

ИННОВАЦИИ В ЛОГИСТИКЕ НА ПУТИ К ЦИФРОВИЗАЦИИКандидат техн. наук **Тиверовский В.И.**

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук)

INNOVATIONS IN LOGISTICS ON THE WAY TO DIGITALIZATION**V.I. Tiverovsky, Ph.D. (Tech.)**

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

Логистика, инновации, цифровизация, программное обеспечение, искусственный интеллект, склады, транспортные средства без водителей, роботы.

Logistics, innovation, digitalization, software, artificial intelligence, warehouses, driverless vehicles, robots.

На фоне основных тенденций развития логистики, в частности внутренней логистики, представлены новые платформы и программные продукты, в том числе с искусственным интеллектом. Приведены основные положения новейших проектов автоматизированных и автоматических складов с высоким уровнем цифровизации. Отмечены достижения в области создания транспортных систем с напольными транспортными средствами, работающими без водителей. Приведены примеры успешных проектов применения промышленных роботов в логистике.

Against the background of the main trends in development of logistics, in particular, internal logistics, new platforms and software products, including those with artificial intelligence, are presented. The main provisions of the latest projects of automated and automatic warehouses with a high level of digitalization are given. Achievements in the development of transport systems with driverless vehicles are highlighted. Examples of successful projects of using industrial robots in logistics are given.

Введение

Развитие логистики за рубежом как важной сферы экономики, и внутренней логистики в частности, на долгие годы определяется концепцией Logistik 4.0, которая построена на основе концепции 4-й промышленной революции Industrie 4.0. По сложившейся традиции в Германии основные тенденции развития уточняются на ежегодных логистических конгрессах.

В октябре 2020 г. в Берлине (Германия) состоялся очередной всегерманский логистический конгресс, организованный Федеральным объединением логистики Германии (BVL). Девиз конгресса - "Экологичный дизайн - победа в следующем десятилетии". Цель девиза - построить экономичное, экологичное и социальное будущее. Суровые условия пандемии потребовали минимизации риска для 3200 участников конгресса. Значительная часть участников принимала участие в работе конгресса дистанционно, в режиме on-line. Ведущим мотивом практически всех докладов и выступлений были экономичность, ресурсосбережение и защита природы.

Значительное внимание на конгрессе было уделено работе логистики в условиях пандемии и вынужденного локдауна, когда были нарушены традиционные сети поставок. Пандемия в значительной мере обострила необходимость цифровизации, автоматизации и роботизации в логистике, как основных направлений достижения поставленных целей. На конгрессе были вручены престижные премии за достижения в логистике. В номинации "Интегративно, интеллектуально, автоматизировано" главную премию года получила логистическая сеть dm-drogerie, обеспечивающая логистику фар-

мацевтического производства и поставок. В этой сети занято более 3700 трудящихся, работает около 270 тыс. пунктов реализации и используется 35 млн поддонов. В сети используются около 30 тыс. смартфонов. На конгрессе было объявлено о подготовке в Мюнхене, в мае 2020 г. традиционной выставки "Транспорт и логистика", срок которой позднее из-за пандемии был перенесен на 2021 г. [1].

Инновационная тематика в логистике крайне обширна и не может быть охвачена одной статьей. Рассмотрим далее три темы инноваций: новые программные продукты и технологии, транспортные системы с тележками без водителей и роботизация в логистике.

1. Новые программные продукты и технологии

Новые программные продукты и управляющие системы строятся на основе основных концептуальных требований, в числе которых требование гибкости управления. Гибкое управление характеризуется высокой степенью приспособляемости к меняющимся требованиям. Это свойство приобретает все большее значение для внутренней логистики, особенно в контексте инициатив по оцифровке. Цифровая трансформация - это больше, чем просто внедрение программного обеспечения и технологий для улучшения существующих процессов. Скорее это более глубокое понимание непрерывного анализа и улучшения того, что уже существует, что часто приводит к изменениям в содержании проекта и корректировке требований в ходе проекта. В классических проектах такие изменения часто связаны с большим использованием ресурсов, а иногда и с большими дополнительными затратами. Поэтому гиб-

кие подходы успешны потому, что с помощью принципов и методов они позволяют разбивать сложные проекты на легко адаптируемые приращения, которые итеративно разрабатываются с учетом ранее поставленных целей. Но даже гибкий подход не обязательно приводит к успешному завершению проекта. Выбор разумных методов и глубокое понимание имеют решающее значение [2].

Проекты по выбору и внедрению системы управления складом (или логистическим центром), обычно можно разделить на простые и сложные. Например, фирма Fraunhofer IML (Германия) показывает, что процедура выбора и внедрения может быть выполнена относительно стандартизированной с соответствующим опытом проекта с использованием классических методов управления проектами. Если объем проекта оцифровки особенно велик, выбор технологических вариантов очень обширен, а процедурные и организационные требования относительно неясны, проект может быть расположен в сложной области. Сложность в этом случае означает, что и требования, и метод, с помощью которого может быть достигнута цель, неизвестны. Изменившиеся требования клиентов или меняющиеся рынки требуют от компаний, например, адаптации своих процессов и услуг или создания новых бизнес-моделей. Практически ежедневно появляются новые разработки и технологии, позволяющие создавать совершенно новые сервисы. Чтобы обеспечить высокий уровень адаптируемости в течение всего проекта, можно использовать гибкие методы, такие как Scrum или Kanban.

Цифровые технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, определяют успех в производстве и бизнесе. С AutoML фирма Weidmuller (Германия) предлагает программное обеспечение, которое не требует от специалиста по обработке данных качества оператора. Использование искусственного интеллекта (KI) в системах промышленного производства в настоящее время является одной из центральных задач для операторов машин и систем. Решения на основе искусственного интеллекта используются во многих областях, от обнаружения аномалий, классификации и прогнозирования износа до контроля качества и более целенаправленных действий по обслуживанию. В сложных машинах, таких как система хранения и поиска, данные генерируются непрерывно. Тот, кому удастся превратить это в конкретную добавленную стоимость, получит решающие конкурентные преимущества. С помощью инструмента автоматизированного машинного обучения (AutoML) фирма Weidmuller предоставляет пользователям соответствующее программное обеспечение. Это позволяет начать работу даже без использования специалистов по обработке данных, поскольку инструмент AutoML позволяет экспертам в предметной области независимо создавать модели машинного обучения (ML) на основе своих знаний о приложениях [3].

Интересную разработку представили ученые из Института материальных потоков и логистики (Дортмунд, Германия). Создан новаторский прототип для мониторинга чувствительных к температуре грузов, таких как продукты питания, лекарства или вакцины, в глобальных цепочках поставок с помощью "Блокчейн-устройств". Эксперты ожидают, что в ближайшие 3 года большая часть логистики будет оцифрована.

Оцифровка пакетов и цепочек поставок с помощью искусственного интеллекта (KI) не только знаменует новую эру в логистике. Цифровые платформы станут центральной опорой грядущей экономики.

Блокчейн-устройство - это совершенно новая разработка, начиная с компьютерного оборудования, программного обеспечения и датчика температуры до клиента блокчейна. Высота устройства всего 9 мм, его можно вставить в стандартный контейнер как съемную карту. Он имеет 5G-совместимую связь, дисплей ePaper с высоким разрешением и ряд датчиков (температуры, ускорения, положения). Срок службы батареи составляет более 14 дней при непрерывной работе и более двух лет при работе с низким энергопотреблением. Благодаря этому устройству IT-системы с поддержкой блокчейна сбор данных в реальном времени и автономный контроль цепочек поставок в реальном времени становятся реальностью. Безопасная интеграция физических и финансово значимых процессов в экосистему на основе блокчейна обеспечивает горизонтальную и вертикальную сеть. Данные о местоположении и датчиках документируют непрерывный мониторинг транспортной цепочки, включая условия, которые необходимо соблюдать. Кроме того, устройство готово к IDS, то есть готово к внедрению в Международное пространство данных. Необходимость и эффективность предлагаемых устройств еще раз подтверждается анализом ситуации в условиях пандемии коронавируса.

Специализированная фирма со средними размерами бизнеса Tarakos (Германия) предлагает новую автоматизированную систему проектирования объектов логистики и промышленных предприятий taraVBuilder 2020 с возможностями трехмерной визуализации и имитационного моделирования с использованием возможностей виртуальной реальности (VR). Создана библиотека модулей из 500 объектов, которые через автоматизированную систему AutoCAD вводятся в систему проектирования taraVBuilder 2020 по мере необходимости. Библиотека включает транспортные средства, различные виды подъемно-транспортного оборудования, некоторые виды промышленного оборудования, компоненты радиочастотной технологии и др.

Цифровизация в логистике в большой мере связана с развитием электронной коммерции, которая влияет на складские технологии и может изменить способ обработки заказов на складах. Безволновая технология все чаще заменяет ранее распространенный волновой метод. Например, фирма Manhattan Associates, поставщик решений для цепочки поставок и многоканальности, дает обзор различий и преимуществ отдельных способов работы. Обработка заказов волновым методом включает комплектование привычным и классическим способом, т.е. заказы группируются, а затем обрабатываются в соответствии со списком. Далее следует вторая волна с той же последовательностью. Большим преимуществом является то, что он оптимизирует маршрут сборщика и повышает эффективность. Технология, которая хорошо работает в розничной и оптовой торговле, но достигает своих пределов в электронной коммерции. Заказы не могут ждать, потому что важна скорость. Изменчивый порядок онлайн-заказов также требует другого подхода. Фулфилмент без волны основан не на классическом планировании, как в случае с фулфилментом, но заказы готовятся автоматически и отдельно с помощью автоматизированной системы

WMS. Обычно это делается случайным образом, но при необходимости назначается приоритет. Отдельные шаги включают время доставки и крайний срок доставки для службы доставки. В то же время анализируются возможности различных отделов - комплектации, сортировки, упаковки. Заказы отпускаются в зависимости от наличия. Преимущества заключаются в большей гибкости и свободе и, как следствие, увеличении пропускной способности.

С помощью нового соединителя фирмы Remira (Германия) стандартизируется подключение решения цепочки поставок к системному миру SAP. Благодаря решению plug & play пользователи получают возможность быстрой и простой интеграции. С новым соединителем SAP можно экономично решать задачи с высокой степенью интеграции. В своей экосистеме Remira предлагает пять тесно взаимосвязанных бизнес-направлений с облачными решениями для всей цепочки поставок. Все программные продукты Remira подключаются к решениям SAP через интерфейсы и уже много лет успешно используются с системой ERP. Сейчас Remira стандартизирует подключение своих продуктов к системному миру SAP с помощью собственного коннектора. Решения Remira Software Suite полностью совместимы с системами SAP. Инструменты, поддерживаемые искусственным интеллектом (KI) и готовые к работе в облаке, скоординированы таким образом, чтобы пользователи всегда получали подходящее решение для всех задач в цепочке. Remira предлагает интеллектуальные программные решения, от планирования продаж и операций до автоматизированного размещения и оптимизации закупок до планирования производства и складской логистики.

2. Транспортные системы с тележками без водителей

В последние годы во внутренней логистике наблюдается все более широкое применение транспортных систем с напольными тележками, работающими без водителей (FTS). При этом отмечается тенденция более широкого использования небольших тележек при одновременном увеличении парка транспортных средств в системах. В сочетании с широким применением свободных систем навигации, без жестких маршрутов движения тележек, возникает проблема разработки специальных мер по недопущению коллизионных ситуаций как с тележками системы, так и с другими возможными препятствиями. В связи с этим в Техническом университете Дрездена (Германия) выполняется научный проект SWAT, призванный разработать специальные рекомендации по предупреждению конфликтных ситуаций в системах FTS. В проекте разработаны специальные алгоритмы, которые предупреждают конфликтные ситуации и одновременно повышают производительность систем, при числе тележек 3-7 шт. - на 15%, при парке 7-12 шт. - на 25%. Основные рекомендации предусматривают некоторое сегментирование площади, в которой предусмотрено транспортное обслуживание, и выбор некоторого числа оптимальных маршрутов. Намечается дальнейшее продолжение исследований в проекте SWAT с возможным уточнением алгоритмов [4].

Современные транспортные системы с напольными тележками без водителей (FTS) стали настолько совершенными и экономичными, что их можно использовать

для автоматизации транспортных процессов на не автоматизированных складах и предприятиях для целей автоматизации транспортных процессов. Целый ряд таких проектов реализовала фирма SSI Schäfer с фирмой-партнером DS Automation (обе фирмы - Германия). Например, на стеллажных складах или складах типа SSI Logimat система FTS может успешно использоваться для доставки грузов к рабочим станциям для комплектации заказов и выполнения др. транспортных операций. На складах со стеллажной системой канального типа с крупными носителями можно успешно использовать каналные транспортные средства типа SSI Orbiter. Для применения напольных транспортных средств без водителей на складах для мелких штучных грузов фирма SSI Schäfer предлагает специальные транспортные средства SSI Compact Load AGV, также работающие без водителей [5].

Интенсивное развитие транспортных систем с напольными тележками без водителей и их достаточно высокая капиталоемкость определяют необходимость длительного срока эксплуатации в сочетании с поддержанием современного уровня техники и особенно автоматизации. С учетом этого фирма E & K Automation GmbH (Германия) предлагает услуги по модернизации систем FTS, которые фирма определяет как Refit. При такой модернизации особое внимание уделяется на замену целых блоков электроники, устройств управления и др. с тем, чтобы система по завершении работ полностью соответствовала современному уровню автоматизации и могла успешно работать еще долгие годы.

Логистический центр фирмы BHS Intralogistics GmbH (Германия) работает на основе новейших цифровых технологий, построенных на основе концепции 4-й промышленной революции (Industrie 4.0). Материальные потоки оптимизированы на основе инновационной транспортной системы с транспортными средствами без водителей BHS iMotion с постом управления BHS iCMS и устройствами управления BHS iShuttle. Эффективность работы транспортной системы обеспечивает инновационная система Etalink 3000 для зарядки бортовых аккумуляторов, построенная на основе индуктивной технологии фирмой Wiferion (Германия). Эта система беспроводной зарядки литий-ионных аккумуляторов не требует заезда транспортных средств к зарядным устройствам, т.к. зарядка осуществляется в процессе работы (In Process Charging).

Транспортные системы с напольными тележками, работающими без водителей (FTS), являются одним из ключевых направлений реализации требований концепции Logistik 4.0, построенных на основе общей концепции 4-й промышленной революции. Одно из современных направлений систем FTS связано с оборудованием тележек вилочными захватами. Фирма Vetter (Германия), активно работающая в этом направлении, создала систему оборудования вилочных захватов специальными сенсорами, получившую обозначение Smart Fork. Система Smart Fork включает сенсоры, камеры, лазеры и др. технические средства для автоматизации погрузочно-разгрузочных работ при использовании напольных тележек без водителей. Автоматизация включает контроль размеров и массы грузов, точное позиционирование в плане и по высоте, передачу данных о грузе и др. [6].

Группа Hago совместно с фирмой SEW создали принципиально новую транспортную систему с тележ-

ками, работающими без водителей (FTS). Главная особенность системы в том, что тележки работают на постоянном токе напряжением 40 В вместо традиционно используемого переменного тока 230/400 В и оборудованы электрическим приводом нового поколения. Тележки грузоподъемностью 1,5 т оборудованы встроенным вертикальным конвейером (подъемником), что позволяет перевозить несколько носителей и/или грузов один на другом. При этом созданы необходимые условия для автоматизации погрузки и разгрузки тележек [7].

Литий-ионная технология доминирует в настоящее время в напольных транспортных средствах, тележках без водителей и мобильных роботах с питанием от бортовых аккумуляторных батарей. Вновь созданная на условиях Start-up фирма Wiferion (Германия) разработала и реализовала принципиально новую концепцию зарядки литий-ионных аккумуляторов на основе индуктивной беспроводной технологии. Созданная фирмой новая зарядная система etaLINK исключает основной недостаток действующих зарядных систем - исключение транспортного средства из производственного процесса на время зарядки. В индуктивной системе etaLINK аккумуляторные батареи могут заряжаться в ходе производственного процесса, например, на пунктах погрузочно-разгрузочных работ и др. точках, без кабельного подключения, т.к. зарядные панели (Ladepad) могут встраиваться в пол, напольные маты и др. поверхности. При использовании системы etaLINK производительность транспортных средств повышается по данным фирмы на 30%. В 2020 г. система удостоена в Германии престижной награды и премии как лучший продукт года (Logimat Bestes Produkt 2020) [8].

3. Роботизация в логистике

Крайне важное направление инновационного развития в логистике связано с применением роботов и полным использованием возможностей современной робототехники. Рассмотрим далее некоторые примеры применения роботов.

Фирмой Winkel GmbH (Германия) в числе инноваций создана автоматическая станция комплектования заказов на поддонах. На специальной платформе работает робот, к которому транспортным устройством подает разные (смешанные) грузы. Робот выбирает нужный груз и укладывает на поддон. После завершения комплектования грузовой единицы, загруженный поддон опускается по шахте вниз, где передается на автоматическую станцию упаковки грузовой единицы в упаковочную саморастягивающуюся пленку. Готовая и упакованная грузовая единица далее транспортируется в отделение отправления заказов.

Специализированная фирма Universal Robots (Germany) GmbH (Германия) сообщила о выпуске колаборативных роботов (Cobot) новой серии "e". В серии в настоящее время три модели UR3e, UR5e и UR10e с перспективной моделью UR16e. Для всех моделей характерны интуитивная оболочка пользователя, сертифицированное устройство безопасности, встроенный сенсор для контроля грузоподъемности и др. функции. По мнению фирмы применение роботов новой серии имеет большие перспективы в складской логистике, а также в упаковочном производстве [9].

Интересный опытный проект роботизации в складской логистике разработала и реализовала фирма

Vanderlande совместно с финской фирмой Würt Oy и партнерской фирмой в области программного обеспечения Leanware Oy. Создан колаборативный робот (Cobot) и для его эксплуатации разработана интеллектуальная роботизированная технология комплектования заказов SIR (Smart Item Robotics). Технология SIR предусматривает возможность отбора грузов и комплектования заказов в двух вариантах: "с носителя - в другой носитель" и "с носителя на конвейер". Вместо конвейера может быть использована сортировочная система, используемая для адресного комплектования заказов. Новая роботизированная технология и робот Cobot внедрены на предприятии фирмы Würt совместно с автоматической системой погрузочно-разгрузочных работ Adapto, разработанной фирмой Vanderlande [10].

В автоматизированных системах материальных потоков для контроля и сопровождения перемещения поддонов с грузом фирма Identpro GmbH (Германия) разработала специальную систему, которая обеспечивает взаимодействие автономных транспортных роботов Carti и вилочных погрузчиков или др. транспортных средств, работающих с водителями. Таким образом стало возможным в одной системе совместно работать транспортным роботам и вилочным погрузчикам без промежуточного сканирования данных о поддоне с грузом. Фактически автономный транспортный робот Carti стал колаборативным [11].

Технологическое предприятие Geek+ уже реализовало более 200 проектов роботизации и внедрения роботов. Производственная мощность предприятия составляет около 12 тыс. роботов с программным обеспечением и алгоритмами, разработанными с использованием искусственного интеллекта (КИ). В числе последних инноваций для логистики - мобильный робот модели M1000 и робот модели S20 для сортировки пакетов. Роботизированная сортировочная система на основе робота S20 работает с производительностью до 12 тыс. пакетов/ч [12].

На транспорте и в логистике все более широко используют беспилотные летательные аппараты (дроны), которые теперь называют воздушными роботами. Сфера применения достаточно широкая: специальные транспортные операции, инвентаризация и контроль запасов на складах, выявление заторов на автомобильных дорогах, техническое обслуживание высоких помещений складов и промышленных предприятий. Оригинальное направление использования дронов это создание так называемых цифровых двойников (проект 2nd truth). Управление и контроль - с постов управления по беспроводной связи класса 4G.

Роботизация процессов складирования и отбора деталей по заказам с использованием роботов, работающих по принципу Plug-and-Play ("Бери и пользуйся") на основе новой платформы предусматривает участие клиентов в проектировании и оптимизации их системных решений - от начала проекта до ввода в эксплуатацию и обучения до послепродажного обслуживания. Новая платформа VMT PickFinder3D обеспечивает оптимизированную конструкцию как решений для чистого бункера, так и полных ячеек приложений, которые можно легко интегрировать в технологические цепочки. Открытая концепция предлагает максимальную гибкость и адаптируемость к поставленной задаче. Можно подключить практически любые 3D-датчики, а технология захвата робота может быть индивидуально

разработана и выбрана. VMT PickFinder3D поддерживает средства управления всех основных производителей роботов, а также все распространенные стандарты. Платформа оценочного программного обеспечения MSS (MultiSensorSystem) от фирмы VMT может свободно настраивать с помощью программных модулей от VMT или других поставщиков для решения задач, а также к особым запросам клиентов. Используемая технология PXL+ это зарегистрированная торговая марка фирмы Pepperl + Fuchs, к которой принадлежат системы обработки изображений VMT - открывает совершенно новые возможности для роботизации хаотических или частично хаотических сценариев складирования и комплектования заказов [13].

Приведенными примерами роботизации не исчерпывается роль робототехники во внутренней логистике. Широкое представление роботизации в цифровой логистике выходит за рамки настоящей статьи и требует отдельного и детального рассмотрения.

Заключение

Как следует из приведенных примеров, зарубежная логистика, в частности внутренняя логистика, держит курс на инновационное развитие на пути к главной цели – построению цифрового будущего логистики. Разрабатываются и внедряются новые программные продукты, цифровые платформы, новые системы и информационные технологии. Широко используется искусственный интеллект.

Значительное развитие получают транспортные системы с наполными тележками, работающими без водителей. Такие системы в последнее время значительно усовершенствовались, стали более экономичными и эффективными.

Активно внедряются роботы разного типа и грузоподъемности. Особое внимание уделяется созданию и использованию колаборативных роботов, с которыми совместно могут работать люди и транспортные средства, управляемые водителями.

Литература

1. Herausforderung angenommen //DHF Intralogistik.-2020, № 11.-С. 10-11.
2. Einführung von Digitalisierungstool und Logistik IT // DHF Intralogistik.-2020, № 11.-С. 24-25.
3. Industrial Analytics in der Intralogistik //DHF Intralogistik.-2020, № 11.-С.16-17.
4. Regeln gesucht. Konfliktvermeidung bei spurungebundenen Fahrerlosen Transportfahrzeuge /К.-В. Reith, S. Rank, T. Schmidt //Techn. Logist.-2019, Прил. Flurförderzeuge 2020/2021. С. 10-13.
5. Nahtlos integrierbar. Automation mit FTS – individuelle Erweiterung manueller Lösungen //Techn. Logist.-2020.-60, № 10.-С.16-17.
6. Hightech-Gabelzinken verwirklichen Logistik-4.0-Konzepte //F+H: Fördern und Heben.-2020.-70, № 9.-С. 40-41.
7. Ein System, zahlreiche Vorteile //Techn. Logist.-2020.-60, № 4.-С. 39.
8. Automatisiertes induktives Laden //Techn. Logist.-2020.-60, № 4.-С. 17-18.
9. Automatisiert palettieren und verpacken//Techn. Logist.-2020.-60, № 3.-С. 86.
10. Erfolgreiches Pilotprojekt //Techn. Logist.-2020.-60, № 6.-С. 55.
11. Scanfreie Verfolgung von Paletten // Techn. Logist.-2020.-60, № 3.-С. 91.
12. Himmlische Helfer für die Logistik //Ind.-Anz.-2020.-142, № 9-10.-С. 56.
13. Sicher erkennen, optimal greifen, kollisionsfrei entnehmen //DHF Intralogistik.-2020, № 9.-С. 30-31.

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.