

**РОБОТЫ, РОБОТИЗАЦИЯ, НОВЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
В ЗАРУБЕЖНОЙ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКЕ**Кандидат техн. наук **Тиверовский В.И.**

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук. ВИНТИ РАН)

**ROBOTS, ROBOTIZATION, NEW SYSTEMS AND TECHNOLOGIES
IN OVERSEAS WAREHOUSE LOGISTICS****V.I. Tiverovsky, Ph.D. (Tech.)**

(All-Russian Institute for Scientific and Technical Information. VINITI RAS)

Складская логистика, роботы, коботы. Автоматизация, цифровизация, роботизация. Электронная торговля. Комплектование заказов.

Warehouse logistics, robots, cobots. Automation, digitalization, robotization. Electronic commerce. Order picking.

Представлены некоторые новые типы мобильных роботов и показано их применение в складской логистике. Отмечена эффективность применения на складах коллаборативных роботов. Показан ряд инновационных решений, систем и технологий, используемых в складской логистике за рубежом. Более подробно рассмотрен вопрос об обработке больших объемов данных, которые требуют обработки в реальном времени при автоматизации транспортно-складских работ. Отмечено влияние электронной торговли на развитие логистики.

The paper describes some new types of mobile robots and their application in warehouse logistics. The effectiveness of use of collaborative robots in warehouses is discussed. A number of innovative solutions, systems and technologies used in warehouse logistics abroad are shown. The issue of processing large amounts of data that requires real-time processing in automatic control of transport and warehouse operations is considered in more detail. The influence of e-commerce on development of logistics is highlighted.

Введение

Во времена бума электронной коммерции специалисты по логистике сталкиваются с проблемой удовлетворения растущих ожиданий клиентов в отношении быстрых сроков доставки, несмотря на преобладающую нехватку рабочей силы. Под логистической эффективностью понимается, прежде всего, минимизация времени от принятия заказа в интернет-магазине до доставки посылки со склада. Заказчики предъявляют высокие требования к качеству и точности. Возврат и исправление не только дорого обходятся, но и ставят под угрозу отношения между потребителями и брендами, а также контракты между складами и их покупателями. Поскольку заказы также становятся все более фрагментированными, на складах происходит переход от комплектования коробок к комплектации по частям. Результат - дорогие и трудоемкие процессы.

С целью повышения эффективности складской логистики наряду с цифровизацией и автоматизацией все более широкое применение получают роботы, роботизированные системы и технологии. Дополнительным импульсом роботизации транспортно-складских работ стали требования пандемии коронавируса COVID-19 и его разновидностей, предусматривающие соблюдение специальных гигиенических требований и минимизации производственного персонала. К настоящему времени в зарубежной логистике уже накоплен значительный опыт роботизации транспортно-складских работ.

В связи с этим целесообразно рассмотреть некоторые инновации в области роботизации и создания новых систем и технологий в зарубежной складской логистике.

Новые системы и технологии на складах

Автоматизация и роботизация на складах и в логистических центрах связана с обработкой в реальном времени значительных объемов данных и поэтому требует создания эффективных цифровых систем обработки документации. В этом плане представляет интерес построенный в Шафисхайме (Швейцария) крупнейший логистический комплекс Соор, который состоит из трех основных зданий, некоторые из них на семь этажей ниже уровня земли и столько же над землей. Комплекс Соор сочетает логистический центр и современной хлебопекарное производство. Производство, хранение и распространение грузов, главным образом продовольственных, в значительной степени полностью или частично автоматизированы. Многоярусный склад-холодильник глубокой заморозки имеет высоту 39 м и вмещает более 17 тыс. поддонов, а 6500 ящиков с продуктами по заказам собираются каждый час на этом полностью автоматизированном холодильном складе. На многоярусном складе товаров общего назначения можно хранить до 4500 поддонов.

Текущая документация центра Соор включает более 30 тыс. документов, каждый объемом от одной до тысячи страниц. Все поставщики, участвующие в проекте, с самого начала предоставили цифровую документацию по компонентам или частям системы. При этом был тщательно взвешен баланс между бумажной документацией, решением для управления документами на основе Microsoft SharePoint и специальной цифровой системой документации. Было много веских причин для использования инструмента цифровой документации LiveDok от фирмы Rosberg. Этот инструмент был раз-

работан для документации больших систем в перерабатывающей промышленности, но он также идеально подходит для использования в Соор.

При использовании простых систем управления документами (DMS) и решениях системы SharePoint регистрация и извлечение документов на практике занимают слишком много времени. Поэтому было принято решение об использовании системы LiveDok, т.к. это позволит быстро ввести в систему доставленную документацию, даже несмотря на то, что входные данные чрезвычайно неоднородны. Преимущество здесь в том, что инструмент документации может читать около 200 форматов файлов и автоматически конвертировать их в формат PDF. Кроме того, не требуется сложной файловой структуры. Например, документы могут быть поданы только по зданию, системной части и соответствующему поставщику. Благодаря отлаженному поиску по ключевым словам, необходимые документы можно найти очень быстро. Решение для документации в Соор теперь основано на сочетании SharePoint и LiveDok. SharePoint рассматривается как решение для резервного копирования, а инструмент цифровой документации - в качестве внешнего интерфейса. Все документы хранятся на сервере SharePoint, имеют версии и могут быть просмотрены там. Инструмент документации LiveDok связан с SharePoint и автоматически считывает все документы оттуда.

Сотрудники используют только систему цифровой документации для обработки документов. У этого инструмента есть еще одно преимущество: он работает на всех стандартных ПК, используемых в Соор. Как правило, инструмент документации также работает на планшетах и смартфонах, как приложение на Android и iOS [1].

Интересное решение по автоматизации рассмотрим на примере предприятия Pepperl + Fuchs и фирмы SSI Schäfer (Германия), которые реализовали интеллектуальную концепцию цифровизации и автоматизации распределительного центра в штате Техас (США). Автоматизация включает все процессы от поступления грузов в распределительный центр до отправления готовых заказов получателям, управления системой материальных потоков, а также техническое содержание оборудования и распределительного центра.

Для реализации системы в центре установлено более 1000 сенсоров, с которых поступает и обрабатывается в реальном времени вся информация. Общая площадь распределительного центра составляет более 10 тыс. кв. м. Распределительный центр состоит из двух складов: стеллажного склада для грузов на поддонах и длинномерных грузов вместимостью 28 тыс. мест и автоматического склада для мелких штучных грузов. На складе мелких штучных грузов установлены краны-штабелеры типа SSI Miniload.

Автоматизированное управление распределительным центром обеспечивает автоматизированная система Wamas, а управление запасами - система Wamas Lighthouse. Отбор грузов и комплектование заказов выполняется по логистической технологии Put to Light с использованием световых указателей [2].

На рис. 1 представлен общий вид межстеллажного проезда с краном-штабелером на автоматизированном складе.



Рис. 1. Общий вид межстеллажного проезда с краном-штабелером.

Склад длинномерных грузов башенного типа LG-E (на базе склада EcoPlus), разработанный фирмой Stora Anlagenbau GmbH (Германия) отличается высокой степенью использования пространства и быстрым доступом к длинномерным грузам. Другими преимуществами являются четкое, компактное хранение, меньший материальный ущерб, простота обращения и краткосрочная окупаемость инвестиций. Выполняя функцию склада длинномерных грузов в качестве связующего звена между хранящимися грузами и обрабатывающими машинами, система поддерживается программным обеспечением, обеспечивает быстрое хранение и инвентаризацию складированных грузов. Интересно сравнить систему хранения длинномерных грузов Stora LG-E с техническими альтернативами.

В отличие от плоского складирования, кассеты с разной высотой загрузки особенно подходят, как показывает их использование на складе башенного типа LG-E. Кассеты, усовершенствованные фирмой Stora Anlagenbau, могут вмещать квадратные трубы массой до 1,5 т с высотой загрузки 155 мм. При погрузочной высоте 215 мм грузоподъемность увеличивается до 3 т. Компания Stora представляет систему хранения длинномерных товаров LG-E начального уровня с хорошим соотношением цены и качества. Гибкость системы основана на применении транспортных тележек и цепных конвейеров. Система также может быть расширена за счет второй башни хранения.

По сравнению с некоторыми участниками рынка и их продуктами начального уровня в области автоматизированного хранения материалов, Stora оборудовала систему хранения длинномерных грузов LG-E со значительно более высокой скоростью транспортно-складских работ. Дополнительные преимущества включают управление материальными потоками, предусмотренное в стандартной комплектации. Возможно также решение с двумя башнями для складирования [3].

Фирмой PSB Intralogistics GmbH (Германия) создана новая компактная система складирования PSB Microstore для автоматического хранения мелких деталей в системе доставки товаров к человеку при ограниченном бюджете. Экономичное решение для хранения состоит из стеллажной системы, челночных тележек ("шаттлов") типа Vario Sprinter для хранения и извлечения грузов и лифта, который транспортирует тележки с деталями на различные уровни хранения. Система дополняется расположенной сбоку рабочей станцией

комплектования заказов, которая автоматически обеспечивает комплектацию с производительностью до 150 шт./ч. Автоматическое хранение происходит, в зависимости от требований, в одиночных или множественных глубоких носителях или лотках с базовыми размерами 600x400 мм или 650x450 мм и массой до 70 кг. Склад PSB Microstore разработан как отдельная система. Терминал на рабочей станции комплектования используется для управления хранением и извлечением, а также для управления запасами. Благодаря дополнительному интерфейсу компактный склад также может быть интегрирован в существующий системный ландшафт фирмы [4].

Компания Mobilcom-Debitel Logistik (Германия) установила систему ZetesMedea с ImageID для обработки отправляемых грузов. Это обеспечило нулевой уровень ошибок и повышению удовлетворенности клиентов и сотрудников. Все данные о пакете, идентифицированные с помощью распознавания и сканирования изображений, теперь сравниваются в реальном времени с информацией из автоматизированной системы SAP. Вначале было сложно найти индивидуальное решение с нулевым дефектом комплектования заказов. Только через аналогичное приложение в компании Danfoss (Дания), поставщик цифрового образа жизни нашел нужную технологию: Danfoss полагается на Warehouse Execution System (WES) ZetesMedea в сочетании со своей технологией ImageID, которая отвечает за заказы и обменивается данными инвентаризации с системой ERP в режиме реального времени и контролирует все процессы между приемом и отправкой грузов. Считывание выполняется станцией считывания Zetes ImageID на каждой упаковочной линии. Каждая считывающая станция имеет два формирователя изображения для захвата изображений, которые прикреплены к алюминиевому порталу. Другими компонентами решения являются Zetes Image ID Server и Zetes SAP IID Soap Server, который был встроен в систему SAP [5].

Еще один пример автоматизации внутренней логистики производства. С помощью интеллектуального решения для потока материалов, предложенного фирмой Trumpf и подключенной транспортной системы с тележками без водителей от фирмы Jungheinrich, поставщик услуг Dax Metallform взял под контроль широкий спектр транспортных заказов и запчастей. Фирме Trumpf предложили ввести отдельную автоматизацию производственного участка по лазерной резке металла в дополнение к автоматизированному складу с новым решением для внутренней логистики TruTops FAB Logistic.

С начала 2020 г. на фирме работает большой автоматизированный склад, к которому подключен станок для лазерной резки Trulaser Fiber 3040. Движение потока материалов со склада в производство с лазерной системой резки основан на производственных данных. Новое решение для внутренней логистики от Trumpf и подключенная система беспилотного транспорта (FTS, AGV) от Jungheinrich обрабатывают поток материалов за пределами склада. Впервые программное обеспечение также позволяет подключать к внутренней логистике машины, участки и рабочие места, которые не расположены непосредственно на большом складе. Планирование движения материала теперь полностью автоматизировано. Оптимизированы пути и время, также учитывается необходимость приоритета.

Система гибко реагирует на спонтанные изменения в производственном процессе и динамически изменяет график транспортировки, сокращаются непродуктивное вспомогательное время и время транспортировки. На станке для лазерной резки оператор теперь может размещать любые детали на поддоне со штрих-кодом. Рабочий "соединяет" изготовленные детали с поддоном через интуитивно понятный программный интерфейс на компьютере с помощью сканера штрих-кода. Затем он вставляет данные в интеллектуальную станцию управления. Информация о поддоне с помощью датчиков сообщается о материале непосредственно в систему управления материальными потоками [6].

Роботы и роботизация

Цифровизация и автоматизация в складской логистике как генеральное направление развития не вызывает сомнения. Накопленный опыт инновационного развития отрасли позволяет определить важность совместной работы с конечным пользователем и электронной торговлей, получившей в последнее время бурное развитие. Реализации этого тезиса в наиболее полной мере отвечает роботизация с применением автономных мобильных роботов. Современные роботы должны быть самообучающиеся, способные работать по образцу и самостоятельно оптимизировать свою работу. Реализация этих требований возможна только на основе использования искусственного интеллекта (КИ).

Фирма ABB, широко известная своими роботами в области роботизации и создания роботов, кооперируется с недавно созданной в США, с участием университета в Калифорнии, фирмой Covariant Brain. Этой фирмой разработано программное обеспечение на основе искусственного интеллекта (КИ), отвечающее современным требованиям. Первый опыт роботизации с новой разработкой успешно реализован на фирме Active Ants (Нидерланды), работающей для электронной торговли [7].

В последние несколько лет возникли требования к решениям по автоматизации для логистики, которые требуют все большей сложности. Из-за небольших размеров партий и большого количества различных продуктов, которые логистические центры готовят для онлайн-торговли, роботы должны иметь возможность автономно захватывать различные объекты. Кроме того, большое количество процессов внутренней логистики требует мобильных роботов. При внедрении новых приложений робототехники логистическая отрасль полагается на партнеров, обладающих обширными знаниями в области приложений, модульными решениями и широким спектром услуг для поддержки своей сети.

Фирма ABB (Германия) - один из крупнейших производителей роботов, который предлагает полный портфель решений для автоматизации, управления и безопасности и которые используются в логистических системах. Компания инвестирует, в частности, в сервисную робототехнику, чтобы продвигать инновации и обеспечивать наилучшую поддержку для сектора логистики. Опыт традиционного производства позволяет создавать индивидуальные решения для складского хранения и логистики. Чтобы иметь возможность предоставлять своим клиентам, ориентированные на будущее решения в области логистики, ABB сотрудничает с новой фирмой (стартапом) Covariant в области искусственного интеллекта. Covariant Brain, программное обеспечение молодой компании, представляет собой

универсальный искусственный интеллект, который роботы могут использовать для распознавания и оценки своего окружения и соответствующих действий. Таким образом они выполняют задачи, слишком разнообразны и сложные для обычных роботов.

Сочетание искусственного (KI) интеллекта и робототехники, в частности, предлагает новаторские решения, которые обещают отрасли большую гибкость и безопасность планирования в будущем. Отрасль логистики будет продолжать меняться в будущем под растущим давлением потребителей, а решения для автоматизации всегда будут сталкиваться с новыми проблемами. Первым совместным проектом стало создание автономного захвата для обработки заказов в логистических центрах. Это уже используется в проекте Active Ants, реализованном в Нидерландах. Большой интерес для складской логистики, например, представляет роботизированная ячейка с роботом фирмы ABB типа IRB 1600 с шестью степенями подвижности, трехмерной камерой и вакуумным захватом для мелких пакетов и др. мелких предметов [8].

Фирма EK Automation (Германия), известная как поставщик транспортных систем с тележками, работающими без водителей (FTS), работает над опытным проектом автоматизации штабелирования грузов неопределенной формы на поддонах. Для этого на тележки, специально оборудованные штабелирующим устройством и превращенные в автономных транспортных роботов (ATR), установили трехмерные видеокамеры (3D). Информация с видеокамер передается в облако, с помощью нового специального программного обеспечения визуализируется и в режиме on-line поступает в устройство управления. Опытная эксплуатация нового проекта по штабелированию порожней тары прошла успешно на предприятии по производству прохладительных напитков. После тестирования проекта на ряде предприятий фирма намечает его широкое внедрение.

Фирма - субпоставщик комплектующих деталей для предприятий автомобилестроения TB Spain Injection (TBSI, Испания) на промышленном предприятии Vigo вместо использования вилочных погрузчиков для транспортного обслуживания производства и транспортных связей со складом использует два напольных транспортных средства с электрическим приводом, работающих без водителей (FTF). Транспортные средства типа MiR200, поставленные фирмой из Дании, выполняют все погрузочно-разгрузочные операции в автоматическом режиме. MiR - Mobile Industrial Robot (мобильный промышленный робот) по своим техническим возможностям и свободной системе навигации вполне могут быть отнесен к автономным мобильным роботам. Вызов робота для транспортного заказа по требованиям производства производится через устройство PDA. Достаточно отсканировать QR-код недостающей детали и передать его роботу, после чего робот проследует к нужному стеллажу склада, захватит требуемые детали и доставит их в нужный пункт производства. Все действия будут выполнены автоматически. Грузоподъемность автономного мобильного робота составляет 200 кг. С целью дальнейшего развития автоматизации и роботизации транспортной логистики фирма TBSI намечает использование роботов большей грузоподъемности. В связи с этим ведется подготовка к использованию роботов MiR500 и MiR1000 грузоподъемностью 500 кг и 1000 кг соответственно [9].

Французская фирма Schneider Electric на своих промышленных предприятиях во Франции, Италии, Болгарии и Польше активно используют мобильные промышленные роботы MiR грузоподъемностью 200-1000 кг взамен транспортных систем с напольными тележками, работающими без водителей (FTS). Например, на заводе в Польше для перевозок грузов между производством и складом в 3 смены работают автономные роботы MiR500 грузоподъемностью 500 кг. Скорость движения - до 7,2 км/ч. Роботы перевозят поддоны с грузов по 8 маршрутам средней протяженностью 140 м, за одну смену робот проезжает до 6 км. Все роботы включены в беспроводную локальную сеть предприятия WLAN. При необходимости дополнения и изменения маршрутов легко программируются с помощью компьютера, планшета или смартфона. Гибкость, эффективность и безопасность автономных роботов построена на основе развитой сенсорики. Сенсорная система каждого робота включает два лазерных сканирующих устройства, две видеокамеры 3D и 8 сенсоров контроля приближения. Все роботы полностью отвечают требованиям коллаборативности. Ранее на предприятии работала система FTS, которая была заменена автономными мобильными роботами, как более гибкой системой [10].

Комплектация заказов - один из самых трудоемких процессов на складе. Классические методы доставки грузов, такие как ручные тележки для комплектования заказов, оказались недостаточно эффективными из-за большого пробега. Чтобы сократить расстояния и увеличить частоту комплектации, многие логисты используют традиционные решения автоматизации. При таком подходе товары доставляются сотруднику (груз - к человеку). Сортировочные и конвейерные системы, например, используются для быстрой транспортировки крупногабаритных и тяжелых грузов и материалов. Системы AS / RS (Automated Storage and Retrieval Systems) извлекают грузы со стеллажей и доставляют их на рабочее место сборщика заказов. В зависимости от размера грузы размещаются в контейнерах с назначенными единицами складского учета (SKU). Автономные мобильные роботы (AMR) транспортируют целые стеллажи прямо на станцию комплектации и упаковки. Выполнение заказов на складе электронной коммерции должно быть хорошо масштабируемым и гибким, а также гарантировать отказоустойчивость. Этот спрос стимулировал рост модульных и мобильных решений [11].

Одним из решений, сочетающих гибкость ручного отбора с производительностью традиционной автоматизации, являются коллаборативные роботы (коботы): совместные мобильные роботы для складских работ, как, например, Chuck ("Чак") от американского поставщика логистических услуг 6 River Systems (6RS). Эти коботы используют машинное обучение (ML) и искусственный интеллект (KI) для оптимизации маршрутов движения на складе в режиме реального времени на основе текущих заказов. Направляя сотрудников к местам хранения и помогая им выполнить их задачи, коботы сокращают большие расстояния между зонами комплектации и между подборщиками во время комплектования заказов в соответствующих зонах. Это увеличивает как производительность и безопасность рабочих процессов. Технология имеет огромный потенциал, особенно для малых и средних компаний.



Рис. 2. Коллаборативный робот (кобот) на складе

Чак взаимодействует с программным обеспечением и разумно группирует заказы. Через интерфейс между системой контейнерных перевозок и АСУ склада работа стратегически назначается роботу на основе профилей должностей и доступной рабочей силы. Затем Чак автономно подъезжает к сотруднику, чтобы начать процесс комплектования. Как только сотрудник обработал свой заказ, Чак пересылает его другому роботу. Между тем, первый кобот самостоятельно перемещается в другую зону захвата или к полностью автоматической роботизированной руке, называемой Fast Lane. Этот полностью автоматический стационарный робот легко интегрируется в процесс, чтобы полностью автоматизировать процесс комплектования быстро движущихся предметов для средних или больших объемов комплектования. Заключительные этапы решения 6RS для комплексного выполнения заказов - это сортировка и упаковка. Чак самостоятельно подъезжает к сортировочной станции Mobile Sort, где сотрудники визуально проходят через систему освещения, чтобы распределить товары, доставленные Чаком, по нужным контейнерам. Полностью укомплектованные контейнеры или другие носители, доставляются на станцию упаковки, где проходят этапы проверки, упаковки, маркировки и запечатывания заказов для последующего отправления.

Парфюмерная компания Christian Dior (Франция) уделяет большое внимание автоматизации и роботизации на всех этапах производства, транспорта и логистики. На складе готовой продукции прибывающие поддоны с одноименной или разной продукцией два робота депакетируют, сортируют и в процессе выполнения операций автоматически определяют габаритные размеры и массу грузов. Комплектование заказов производится по принципу "груз - к человеку". На рабочих местах, оборудованных по принципу Pick-it-Easy, за 1 ч можно обработать до 2100 позиций по заказам. На складе готовой продукции три робота принимают поступающую продукцию, упаковывают, пакетируют и этикетуют сформированные заказы. Интеллектуальное программное обеспечение обеспечивает высокую точность и качество отправляемых заказов. Например, при пакетировании и штабелировании программа указывает на необходимость вниз положить более тяжелые предметы, а потом более легкие. Вся работа складского комплекса построена на основе принципа "точно вовремя" [12].

Выводы

На основе представленных и, в значительной мере, реализованных проектов складов можно сделать следующие выводы:

1. Приведены данные об интересных системах и технологиях на зарубежных складах с использованием возможностей искусственного интеллекта.

2. Подтвержден основной тренд развития: автоматизация и роботизация транспортно-складских работ на складах. Отмечена важность работы в реальном времени с большим количеством данных и приведены примеры таких систем.

3. Отмечена целесообразность и эффективность использования в складской логистике мобильных транспортных и коллаборативных роботов.

4. Изучение зарубежного опыта проектирования и строительства складов целесообразно использовать при решении вопросов развития складской логистики и, особенно роботизации складов в России.

Литература

1. Digitale Dokumentation am grossten Logistikstandort //DHF Intralogistik.-2021, № 3.-S. 60-61.
2. Digitalisierte Prozesse stellen schnelle und fehlerfreie Auftragabwicklung sicher //F+H: Fordern und Haben.-2021.-71, № 5.- S. 18-21.
3. Langgutlager mit breitem Leistungsspektrum //DHF Intralogistik.-2021, № 3.-S. 12-14.
4. Automatische Kompaktlager // DHF Intralogistik.-2021, № 3.-S. 65.
5. Logistik versendet fehlerfrei //DHF Intralogistik.-2021, № 3.-S. 58-59.
6. Weniger Aufwand mit kleinen Teilen //Ind.-Anz.-2021.-143, № 8.-S. 48-51.
7. Wie die Automatisierung den Logistikmarkt erobert //F+H: Fördern und Heben.-2021.-71, № 1-2.-S. 10-11.
8. Zukunftssektor Logistik // DHF Intralogistik.-2020, № 11.-S. 30-31.
9. Freie Fahrt für die Intralogistik //Techn. Logist. -2021.-61, № 3.-S. 24-25.
10. Schneider Electric transformiert Intralogistik // F+H: Fördern und Heben.-2021.-71, № 4.-S. 26-27.
11. Lager mit Cobots intelligent ausstatten //DHF Intralogistik.-2021, № 3.-S. 48-49.
12. Fehlerfreie Prozesse //Tesch. Logist.-2021. Beilage Best. Proj. 2021.-S. 94-97.

Сведения об авторе:

Тиверовский Владимир Изекильевич, старший научный сотрудник в Отделе информации по транспорту Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук.

Адрес: 125190 Москва, ул. Усиевича, 20.

Телефон: 499-152-56-33.

E-Mail: Logistic@VINITI.RU.