

ЦИФРОВОЕ БУДУЩЕЕ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ

Кандидат техн. наук **Тиверовский В.И.**

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

DIGITAL FUTURE OF WAREHOUSE LOGISTICS

V.I. Tiverovsky, Ph.D. (Tech.)

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

Аннотация. Представлены современные тенденции цифровизации складской логистики за рубежом. Цифровизация в логистике сочетается с автоматизацией и роботизацией. Эти направления развития стали еще более актуальными в условиях пандемии коронавируса, когда нарушились традиционные цепи поставок и потребовалось соблюдение специальных противоэпидемических требований. Вначале рассмотрены некоторые особенности складской логистики на современном этапе и общие вопросы цифровизации. Затем рассмотрены некоторые новые типы складов и транспортно-складских систем. В завершение приведены примеры реализации за рубежом конкретных проектов строительства новых и модернизации действующих складов. Краткие выводы завершают зарубежный опыт развития складской логистики.

Abstract. Modern trends in digitalization of warehouse logistics abroad are presented. Digitalization in logistics is combined with automation and robotization. These areas of development have become even more relevant in the context of the coronavirus pandemic, when traditional supply chains have been disrupted and special anti-epidemic requirements have to be met. In the beginning, some features of state-of-the-art warehouse logistics and general issues of digitalization are considered. After that, some new types of warehouses and transport and storage systems are discussed. In conclusion, examples of implementation of specific projects aimed at construction of new and upgrading of the existing warehouses abroad are given. Brief conclusions wrap up foreign experience in development of warehouse logistics.

Ключевые слова: логистика, склады, цифровизация, автоматизация, роботы, искусственный интеллект, алгоритмы, комплектование заказов, челночные тележки.

Keywords: logistics, warehouses, digitalization, automation, robots, artificial intelligence, algorithms, order picking, shuttle carts.

Введение

Современные логистические процессы сложны и связаны с растущими требованиями клиентов к темпам инноваций. Ручные подходы не могут удовлетворить этим требованиям. Вместо этого требуются интеллектуальные цифровые комплексные решения, обеспечивающие интуитивно понятную и максимально эргономичную поддержку сотрудников во внутренней логистике. Чтобы раскрыть ранее неиспользованный потенциал внутренней логистики, необходимы современные решения. Клиенты становятся все более и более требовательными и, таким образом, оказывают большое давление на внедрение инноваций. Компании больше не могут избегать изменений, если они хотят оставаться конкурентоспособными. Пандемия коронавируса подчеркнула важность цифровизации, автоматизации и роботизации в условиях, когда нарушаются традиционные цепи поставок и требуется максимальная изоляция персонала по гигиеническим требованиям.

При подборе заказов, когда в геометрической прогрессии растет их число в сочетании с интенсивным развитием торговли через сеть Интернет, наиболее важными факторами являются гибкость, надежность и бесперебойное взаимодействие между автоматизированной системой планирования и управления материальными ресурсами (ERP) и логистическими решениями.

Внутренняя и, особенно складская логистика, должна полагаться на новые типы сенсорных технологий.

Такие технологии являются, например, краеугольным камнем для систем комплектования заказов с использованием световых указателей (Pick-by-Light), которые - с помощью машинного обучения (ML) - объединяют ERP и логистические решения. Таким образом, потоки и комплектование материалов и товаров можно контролировать еще точнее.

Принцип комплектования с использованием бумажных носителей давно использовался во внутренней логистике. Впоследствии разработка привела к процессам комплектования по штрих-коду и по голосу (Pick-by-Voice). Теперь тенденция идет в другом направлении комплектования по свету. Эти системы оснащены ярко освещенными дисплеями или кнопками, которые указывают сотрудникам, где какие продукты или товары брать. После завершения процесса его можно подтвердить с помощью той же кнопки. Новая сенсорная технология увеличивает производительность комплектования заказов на 20-50% [1].

Рассмотрим далее некоторые общие вопросы развития цифровизации в зарубежной складской логистике.

Общие вопросы и пути развития цифровизации

Важное место в развитии внутренней логистики занимает Интернет вещей (IoT). Взаимодействие SAP с системой Интернет вещей позволяет принимать решения в режиме реального времени на основе точной информации. SAP Intelligent Asset Management поддержи-

вает пользователей функциями, например, в области профилактического обслуживания. Неисправности обнаруживаются на ранней стадии с использованием данных датчиков, моделей вибрации и других параметров, и система сообщает о них. Это означает, что техническое обслуживание можно планировать на ранней стадии и проводить в период, когда производство не подвергается опасности. Чтобы иметь возможность использовать такие функции, терабайты данных не нужно анализировать и обрабатывать – наоборот, SAP предлагает своим клиентам удобные и интеллектуальные алгоритмы, которые были заранее обучены и могут использоваться методом "перетаскивания". Это означает, что профилактическое обслуживание можно использовать в процессах сразу же с помощью SAP. Кроме того, данные могут быть дополнительно обработаны, чтобы их можно было использовать в отчетах с помощью SAP Analytics Cloud. Таким образом, данные из производственных систем можно использовать в компании как единое целое, объединяя и оценивая данные из всех подразделений организации на информационных панелях. Такая панель управления может поддерживать важные вопросы компании, или решения могут быть приняты на основе текущих данных в режиме реального времени. Возможности, которые возникают в результате сочетания IoT и других технологий, очень разнообразны и предлагают реальное конкурентное преимущество. События последних лет также показали, что Интернет вещей является важным строительным блоком для всех, кто встает на пути к интеллектуальной логистике [2].

В результате действия пандемии коронавируса поставщики услуг, промышленные, торговые и логистические компании значительно усилили автоматизацию и цифровизацию логистических процессов на своих складах. Автоматизация и связанные с ней этапы цифровой трансформации повышают эффективность и открывают возможности для оптимизации. Соответствующие программные системы для управления процессами являются активными участниками этой динамики. Их спектр услуг, их гибкость и изменчивость определяются перспективной архитектурой, а также возможностью постоянного обновления и выпуска. На этой основе новейшие технологические разработки и варианты решений могут быть удобно интегрированы в программные продукты, а все процессы создания стоимости могут быть интегрированы на основе данных.

Фирма PSI (Германия) создала уникальную среду разработки с единой базой программирования PSI Java Framework (PJF), и внедрила ее во всей группе. Таким образом, новые инновационные программные функции, приложения и технологии, которые разрабатываются в отдельных бизнес-подразделениях группы PSI, могут быть интегрированы во все другие продукты. PJF поддерживает требования к изменчивости и непрерывной сети систем. Результатом такой взаимной интеграции модулей и функциональных возможностей программных продуктов, разработанных в группе, являются отдельные системы, основанные на настраиваемых стандартных модулях с широким набором функций. Пользователи имеют доступ к планированию цепочки поставок, планированию производства, от систем планирования ресурсов предприятия и до управления складом бесконфликтная сетевая комплексная ИТ-инфраструктура доступна из одних рук. PSI обобщает эту

модель модульно комбинируемых ИТ-систем под термином "промышленный интеллект". Чтобы использовать промышленный искусственный интеллект для повышения ценности, алгоритмы должны беспрепятственно взаимодействовать с программным обеспечением и средствами автоматизации, а также с соответствующей ИТ-инфраструктурой.

Группа PSI уже два десятилетия использует искусственный интеллект (KI) для оптимизации потока энергии и материалов в промышленных процессах. Благодаря интегрированным процессам искусственного интеллекта продукты PSI уже вносят важный вклад в устойчивое энергоснабжение и производство. На основе программной платформы PSI с высокой доступностью более пятидесяти различных процессов искусственного интеллекта в настоящее время продуктивно используются в проектах клиентов [3].

В глобальном направлении цифровизации и автоматизации складской логистики заметное место занимают автоматические склады для мелких штучных грузов (AKL). В определенной мере можно считать, что конкурируют три варианта автоматических складов: с автоматическими кранами-штабелерами в межстеллажных проездах, с челночными тележками (Shuttle) и типа Autostore®. Все три типа отличаются по степени использования складских площадей, величине необходимых инвестиций для строительства, производительности и др. факторам. Автоматические склады с кранами-штабелерами и отбором грузов по заказам по принципу "человек с тележкой (или автоматическая тележка) - к грузу" это наиболее известная и распространенная система. Склады с челночными тележками отличаются большей производительностью и гибкостью, но они требуют дополнительных площадей для грузовых подъемников в качестве средств вертикального транспорта.

Автоматические склады типа Autostore® отличаются высокой производительностью и наилучшим использованием складских площадей, поскольку не требуют межстеллажных проездов, лифтовых подъемников или других площадей. На складах Autostore® с алюминиевой решеткой Grid все транспортно-складские операции выполняют транспортные роботы. Высота складирования в реализованных проектах составляет до 6,2 м. Комплектование заказов осуществляется на таких складах исключительно по принципу "груз к человеку". К тому же склады Autostore® менее требовательны к окружающей среде, не требуют определенной температуры среды и хорошего освещения для работы персонала и др. По этим соображениям следует выбирать вариант автоматического склада на основе технико-экономического сравнения вариантов с обязательным моделированием в процессе проектирования. При этом следует учитывать, что вариант Autostore® в наибольшей мере автоматизирован и роботизирован [4].

Необходимо отметить, что в развитии цифровизации и автоматизации важное значение имеет проектирование объектов логистики. Интересный пример. Компания Schnaithmann Maschinenbau GmbH (Германия) представила веб-приложение EasyGo. Интуитивно понятный инструмент на основе браузера предназначен для упрощения и ускорения проектирования различных систем. По сравнению со сложным классическим построением эскизов и проектированием систем это значительно экономит время. Бесплатный инструмент про-

ектирования позволяет пользователям создавать полные системы переноса всего за несколько щелчков мышью, даже без специальных предварительных знаний. Основное внимание уделяется интеграции в рабочий процесс инженеров-проектировщиков и специалистов производства. Существующие планы помещений (предприятий, центров, складов и др.) можно легко импортировать в приложение в виде файлов PDF, JPG или PNG и масштабировать. Таким образом, проектирование легко адаптируется к производственным условиям. Автоматический выбор компонентов обеспечивает быстрый прогресс и позволяет избежать ошибок в проектировании. Этому также способствуют высокий уровень детализации и трехмерный вид. Для полной интеграции в свои собственные процессы пользователи могут просто загрузить технические данные и модели САПР на свой компьютер и, таким образом, продолжить работу в своей собственной среде проектирования [5].

В складской логистике за рубежом широкое применение получили автоматизированные системы управления разного типа и назначения. Поэтому не случайно в Институте материальных потоков и логистики им. Франгофера (IML, Германия) выполнена научно-исследовательская работа по анализу действующих систем автоматизированного управления складами (WMS) и других АСУ в складской логистике и путей развития этих систем на современном этапе. Как показал анализ, на складах с WMS в 36% складов используются системы планирования материальных ресурсов (RPS), в 35% - системы управления транспортными средствами (TMS), в 49% - системы отбора грузов и комплектования заказов (Pick-by-Losung, разного типа), в 63% - системы управления вилочными погрузчиками и/или кранами штабелерами (SLS) и в 46% - инструменты бизнес-аналитики (BI-Tools).

Столь широкое разнообразие систем автоматизированного управления не способствует их эффективному использованию и развитию с учетом имеющихся возможностей использования искусственного интеллекта (KI), некоторой децентрализации систем, модульного построения и др. современных технологий. С учетом этого в институте создана в качестве каталога электронная платформа Logistik-IT-Online-Auswahl, в которой представлены 96 действующих систем автоматизированного управления в складской логистике 70 фирм-поставщиков различных систем. Такая систематизация открывает дополнительные возможности выбора систем, их координации и дальнейшего развития на основе современных технологий цифровизации и автоматизации [6].

Проведенный Федеральным объединением логистики Германии (BVL) опрос фирм показал, что каждая вторая фирма ожидает снижения затрат за счет цифровых трансформаций. В этом направлении в качестве тренда выступает автоматизация. Анализ технических решений по автоматизации складской логистики позволил обобщить и определить четыре возможных сценария или подхода к автоматизации. 1-й сценарий предлагает использование системы связи WiFi-6 наряду с WLAN, например в транспортных системах с напольными тележками, работающими без водителей (FTS). Это обеспечивает надежную связь и обмен данными со скоростью до 11 Гбит/с. 2-й сценарий предлагает для автоматического распознавания текстовой документации (OCR) использовать технологию на основе алгоритмов Deep-Learning (т.н. "глубокое обучение"). 3-й

сценарий предполагает широкое применение радиочастотной технологии (RFID) с активными транспондерами в сочетании со связью класса 5G, что позволит обеспечить считывание при идентификации и определении местоположения при дальности до 100 м. И, наконец, 4-й сценарий предлагает использовать для оптимизации маршрутов движения транспортных средств возможности технологии Big Data ("большие данные").

Межотраслевая цифровизация экономики не только приводит к появлению инновационных продуктов и услуг, но и к изменению существующей рыночной логики. В частности, цифровые платформы все чаще рассматриваются как движущие силы роста и инноваций в области цифровых изменений. Привлекательный рынок цифровых платформ обусловлен постоянно растущим объемом торговли в логистической отрасли. Однако почти половина существующих поставщиков логистических услуг, например в Германии, еще не планировали воспользоваться возможностями, открываемыми цифровизацией, в рамках корректировки стратегии и бизнес-модели. Таким образом, цифровые платформы за пределами отрасли, такие как Flexport, Uber-Freight и uShip, продвигаются на рынок устоявшихся поставщиков и угрожают занять их, предлагая более дешевые, более гибкие и более ориентированные на клиентов предложения услуг. Цифровые платформы (Digitale Plattformen) имеются на рынке, например, в информационной форме (project44, Four Kites, Keep Truckin и др.), рыночной (Transfix, cargomatic, BlackBuck, uShip, Instafreight и т.д.) или оптимизационной (Shipamax, vekia, Transportation Intelligence и т.д.).

Целью исследовательского проекта Fit4Platform является поддержка предприятий и фирм со средними размерами бизнеса в контрактной логистике, которые в настоящее время используют устоявшиеся бизнес-модели, с успешным и в то же время недорогим внедрением цифровых платформ в их существующие бизнес-модели. Благодаря широкому спектру услуг в контрактной логистике, результаты исследований могут быть внедрены непосредственно во всю отрасль логистических услуг. Однако из-за разнообразия цифровых логистических платформ с различными предложениями услуг у компаний возникают проблемы с решением при оценке и выборе правильной стратегии платформы.

Текущее исследование CB Insights (CB INSIGHTS 2018) показывает более 125 успешных стартапов в Германии, связанных с логистикой, которые стремятся изменить статус-кво в самых разных областях логистики. В результате проекта будут представлены методы количественной оценки, чтобы поставщики логистических услуг могли, основываясь, например, на определенной структуре цен и производительности, выбрать, к какой существующей цифровой платформе они хотят присоединиться. Кроме того, необходимо разработать стратегии управления, которые упростят малым и средним предприятиям создание собственной цифровой платформы, а также необходимые корпоративные преобразования. В этом контексте должны быть определены критерии качества (например, факторы риска для пользователей, соответствие качества) цифровой платформы, а также влияющие факторы, такие как сетевые эффекты или требование множественного и одиночного самонаведения. Кроме того, варианты всегда сравниваются с альтернативой неиспользования цифровых платформ.

Склады и транспортно-складские системы нового типа

В последнее время зарубежными фирмами разработан ряд новых типов транспортно-складских систем и складов на их основе. Например, фирма Extor GmbH (Германия) разработала новую концепцию системы складирования RoverLog, которая состоит в том, чтобы хранить большие объемы грузов на небольшом пространстве автоматизированным, компактным и экономичным способом, а также снова сделать их доступными в желаемом месте. Грузы можно разместить прямо в носителях - багажниках, или через роликовый конвейер в портах разгрузки в складские и разгрузочные машины типа RoverLog, и грузы, размещенные в грузовых носителях и бункерах. RoverLog движется под грузами в несущей конструкции в продольном и поперечном направлениях, чтобы доставить грузы к месту хранения. В пункте назначения бункер устанавливается в несущую конструкцию подъемным движением. Благодаря быстрой блокировке, запатентованные носители-багажники могут образовывать отдельно стоящие штабелируемые колонны и, таким образом, обеспечивать компактное хранение блоков. Никаких дополнительных полок или стеллажей для стабилизации несущих элементов не требуется. RoverLog позволяет доставлять грузы к любому месту сбора на складе (рис. 1 и 2).



Рис. 1. RoverLog с грузом – колесами велосипедов



Рис. 2. RoverLog, оборудованный роликовым конвейером

Никаких дополнительных конвейеров, поддонов, виловых погрузчиков или сортировщиков для распределения грузов также не требуется. Система строится по модульному принципу. Автоматизированное управление обеспечивает Roverlog Server Software, которая через интерфейс соединена с автоматизированной системой управления складом (WMS). Идентификация - на основе радиочастотной технологии RFID. Скорость движения Roverlog - до 2,5 м/с. В одном ряду могут быть до 9 носителей высотой по 720 мм, что соответствует общей высоте складирования до 9 м [7].

Другой пример новой складской системы на основе опыта работы складов в условиях пандемии с ограничением транспортных связей и развитием торговли через сеть Интернет. В этих условиях строительство классических высокостеллажных складов с межстеллажными кранами-штабелерами не вполне отвечает современным требованиям, предъявляемым к складской логистике. Как возможная альтернатива таким классическим решениям, предлагается инновационная транспортно-складская система Volume Wave ("Объемная волна"), в которой сочетаются возможности складирования грузов на поддонах, использования челночных тележек (Shuttle) и принципов складирования канальных стеллажных систем. С новой системой высотный склад представляется как свободно конфигурируемый склад многоярусного складирования с челночными тележками для горизонтальных перемещений и лифтовыми подъемниками для вертикальных перемещений между ярусами. Высота такого склада может быть от 4 м до 40 м с возможностью складирования грузовых единиц на поддонах массой до 1200 кг при высоте до 2,5 м. При одной тележке на ярусе и двух подъемниках производительность может составить 210 шт./ч, а при удвоении числа тележек и подъемников - до 380 шт./ч. Тележки и лифтовые подъемники работают по энергосберегающей рекуперативной технологии и оборудуются самыми современными сенсорами. Первый склад с системой Volume Wave построен в Дрездене (Германия). По своим параметрам производительности и использования площадей возможно строительство таких складов непосредственно в городах в качестве городских складов (Urban Warehouse) [8].

Строительство новых и модернизация действующих складов

Рассмотрим далее ряд примеров реализации современных проектов складов.

В Дубаи (Объединенные Арабские Эмираты) для торговой компании непродовольственными товарами Landmark Group фирмой Dematic (Германия) построен крупнейший в мире современный распределительный центр в составе высокостеллажного склада для грузов на поддонах, двух систем с челночными тележками Multishuttle и подвесной транспортно-сортировочной системы для готовых текстильных изделий в висячем положении. Вместимость распределительного центра составляет 2,2 млн грузов в таре из картона и порядка 2 млн готовых текстильных изделий в висячем положении. Общая площадь распределительного центра составляет 270 тыс. кв. м. Автоматизированное управление реализует система с программным обеспечением Dematic iQ.

Распределительный центр расположен в свободной торговой зоне крупнейшего контейнерного порта в мире компании DP World Jebel Ali Port. В распределительный центр поступает более 75 тыс. контейнеров с товарами в год. На высокостеллажном складе в межстеллажных проездах работают краны-штабелеры типа SR-U1500.1 высотой 41 м, оборудованные двумя телескопическими захватами с возможностью двухрядного складирования. Две складские системы типа Dematic-Multishuttle с челночными тележками типа 2-Flex. На 33 уровнях складирования работают 726 челночных тележек, обслуживая 580 тыс. мест для складирования. На станции комплектования заказов можно отправить до 15 тыс. носителей/ч. Одна высокоскоростная челночная тележка может обработать до 700-800 мест складирования за 1 ч. На двух подвесных системах, где складироваться и сортируются до 2 млн изделий 3 автомата-парогенератора бугельного типа обеспечивают гарантированный внешний вид изделий. Ежедневно можно реализовать по заказам в этих двух системах до 250 тыс. шт. изделий. Управление заказами обеспечивает автоматизированная система Dematic iQ Optimize, контроль качества - система WCS [9].

Для австрийской фирмы Geomix GmbH, торгующей товарами спортивного назначения, фирмой Hörmann Logistik GmbH (Германия) построен автоматический склад типа Autostore®. Пространственные условия и несколько моделированных системы с реальными данными привели к индивидуальной конфигурации системы AutoStore® с 52 роботами и 23,5 тыс. носителей на девяти уровнях. Высота сетки AutoStore® определялась существующим зданием, в котором размещался склад. Носители стандартного формата 649 мм x 449 мм x 330 мм позволяют загружать каждый примерно 30 кг. 52 робота Red-Line поставляют и обслуживают 11 рабочих станций карусельного типа. Для этого требуется процесс зарядки примерно 5 ч в день на одного робота, для чего доступно 41 зарядная станция на краю сети. В решетчатой системе стеллажи по 9 носителей стоят прямо на полу склада. Рельсовая система с одинарной и двойной сеткой установлена над штабелями контейнеров, по которым перемещаются автономные роботы с багачейным питанием. Роботы совместно забирают носители, при необходимости переставляют их и доставляют в порты карусели. Емкости можно гибко разделить перегородками для использования нескольких предметов. Роботы перемещаются в двух направлениях с помощью своих четырех пар колес, установленных в углах, и таким образом достигают нужной позиции в сетке. Обмен данными выполняется через WLAN с системой управления AutoStore®, которая назначает заказы на транспортировку отдельным роботам. Если загрузка заказа низкая или емкость аккумулятора слишком низкая, роботы самостоятельно едут к одной из зарядных станций, расположенных на краю сети. Autostore® со встроенными алгоритмами оптимизации обеспечивает максимальную эффективность при обработке заказов, время выполнения заказа составляет 30 мин.

Фирма Kramp Groep (Нидерланды) является крупнейшим поставщиком запасных деталей и снаряжения для сельскохозяйственных машин с номенклатурой поставляемых деталей более 200 тыс. наименований. С целью дальнейшего расширения бизнеса и сокращения сроков комплектования заказов фирма приняла решение о создании современной высоко автоматизирован-

ной складской логистики, которая должна быть основана на трех принципах: инновационная складская система с челночными тележками, эргономичные рабочие места и интеллектуальное программное обеспечение.

Для решения этой задачи была привлечена специализированная фирма Knapp AG, которая построила и оборудовала склад с автоматической транспортно-складской системой на основе челночных тележек OSR Shuttle Evo. Складская система длиной 80 м и шириной 25 м с шестью проездами имеет вместимость 134400 мест. На складе работают 120 челночных тележек. Предусмотрена возможность расширения склада до 291 тыс. мест складирования с 13 межстеллажными проездами. Эргономичные рабочие станции для комплектования заказов работают по принципу "груз - к человеку". Всего предусмотрено 8 рабочих станций, оборудование которых принято на основе современной серии Pick-it-Easy. Автоматизированное управление и контроль работы склада осуществляется на основе программного обеспечения Kisoft Scada. Важная особенность склада состоит в том, что можно увеличивать или уменьшать на разных уровнях складирования число челночных тележек и соответственно изменять производительность в сторону увеличения или уменьшения, т.е. обеспечивать гибкость работы склада [10].

Как поставщик складской техники, фирма AM Logistic Solutions получила заказ от своего клиента - компании IREKS - на складское, подъемно-транспортное оборудование и другие компоненты для расширения отгрузочного склада. На многоярусном складе компании построена новая секция склада с четырьмя новыми межстеллажными проездами. В непосредственной близости от производства действующий склад работает как отгрузочный многоярусный склад для фасованных товаров. Там, в основном, зерновые продукты временно хранятся в мешках, а солодовые продукты - в ведрах и канистрах до тех пор, пока они не будут отправлены по заказам. В связи с постоянно растущим спросом специализированный производитель в настоящее время расширяет свой автоматический многоярусный склад. Для расширения AM Logistic Solutions будет постоянно поставлять компоненты того же типа, что и в существующих складских помещениях: четыре крана-штабелера, конвейерное оборудование, а также технологии для управления и контроля. Передача поддонов, переданных на аутсорсинг, происходит по технологии роликовых конвейеров, которые подключены к существующей системе. Для интеграции в существующую конвейерную систему фирма AM Logistic Solutions работает с давним генеральным подрядчиком компании IREKS, который также автоматизировал большие участки производства. Ранее фирма AM Logistic Solutions уже поставила восемь кранов-штабелеров с соответствующим управлением для первой секции склада [11].

Для крупной компании Kloosterboer, обеспечивающей Западную Европу широким ассортиментом продуктов питания, в Роттердаме (Нидерланды) построен автоматический высокостеллажный склад-холодильник глубокого замораживания Cool Port 2 для складирования скоропортящихся грузов при температуре -25°C. Склад с шестью межстеллажными проездами в здании силосного типа длиной 69 м, шириной 139 м и высотой 41 м имеет вместимость 60 тыс. мест для поддонов с грузами. Генеральный подрядчик по разработке проек-

та и строительству автоматического склада - фирма Westfalia. На складе предусмотрена возможность использования поддонов двух типов: европейских унифицированных и промышленных. Транспортно-складские работы в межстеллажных проездах выполняют краны-штабелеры, по одному в каждом проезде. Автоматизированное управление складом и материальными потоками обеспечивает система Warehouse Execution System типа Sawanna.NET.

Важная особенность склада-холодильника – энергетическая эффективность. Расход энергии на 35-45% меньше, чем в других аналогичных проектах. Для использования солнечной энергии на складе установлено 2700 солнечных модулей. Высокая степень автоматизации и современная высокоэффективная система управления Sawanna.NET в значительной мере учитывают трудности в работе логистики и цепей поставок, которые связаны с пандемией COVID 19.

Важной опорой логистической цепочки фирмы Autohaus Rosier является новый склад запасных частей для коммерческого транспорта, который компания Meta-Regalbau интегрировала в структуру фирмы. Построен новый, более крупный центр коммерческого транспорта Mercedes-Benz для грузовых автомобилей, автобусов и фургонов. Благодаря центральному расположению в промышленном парке Monkeloh, новое место имеет еще более удобное сообщение с автобаном 33. На территории площадью примерно 35 тыс. кв. м теперь есть большая мастерская по ремонту и техническому обслуживанию грузовых автомобилей, автобусов и фургонов, а также отдельная диалоговая стойка регистрации, современные зоны ожидания, подготовка автомобилей, продажа запчастей и аксессуаров, офисы, станция Dekra, а также достаточное количество парковочных мест. Трехэтажная стеллажная система склада на основе новой стеллажной системы META Multifloor со стальными конструктивными элементами была разработана в тесном сотрудничестве между фирмами Rosier, Kohler HST и META (все фирмы - Германия). Отдельные части хранятся на стеллажах шириной 1300 мм.

Новая модульная система META Multifloor является статически и структурно чрезвычайно гибкой в использовании и, таким образом, упрощает адаптацию решения для хранения к индивидуальным потребностям клиента. META Multifloor предлагает широкий спектр применения: от отдельно стоящих стеллажей до многоэтажных вышек для широкопролетных систем и складов для колес / шин. Максимальное использование сектора благодаря внешнему соединению полок и разнообразным возможностям подключения также являются преимуществами этой системы. Кроме того, в качестве буферного хранилища был установлен отдельный стеллаж для поддонов META Multipal [12].

Для компании Weser Stahl, поставляющей по заказам мерный металлопрокат, фирмой Kasto спроектирован и построен автоматизированный сервисный центр с автоматическим складом металлопроката типа KASTOcenter varioplus 4. Склад с консольными стеллажами высотой 8 м рассчитан на 1398 мест складирования длинномерного проката длиной до 7 м. Грузоподъемность одного места складирования составляет 4 т. Транспортно-складские работы выполняет автоматический кран-штабелер, скорость движения которого вдоль стеллажной системы составляет 1 м/с. Для резки металлопроката установлены автоматические пилы типа

KASTOvariospeed и KASTOtec. Автоматизированное управление складом выполняет система KASTOlogic, взаимодействующая с компьютерной системой планирования и управления материальными ресурсами (ERP). Для транспортировки металлопроката между складом и агрегатами резки установлены роликовые конвейеры. В перспективе фирма Weser Stahl вместе с фирмой KASTO и с привлечением фирмы Jungheinrich (все фирмы - Германия) планируют установить для транспортировки металлопроката напольные тележки, работающие без водителей (FTF), а для сортировки металлопроката использовать роботы KASTOsort Roboter. Тогда в полной мере будет реализована автоматизированная производственно-транспортная система "Склад - агрегат резки - робот" с высокой степенью автоматизации и цифровизации [13].

Предприятие АК 1324 занимается розничной и оптовой торговлей полуфабрикатами из нержавеющей стали и предлагает большое количество различных листов, труб и профилей. Консольные стеллажи OHRA позволяют хранить различные варианты листового металла четко отделенными друг от друга. Листы длиной до 3 м хранятся на поддонах, упаковка может весить до 2,5 т. Благодаря консольным стеллажам теперь можно хранить и извлекать каждую отдельную упаковку без необходимости переставлять другие упаковки из листового металла. Это позволило значительно ускорить доступ. В то же время уменьшаются повреждения, которые ранее возникали снова и снова при трудоемком обращении со штабелями листового металла на блочном складе.

Компания OHRA (Германия) установила два одно-сторонних ряда стеллажей длиной 36 и 50 м для склада листового металла. Консольные стеллажи предлагают восемь уровней хранения с высотой стойки 4310 мм. Все несущие элементы стеллажей OHRA изготовлены из прочных стальных профилей и, таким образом, обладают высокой несущей способностью: каждая консоль на складе АК 1324 выдерживает 800 кг, каждая стойка может быть загружена до 5,6 т. Предприятие АК 1324 также видит особое преимущество стоек OHRA в подвесных консольных рычагах: их можно в любой момент отрегулировать без инструментов, так что фирма АК 1324 может гибко адаптировать высоту ящиков к толщине штабелей листового металла и новые требования.

Рассмотрим далее пример модернизации действующего склада с одновременным его расширением. Фирма Viastore, хорошо известная как системный интегратор, получила заказ от компании Edelstahlservice GmbH (обе фирмы - Германия) на модернизацию с расширением автоматического склада с одним межстеллажным проездом для грузов на технологических поддонах типа Tablag и склада грузов на европейских поддонах также с одним межстеллажным проездом постройки 2002 г. Общая вместимость складского комплекса составляет 12 тыс. мест для складирования. Одновременно с расширением предусмотрена замена автоматизированной системы viadat для управления складом (WMS) на более современную версию. В результате модернизации вместимость склада с добавлением одного межстеллажного проезда увеличивается на 2310 мест для складирования поддонов с грузом. В проезде установлен межстеллажный кран-штабелер типа Viaspeed XL. Действующая система АСУ заменена на новую версию

Viadat 9.1. Все работы по модернизации и расширению завершаются в 2022 г.

Еще один пример модернизации склада, который функционирует в комплексе с магазином фирмы Migros Ostschweiz (Швейцария). Здесь была очень неоднородная и устаревшая IT-среда с множеством интерфейсов для самых разных систем. Не хватало согласованного управления данными и системной интеграции, комплексного планирования заказов и материальных потоков, поддерживаемой системой оптимизации работы и распределения заказов, а также общего уровня управления и представления запасов и заказов на всех участках обработки. Пять разных поставщиков автоматизации вызвали высокий уровень сложности с трудным управлением инцидентами. Задача была подключить новое решение к центральной хост-системе (SAP ERP). Целью было прямое соединение технических систем комплектования заказов и пакетирования с индивидуальными одноразовыми интерфейсами и избежание ненужных системных взаимодействий - создание склада без сканера. Другими важными требованиями к проекту были ориентация на концепцию Industrie 4.0 и интеграцию инфраструктуры автоматической идентификации.

Фирма Swan внедрила стабильную, гибкую и ориентированную на будущее систему SAP с высоким уровнем внутреннего и внешнего признания. Новое программное решение берет на себя центральную роль в управлении складскими и логистическими процессами. Решение SAP состоит из нескольких модулей. В первую очередь, SAP EWM служит инструментом для внедрения и оптимизации внутрилогистических процессов. SAP ERP используется в качестве хоста более высокого уровня, а SAP UI5 - как интерфейсное приложение. Создан бессканерный склад с системой EPCIS, которая является открытым стандартом для отслеживания объектов в цепочке поставок. Интеграция инфраструктуры Auto-ID в исходящие товары и подключение полностью автоматической системы комплектования заказов и пакетирования (ТАКО), а также различных подсистем с подключением и интеграцией процессов с SAP EWM завершают новое решение для цепочки поставок и управления складом.

Выводы

1. Развитие цифровизации в современной зарубежной складской логистике строится с широким использованием возможностей Интернета вещей, искусственного интеллекта и машинного обучения.

2. Большое внимание уделяется созданию и использованию цифровых платформ, новых технологий проектирования объектов логистики, анализу действующих систем автоматизации, например, систем автоматизированного проектирования на складах и в логистических центрах.

3. Создан и уже используется на практике ряд новых транспортно-складских систем и на их основе – новых типов складов, которые в большей мере отвечают современным тенденциям автоматизации складской логистики.

4. В последнее время за рубежом реализован ряд интересных проектов строительства складов с высокой степенью цифровизации и автоматизации. Среди этих проектов – склады для тарно-упаковочных грузов, склады для мелких штучных грузов, складывающиеся склады металла и др.

5. Изучение и анализ зарубежного опыта развития складской логистики позволяет наилучшим образом с высокой степенью эффективности развивать складскую логистику в нашей стране.

Литература

1. Smart kommissionieren //DHF Intralogistik.-2021, № 9.-S. 24.
2. Mit IoT-Services zum intelligenten Unternehmen //DHF Intralogistik.-2021, № 9.-S. 32-33.
3. KI für den vernetzten Mehrwert // DHF Intralogistik.-2021, № 8.- S. 52-53.
4. Kompliziert war gestern. Ein Vergleich klassischer AKL und Shuttle mit Autostore /A. Seemann, P. Bimmermann // Techn. Logist. 2021.-61, № 9.-S. 50-51.
5. Neue Web-App im Anlagenbau//Techn. Logist.-61, № 10.-S. 38.
6. Zukünftige IT-Landschaften im Fokus /K. Schmelzpfenning, L. M. Wings//Techn. Logist.-2021.-61, № 11-12.-S. 38-39.
7. Palette ADE /J. Von der Lippe //F+H: Fördern und Heben.-2021.-71, № 11.-S. 10-11.
8. Zwei Einsatzbeispiele für das innovative Lagersystem «Volume Wave» // Techn. Logist. 2021.-61, № 9.-S. 37.
9. Smarte Intralogistik // Techn. Logist. 2021.-61, № 9.-S. 44-47.
10. Logistik leicht gemacht // Techn. Logist. 2021.-61, № 9.-S. 42-43.
11. Hochregallager-Erweiterung von Irex //Techn. Logist. 2021.-61, № 9.-S. 10.
12. Nutzfahrzeuge optimal lagern //DHF Intralogistik.-2021, № 8.- S. 51.
13. Kompletter Materialfluss automatisiert //Stahlmarkt.-2021.-71, № 8.-S. 20-23.

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.