает положительное влияние на логистические процессы и процессы управления цепями поставок. Эффекты от подобного внедрения аналогичны другим отраслям и описаны ранее.

## **Вызовы и ограничения внедрения при внедрении IIoT**

Внедрение IIoT на нефтехимических предприятиях сталкивается с рядом сложностей и ограничений, которые важно учитывать при реализации таких изменений. Одной из основных проблем является эксплуатация IIoT-устройств в сложных климатических условиях. Датчики IIoT, предназначенные для работы в сложных климатических условиях, должны соответствовать международным и отраслевым стандартам, обеспечивающим надежную работу в условиях повышенных температур, высокой влажности, коррозионно-активных агентов и вибрации, что увеличивает стоимость устройств и капитальные затраты на внедрение технологий IIoT.

Еще одним значительным вызовом является обеспечение надежности сетевой

инфраструктуры. Для эффективной работы ПоТ-устройств и сбора данных в режиме реального времени необходима стабильная сеть передачи данных. На нефтехимических предприятиях, часто расположенных на большом удалении от городов и крупных населенных пунктов, может возникать проблема с обеспечением стабильного подключения. Нестабильность сетей или их полное отсутствие может привести к потере данных или задержкам при принятии решений, создающим дополнительные риски для бизнеса.

Обеспечение кибербезопасности также является одной из ключевых проблем при создании ПоТ инфраструктуры. Поскольку IoT-устройства подключаются к сети и обрабатывают данные в режиме реального времени, они становятся потенциальной целью для кибератак. В нефтехимической отрасли, где возможные сбои или утечки могут привести к серьезным последствиям, обеспечение безопасности данных и устройств становится критически важным аспектом, а защита от несанкционированного доступа и внедрение надежных протоколов безопасности являются обязательными мерами.

Интеграция ПоТ с существующими системами управления также является сложной задачей. Нефтехимические предприятия используют комплексные системы управления технологическими процессами и интеграция новых ПоТ-решений требует значительных ресурсов для обеспечения совместимости. Это тормозит процесс цифровизации, так как интеграция требует времени на разработку, настройку и тестирование новых решений в уже существующей инфраструктуре.

Более полный перечень проблем, связанных с внедрением ПоТ на промышленных предприятиях приведен в Таблице 2.

**Таблица 2 – Проблемы, возникающие при внедрении ПоТ**

| <b>Категория</b>                       | <b>Проблема</b>                        | <b>Описание</b>                                                                                                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Технические проблемы                   | Интеграция с устаревшими системами     | Трудности, связанные с совместимостью новых ПоТ устройств с существующим оборудованием и системами созданными ранее.             |
|                                        | Совместимость и стандартизация         | Необходимость применения единого стандарта связи и протоколов обмена информацией для интеграции устройств разных производителей. |
|                                        | Инфраструктурные ограничения           | Недостаточное развитие сетевой инфраструктуры, особенно в удаленных районах расположения предприятий.                            |
|                                        | Надежность и отказоустойчивость систем | Требования к высокой надежности оборудования из-за экстремальных условий окружающей среды и рисков для безопасности.             |
|                                        | Техническое обслуживание и поддержка   | Повышенные эксплуатационные расходы из-за необходимости постоянного обслуживания и обновления устройств.                         |
| Кибербезопасность и конфиденциальность | Кибербезопасность                      | Увеличение потенциальных точек входа для кибератак из-за расширения сети подключенных устройств.                                 |
|                                        | Конфиденциальность                     | Необходимость защиты чувствительных производственных данных                                                                      |
| Управление данными                     | Большие данные                         | Генерация больших объемов данных, требующих эффективных методов хранения, обработки и анализа.                                   |
|                                        | Инфраструктура для обработки данных    | Ограничения в существующей ИТ-инфраструктуре и создание новых мощностей для обработки данных.                                    |
| Финансовые проблемы                    | Высокие первоначальные затраты         | Значительные инвестиции в оборудование, программное обеспечение и обучение персонала.                                            |
|                                        | Оценка эффективности инвестиций        | Трудности в количественной оценке преимуществ и возврата инвестиций от внедрения ПоТ.                                            |

| Категория                             | Проблема                                    | Описание                                                                                                                              |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кадровые и организационные проблемы   | Недостаток квалифицированного персонала     | Нехватка специалистов, разбирающихся в ИИТ и специфике нефтехимических процессов.                                                     |
|                                       | Сопротивление изменениям внутри организации | Опасения сотрудников по поводу усложнения рабочих процессов или потери рабочих мест.                                                  |
| Регуляторные и нормативные требования | Регуляторные требования и стандарты         | Строгие отраслевые стандарты и нормативные акты, ограничивающие внедрение новых технологий или требующие дополнительной сертификации. |

## Заключение

Концепция интернета вещей начала зарождаться в 1980-х годах к настоящему времени прошла существенный путь развития и нашла применение в самых различных отраслях и устройствах. Число подключенных IoT устройств на сегодняшний день составляет более 16 миллиардов и стремительно растет.

Технологии интернета вещей оказали значительное влияние на современный облик логистики и на развитие и внедрение концепции Индустрия 4.0. Внедрение технологий Интернета вещей является ключевым шагом на пути к цифровой трансформации и повышению эффективности операционных процессов.

Интеграция IoT с системами управления транспортом и складами позволяет автоматизировать процессы планирования и контроля на всех этапах цепи поставок. Использование предиктивной аналитики на основе данных с IoT-устройств обеспечивает возможность своевременного технического обслуживания оборудования и предотвращения его неисправностей минимизируя риск аварий и издержки на эксплуатацию.

Тем не менее внедрение IoT сопряжено с рядом вызовов, таких как высокая стоимость внедрения и необходимость модернизации инфраструктуры. Важнейшей проблемой также является кибербезопасность.

Несмотря на эти вызовы, перспективы использования IoT многообещающи. Развитие технологий 5G и облачных платформ значительно расширит возможности IoT, обеспечив высокую скорость передачи данных и мгновенную реакцию систем в режиме реального времени. В будущем, с внедрением искусственного интеллекта и машинного обучения, предприятия смогут не только прогнозировать и предотвращать проблемы, но и автоматизировать большинство процессов, создавая высокоэффективные, автономные цепи поставок.

Таким образом, предприятия, активно внедряющие IoT, получают значительные конкурентные преимущества за счет оптимизации операционных расходов, повышения качества обслуживания клиентов и минимизации рисков.

## Библиография

1. Artamonova M. Y. and others. DIGITALIZATION OF CONTAINER TRANSPORT BY RAIL AS A NEW STAGE OF LOGISTICS DEVELOPMENT IN RUSSIA / M. Y. Artamonova, D. A. Zemlyankin // Russian Journal of Water Transport. – 2020. – № 65. – Pp. 89-99
2. Buhulaiga E. A. and others. Delivering on Industry 4.0 in a multinational petrochemical company: Design and execution / E. A. Buhulaiga, A. Telukdarie, S. J. Ramsangar // 2019 International Conference on Fourth Industrial Revolution (ICFIR). – IEEE, 2019. – Pp. 1-6

3. Domnina O. L. and others. Current state, problems and main directions of logistics development in water transport / O. L. Domnina, V. N. Kostrov, A. O. Nichiporuk // Russian Journal of Water Transport. – 2023. – № 76. – Pp. 141-165
4. Gancherenok I. I. and others. Problems of digitalization of inland water transport / I. I. Gancherenok, N. N. Gorbachev, A. O. Nichiporuk et al. // Russian Journal of Water Transport. – 2022. – № 70. – Pp. 110-124
5. Kalaivani C. and others. Application Of Internet Of Things (Iot) In Logistics Industry / C. Kalaivani, D. G. Indhumathi // International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR) www.ijrar.org. – 2018. – Vol. 114. – № 3. – Pp. 114-118
6. Liu C. and others. Application of the Internet of Things Technology in Explosive Dangerous Goods Transport / C. Liu, Y. D. Li, S. W. Ji // Applied Mechanics and Materials. – 2012. – Vols. 178-181. – Pp. 1725-1728
7. LOPES Y. M. and others. THE ROLE OF IoT IN THE RELATIONSHIP BETWEEN STRATEGIC LOGISTICS MANAGEMENT AND OPERATIONAL PERFORMANCE / Y. M. LOPES, R. G. MOORI // RAM. Revista de Administração Mackenzie. – 2021. – Vol. 22. – № 3
8. Panchal A. C. and others. Security Issues in IIoT: A Comprehensive Survey of Attacks on IIoT and Its Countermeasures / A. C. Panchal, V. M. Khadse, P. N. Mahalle // 2018 IEEE Global Conference on Wireless Computing and Networking (GCWCN). – IEEE, 2018. – Pp. 124-130
9. Rose K., Eldridge S., Chapin L. The internet of things: An overview // The internet society (ISOC). – 2015. – T. 80. – № 15. – C. 1-53.
10. Sengupta J. and others. A Comprehensive Survey on Attacks, Security Issues and Blockchain Solutions for IoT and IIoT / J. Sengupta, S. Ruj, S. Das Bit // Journal of Network and Computer Applications. – 2020. – Vol. 149. – P. 102481
11. Shu L. and others. Challenges and Research Issues of Data Management in IoT for Large-Scale Petrochemical Plants / L. Shu, M. Mukherjee, M. Pecht et al. // IEEE Systems Journal. – 2018. – Vol. 12. – № 3. – Pp. 2509-2523
12. Song Y. and others. Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey / Y. Song, F. R. Yu, L. Zhou et al. // IEEE Internet of Things Journal. – 2021. – Vol. 8. – № 6. – Pp. 4250-4274
13. Tran-Dang H. and others. The Internet of Things for Logistics: Perspectives, Application Review, and Challenges / H. Tran-Dang, N. Krommenacker, P. Charpentier, D.-S. Kim // IETE Technical Review. – 2022. – Vol. 39. – № 1. – Pp. 93-121
14. Yu X. and others. A Survey on IIoT Security / X. Yu, H. Guo // 2019 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS). – IEEE, 2019. – Pp. 1-5
15. Алексеев, А. Е. Применение ИОТ на водном транспорте / А. Е. Алексеев, Д. Д. Ключникова, И. В. Ли // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2021) : Материалы XII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции, Санкт-Петербург, 27–29 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Региональная общественная организация "Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления", 2021. – С. 247-249. – EDN SSJFDR.
16. Кокин, А. Д. Искусственный интеллект в помощь человеку / А. Д. Кокин, Л. С. Скорюпина // Транспорт: проблемы, цели, перспективы (транспорт 2020) : МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Пермь, 15 февраля 2020 года / Под редакцией Е.В. Чабановой. – Пермь: Пермский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Волжский государственный университет водного транспорта", 2020. – С. 33-37. – EDN OYQISH.
17. Костров, В. Н. Цифровые технологии, их использование в транспортно-логистической сфере / В. Н. Костров, Ю. Д. Белов, А. А. Хохлов // Современные проблемы логистики, экономики, управления в эпоху глобальных вызовов : Сборник материалов III Международной заочной научной конференции, Астрахань, 30 ноября 2023 года. – Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич (Издатель: Сорокин Роман Васильевич), 2023. – С. 176-181. – EDN RBD CRZ

## The role of the internet of things in the digital transformation of logistics of petrochemical enterprises

**Danila D. Bukhalkin**

Doctoral student,  
department of logistics and marketing,  
Volga State University of Water Transport,  
603951, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, Russian Federation;  
e-mail: danilabukhalkin@yandex.ru

**Vladimir N. Kostrov**

Doctor of Economics, Professor,  
Head of Department,  
Volga State University of Water Transport,  
603951, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, Russian Federation;  
e-mail: vnkostrov@yandex.ru

**Vladislav S. Chebotarev**

Doctor of economic sciences, professor,  
chief scientist of the department of economics and management,  
Volga State University of Water Transport,  
603951, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, Russian Federation;  
e-mail: vschebotarev@rambler.ru

**Abstract**

The article analyzes the development of the concept and technologies of the Internet of Things (IoT) and their impact on the efficiency of petrochemical enterprises, particularly their supply chains. Special attention is paid to the influence of IoT on the efficiency, transparency, and security of logistics processes. The implementation of IoT allows enterprises to track cargo and vehicles, adjust supply routes in real time, and control transportation conditions. Industrial IoT technologies enable predictive maintenance of equipment, preventing breakdowns and reducing unplanned downtime. The integration of IoT with transportation management and warehouse systems is considered. Such integration allows for the automation of freight management and warehouse operations, minimizing errors and increasing overall efficiency. The article also provides examples of using radio-frequency identification (RFID) technologies and GPS trackers for tracking goods and vehicles and managing inventories. Examples of successful IoT implementation in large international companies are given. The challenges associated with implementing IoT in petrochemical sector enterprises are examined. It is noted that despite certain difficulties related to the adoption of IoT in enterprises, these technologies are a key element in process automation.

**For citation**

Bukhalkin D.D., Kostrov V.N., Chebotarev V.S. (2024) Rol' interneta veshchei v tsifrovoi transformatsii logistiki neftekhimicheskikh predpriyatii [The role of the internet of things in the digital transformation of logistics of petrochemical enterprises]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (9A), pp. 448-460.

**Keywords**

Internet of Things, IoT, Industrial IoT, IIoT, digitalization, logistics, Transportation Management Systems (TMS), Warehouse Management Systems (WMS).

**References**

1. Artamonova, M.Y. and Zemlyankin, D.A. (2020), "DIGITALIZATION OF CONTAINER TRANSPORT BY RAIL AS A NEW STAGE OF LOGISTICS DEVELOPMENT IN RUSSIA", *Russian Journal of Water Transport*, No. 65, pp. 89–99, doi: 10.37890/jwt.vi65.131.

2. Buhulaiga, E.A., Telukdarie, A. and Ramsangar, S.J. (2019), "Delivering on Industry 4.0 in a multinational petrochemical company: Design and execution", 2019 International Conference on Fourth Industrial Revolution (ICFIR), IEEE, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICFIR.2019.8894790.
3. Domnina, O.L., Kostrov, V.N. and Nichiporuk, A.O. (2023), "Current state, problems and main directions of logistics development in water transport", Russian Journal of Water Transport, No. 76, pp. 141–165, doi: 10.37890/jwt.vi76.368.
4. Gancherenok, I.I., Gorbachev, N.N., Nichiporuk, A.O., Shumovskaya, N.E. and Kharchenko, O.A. (2022), "Problems of digitalization of inland water transport", Russian Journal of Water Transport, No. 70, pp. 110–124, doi: 10.37890/jwt.vi70.233.
5. Kalaivani, C. and Indhumathi, D.G. (2018), "Application Of Internet Of Things (Iot) In Logistics Industry", International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR) Wwww.Ijrar.Org, Vol. 114 No. 3, pp. 114–118.
6. Liu, C., Li, Y.D. and Ji, S.W. (2012), "Application of the Internet of Things Technology in Explosive Dangerous Goods Transport", Applied Mechanics and Materials, Vol. 178–181, pp. 1725–1728, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.178-181.1725.
7. LOPES, Y.M. and MOORI, R.G. (2021), "THE ROLE OF IoT IN THE RELATIONSHIP BETWEEN STRATEGIC LOGISTICS MANAGEMENT AND OPERATIONAL PERFORMANCE", RAM. Revista de Administração Mackenzie, Vol. 22 No. 3, doi: 10.1590/1678-6971/eramr210032.
8. Panchal, A.C., Khadse, V.M. and Mahalle, P.N. (2018), "Security Issues in IIoT: A Comprehensive Survey of Attacks on IIoT and Its Countermeasures", 2018 IEEE Global Conference on Wireless Computing and Networking (GCWCN), IEEE, pp. 124–130, doi: 10.1109/GCWCN.2018.8668630.
9. Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. The internet society (ISOC), 80(15), 1–53.
10. Sengupta, J., Ruj, S. and Das Bit, S. (2020), "A Comprehensive Survey on Attacks, Security Issues and Blockchain Solutions for IoT and IIoT", Journal of Network and Computer Applications, Vol. 149, p. 102481, doi: 10.1016/j.jnca.2019.102481.
11. Shu, L., Mukherjee, M., Pecht, M., Crespi, N. and Han, S.N. (2018), "Challenges and Research Issues of Data Management in IoT for Large-Scale Petrochemical Plants", IEEE Systems Journal, Vol. 12 No. 3, pp. 2509–2523, doi: 10.1109/JSYST.2017.2700268.
12. Song, Y., Yu, F.R., Zhou, L., Yang, X. and He, Z. (2021), "Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey", IEEE Internet of Things Journal, Vol. 8 No. 6, pp. 4250–4274, doi: 10.1109/JIOT.2020.3034385.
13. Tran-Dang, H., Krommenacker, N., Charpentier, P. and Kim, D.-S. (2022), "The Internet of Things for Logistics: Perspectives, Application Review, and Challenges", IETE Technical Review, Vol. 39 No. 1, pp. 93–121, doi: 10.1080/02564602.2020.1827308.
14. Yu, X. and Guo, H. (2019), "A Survey on IIoT Security", 2019 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS), IEEE, pp. 1–5, doi: 10.1109/VTS-APWCS.2019.8851679.
15. Alekseenkov, A.E., Klyuchnikova, D.D., and Li, I.V. 2021. Application of IoT in water transport. In: XII St. Petersburg Interregional Conference on Information Security of Russian Regions (IBRR-2021), Saint Petersburg, 27-29 November 2021. Saint Petersburg: St. Petersburg Society for Informatics, Computing, Communication Systems, and Control, pp. 247-249. EDN SSJFDR.
16. Kokin, A.D. and Skoryupina, L.S. 2020. Artificial intelligence to help humans. In: E.V. Chabanova, ed. Transport: Problems, Goals, and Perspectives (Transport 2020). Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Perm, 15 February 2020. Perm: Perm Branch of the Volga State University of Water Transport, pp. 33-37. EDN OYQISH.
17. Kostrov, V.N., Belov, Y.D., and Khokhlov, A.A. 2023. Digital technologies and their use in the transport and logistics sector. In: III International Correspondence Scientific Conference on Modern Problems of Logistics, Economics, and Management in the Era of Global Challenges, Astrakhan, 30 November 2023. Astrakhan: Individual Entrepreneur Roman Vasilyevich Sorokin (Publisher: Roman Vasilyevich Sorokin), pp. 176-181. EDN RBD CRZ.