

ISSN 2523-4714

3. ЛОГИСТИКА

3. LOGISTICS

УДК 658.78

Е. Н. Костюкова

Институт бизнеса БГУ, Минск, Беларусь

АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ СКЛАДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ

В статье рассматривается автоматизация и роботизация склада как необходимость его эффективного развития в современных условиях. Исследуются основные тенденции развития складского бизнеса в Республике Беларусь, обосновывается целесообразность автоматизации и роботизации склада. Указывается основное различие ERP и WMS, выделяются основные факторы выбора WMS. Особое внимание в статье уделяется автоматизации и роботизации отбора и комплектации заказов на складе как операциям, значительно использующим ручной труд в складской грузопереработке. Анализируется использование паллетного конвейера и роботов на данном этапе складской грузопереработки.

Ключевые слова: склад, автоматизация, роботизация, складская грузопереработка, отбор и комплектация заказов, ERP, WMS

Для цитирования: Костюкова, Е. Н. Автоматизация и роботизация склада в современных условиях развития / Е. Н. Костюкова // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. – Минск, 2024. – Вып. 10. – С. 132–139.

Н. Kostukova

School of Business of BSU, Minsk, Belarus

AUTOMATION AND ROBOTICS OF WAREHOUSES IN MODERN DEVELOPMENT CONDITIONS

The article examines warehouse automation and robotization as a necessity for its effective development in modern conditions. The main trends in the development of the warehouse business in the Republic of Belarus are explored, and the feasibility of warehouse automation and robotization is substantiated. The main differences between ERP and WMS systems are explored, and the main factors for choosing a WMS are highlighted. Particular attention in the article is paid to automation and robotization of the selection and picking of orders in a warehouse as operations that significantly use manual labor in warehouse cargo processing. The use of a pallet conveyor and robots at this stage of warehouse cargo handling is analyzed.

Keywords: warehouse, automation, robotization, warehouse cargo handling, order selection and fulfillment, ERP, WMS

For citation: Kostukova N. Automation and robotics of warehouses in modern development conditions. *Business. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2024, iss. 10, pp. 132–139 (in Russian).

Введение

Современные условия развития мировой экономики в целом и Республики Беларусь в частности способствуют изменению логистики не только на уровне цепей поставок, но и

в складской сфере. Так, например, короновирусные ограничения затрудняли необходимые объемы грузопереработки на складах. В последующем компании из сферы e-grocery и e-commerce в силу растущего спроса столкнулись со сложностями быстрого расширения складских площадей и набора новых сотрудников. В результате рост спроса на дополнительный персонал способствовал повышению стоимости на его привлечение.

В современных условиях функционирования организации сталкиваются с необходимостью автоматизации и роботизации складского хозяйства, что позволяет минимизировать потребность в персонале, повысить эффективность функционирования склада в целом, выстоять в условиях высокой конкуренции и различных ограничений.

Цель данной статьи – обозначить и обобщить основные тенденции развития складского бизнеса в Республике Беларусь и обосновать целесообразность его автоматизации и роботизации. Для достижения данной цели в статье рассмотрены понятия автоматизации и роботизации склада, указано основное различие ERP и WMS, выделены основные факторы выбора WMS, исследована роботизация склада на основе зарубежного опыта.

Результаты

Анализируя ситуацию на рынке складской логистики Республики Беларусь, необходимо отметить, что в конце 2023 г. для него была характерна минимальная вакантность складских площадей, значение которой составило 2 %.

Это обусловлено рядом причин. Так, если в 2021 г. было введено 150 тыс. м² новой складской площади, в 2022 г. – 110 тыс. м², то в 2023 г. – только около 60 тыс. м². Также некоторые организации переориентировали бизнес, отдав складские площади для использования под иные цели: индустриальная зона и др.

Кроме этого, увеличился спрос на складирование, особенно со стороны e-commerce и e-grocery. В последнее время наблюдалось расширение перечня арендаторов складской недвижимости за счет ранее несвойственных участников – банков и ряда компаний, заинтересованных в хранении своей документации на складах.

В свою очередь, это способствует росту тарифов на складирование и складскую логистику в целом. Так, если ранее стоимость квадратного метра склада в среднем обходилось 3,5 евро, то в 2023 г. этот показатель увеличился до 8–15 евро.

Среди тенденций в сфере развития складского бизнеса Беларуси в 2023 г. отмечается и дефицит персонала по различным категориям работников. При этом значительный объем операций в складской грузопереработке Беларуси осуществляется с вовлечением ручного труда. Особенно это касается таких операций, как перемещение на хранение, отбор из хранения, сбор и упаковка заказов. На них приходится до 75 % трудозатрат. Это сказывается на увеличении стоимости поиска и привлечения рабочей силы. Помимо роста заработной платы для привлечения сотрудников осуществляются дополнительные мероприятия: транспортировка к месту и с места работы, обеспечение питанием, повышение уровня комфортности рабочего места и др. Это способствует притоку рабочей силы и уменьшению текучести кадров, однако полностью проблему не решает. Тем не менее такие меры ведут к росту соответствующих затрат и способствуют снижению рентабельности складского бизнеса [1].

В данных условиях повышается актуальность и необходимость развития складской автоматизации и роботизации. Особенно это касается наиболее трудоемких складских операций, позволяя не только увеличить производительность грузопереработки на складе, но и сократить персонал или отказаться от его использования при осуществлении отдельных операций посредством вовлечения автоматических линий и роботов.

Под автоматизацией склада понимается использование продуманной информационной системы для оптимизации бизнес-процессов и разных видов складской деятельности [2]. Информационные системы, применяемые для этого, можно разделить на две основные группы: ERP и WMS. Так, ERP (Enterprise Resource Planning) является интегрированной системой управления ресурсами всего предприятия, т. е. она объединяет в себе функции управления не только складом, но и производством, финансами и др. WMS (Warehouse Management System)

является системой управления именно складом, автоматизируя и оптимизируя различные складские процессы, обеспечивая эффективное управление и повышая производительность функционирования склада.

Поэтому полноценная автоматизация склада возможна лишь при использовании WMS, поскольку она в отличие от ERP фокусируется на управлении складом, обеспечивая детальное управление складскими процессами. WMS выполняет не только учетные функции, но и анализирует задачи, находящиеся в очереди на выполнение, в результате чего выдает складскому персоналу сигналы о необходимости реализации наиболее приоритетной задачи. В ведении WMS находится оптимизация маршрутов движения подъемно-транспортного оборудования на складе, оптимизация загрузки персонала, последовательность осуществляемой грузопереработки с учетом ограничений по сроку годности, весу, совместимости и т. п.

Среди основных преимуществ WMS можно выделить:

- обеспечение высокого качества складского учета, минимизация ошибок;
- сокращение административных расходов и складского персонала;
- минимизация стоимости проведения инвентаризации;
- оптимизация запасов и снижение рисков. Поскольку, например, организации могут с точностью до единицы контролировать уровень запасов, это позволяет избегать недостатков и излишков товаров на складах, минимизируя затраты на хранение и потери;
- повышение пропускной способности и эффективности работы склада. Автоматизация (отслеживание товаров, планирование их перемещений, оптимизация маршрутов и др.) повышает эффективность деятельности склада, сокращая время выполнения заказов;
- повышение качества обслуживания клиентов. Благодаря точному управлению запасами и быстрым процессам обработки заказов, обеспечивается быстрая и качественная доставка товаров клиентам;
- увеличение прозрачности данных и повышение эффективности планирования использования ресурсов организации [3].

Если рассматривать рынок WMS, то необходимо отметить, что в связи с разного рода ограничениями, увеличивается спрос на смену зарубежных WMS, прежде всего в сторону российских разработок. Самыми популярными WMS, лидирующими на российском рынке по количеству внедрений в 2023 г., являются: «1С:WMS Логистика. Управление складом», широко используемая и на территории Беларуси; на втором и третьем местах – Axelot WMS X5 и EME.WMS соответственно [4].

При выборе WMS нельзя учитывать только функциональность и стоимость системы, поскольку есть иные важные факторы. Выделим основные факторы, которые необходимо учитывать при выборе WMS.

1. Стоимость и функциональность системы.

Понятно, что по мере роста функциональности WMS увеличивается и ее стоимость. Однако не для каждого склада нужна полнофункциональная система. Ее необходимость обоснована, например, для распределительного центра с большим количеством поставщиков и рынков, широким ассортиментом, сложной системой хранения, нюансами настройки бизнес-процессов и т. п. А вот для склада с товаром длительного срока хранения и нешироким ассортиментом, без сложных систем хранения зачастую достаточно WMS базового уровня, которая позволит автоматизировать приемку, размещение, адресное хранение товара, упростит инвентаризацию, обеспечит печать этикеток и т. п.

2. Наличие всех необходимых функций с учетом не только текущих потребностей, но и на перспективу.

Иногда выбирая WMS, представители организации допускают наличие некоторых функций по умолчанию, однако они могут отсутствовать в базовом уровне WMS системы. Но при их необходимости установка этих функций может быть дорогостоящей или вообще невозможной.

3. Целесообразно формирование рабочей группы внутри организации-заказчика WMS, которая будет взаимодействовать с разработчиком или установщиком системы в силу важности и особенностей внутренних бизнес-процессов, корпоративной информационной системы и т. п.

4. Возможность интеграции WMS с современными технологиями отбора, комплектации и др.

Например, WMS базового уровня может не иметь изначальной интеграции с такими современными технологиями. А разработка интеграционных модулей в последующем может стоить дороже нежели внедрение более высококлассной WMS, в которой такая интеграция уже имеется.

5. Выбор компании-интегратора WMS.

Внедрение WMS состоит не только из настроек и запуска системы. Целесообразно, чтобы за реализацию всех этапов проекта внедрения WMS отвечала одна организация. Также важно выяснить, кто будет осуществлять поддержку WMS на складе. Если внедряется зарубежная WMS, то не всегда есть локальная команда поддержки. Более того из-за санкционных или иных ограничений зарубежные WMS могут быть ограничены по функциональности и техническому сопровождению, отключены от удаленного доступа на зарубежных серверах (в случае установки на них) и т. п.

Необходимо отметить, что степень автоматизации бывает разной. Так, внедрение WMS на складе не всегда означает отказ от использования персонала, поскольку система, управляя процессами на складе управляет и работниками склада, выдавая им задания и оптимизируя деятельность склада.

В свою очередь, роботизация может пониматься как инструмент автоматизации, непосредственно заменяющий человека на его рабочем месте [5]. Во многих случаях автоматизация современных складов предполагает сочетания персонала и роботизации.

Рассмотрим основные виды технологий складской грузопереработки и используемые для этого инструменты (табл. 1).

Таблица 1

Основные виды технологий складской грузопереработки

Table 1

Main types of warehouse cargo handling technologies

Технологическая операция на складе	Виды технологий складской грузопереработки		
	ручная	механизованная	автоматизированная
	Инструменты		
Погрузка/разгрузка	Вручную	Тележка, погрузчик, краны, системы горизонтальной разгрузки/погрузки	Автоматические системы погрузки и разгрузки
Хранение	Штабель, полочный стеллаж	Паллетный стеллаж, высотный полочный и другие стеллажи	Автоматический стеллаж, стеллажная система с автоматическими кранами-штабелерами, стеллажная система с шаттлами
Подъем/спуск (установка/изъятие)	Вручную	Погрузчик, штабелер, ричтрак, кран	Автоматический штабелер, автоматический лифт, робот-штабелер
Транспортировка	Ручная тележка	Электротележка, штабелер, ричтрак, погрузчик, транспортер	Автоматический конвейер, шаттл, робот-транспортер
Сортировка	Вручную	Вручную	Автоматический сортировщик
Комплектация	Вручную	Вручную	Линии автоматической комплектации, робот-сортировщик

Источник: [6].

Source: [6].

Необходимо отметить, что полностью автоматических складов в мире пока немного, поэтому зачастую современные компании комбинируют ручной труд и роботизацию. При этом ежегодный рост складской робототехники на мировом рынке составляет около 11 %, и за период 2020–2025 гг. данный сегмент рынка может удвоиться. Удельный вес рынка роботов с грузоподъемностью до 10 кг составляет 30 %, что обусловлено активным развитием e-commerce и e-grocery.

Рассмотрим автоматизацию отбора и комплектации заказов (коробочную). Как отмечалось ранее, в Беларуси в складской грузопереработке на этих операциях значительно задействован ручной труд.

При осуществлении коробочного отбора может использоваться принцип «товар к человеку», что требует организацию стационарных постов на складе, на которые поступает товар для комплектации заказов. Если товар подается из зоны хранения в виде паллеты, то комплектовщик на таком стационарном посту отбирает с паллеты необходимое в соответствии с заказом количество коробов с товаром, передавая паллету на следующий пост или возвращая в зону хранения. После чего на пост подается паллета с другим наименованием товара и т. п. Данный принцип отбора и комплектации в отличие от принципа «человек к товару» позволяет избежать перемещения комплектовщиков по складу, на что обычно может расходоваться около половины их рабочего времени. Если объем коробочной комплектации на складе является большим и интенсивным, для транспортировки паллет из зоны хранения к стационарному посту целесообразно использовать автоматический паллетный конвейер. Это соответственно позволит сократить работников, осуществляющих перемещение товаров по складу: в частности, например, операторов электротележек и ричтраков.

Поскольку на белорусских складах роботизация еще не нашла широкого применения, то для проведения исследования воспользуемся данными, предоставленными российской компанией ООО «Концепт Лоджик». Для начала рассмотрим пример с внедрением паллетного конвейера длиной 100 м (табл. 2).

Таблица 2

Оценка окупаемости паллетного конвейера по данным ООО «Концепт Лоджик»

Table 2

Estimation of the payback of the pallet conveyor according to the «Concept Logic» LLC

Параметры и показатели	Значения
Расстояние перемещения паллет / длина установленного конвейера, м	100
Стоимость конвейера (с НДС), млн р.	9
Скорость движения конвейера, м/с	1,0
Период подачи паллет на конвейер, с	18
Производительность конвейера, паллет/ч	200
Средняя скорость движения подъемно-транспортного оборудования (ПТО), м/с	2,8
Длина пути ПТО с учетом возврата, м	200
Средняя производительность ПТО по перемещению (не учитывая взятие, установку, подъем и спуск паллет), паллет/ч	50
Эквивалентное количество ПТО (погрузчики, штабелеры, ричтраки, электротележки и т. п.), шт.	4,0
Стоимость ПТО (электротележка с платформой для оператора) с НДС, тыс. р./шт.	625
Общая стоимость эквивалентного количества ПТО, млн р.	2,5
Количество операторов для эквивалентного количества ПТО, чел./смену	4,0
Стоимость рабочего времени оператора ПТО для компании, р./ч	409
Стоимость оператора ПТО для компании (1 980 часов) тыс. р./г.	810
Ежегодная экономия на персонале, млн р./г. в смену (8 ч)	3,2

Окончание табл. 2
Ending of the table 2

Параметры и показатели	Значения
Ежегодная экономия на персонале, млн р./г. в 3 смены (по 8 ч)	9,6
Средняя прибыль за час работы конвейера, тыс. р.	2,2
Период окупаемости конвейера, рабочих часов	4 005
Период окупаемости конвейера при работе 22 часа в сутки, сут.	182
Период окупаемости конвейера, мес.	6,1

Источник: [6].

Source: [6].

Как видно из данных табл. 2, установка паллетного конвейера длиной 100 м позволяет повысить производительность в 4 раза, заменить четырех операторов ПТО (подъемно-транспортного оборудования) в смену, а период окупаемости составляет около 6,1 мес. при работе 22 часа в сутки. Как известно, многие современные складские организации, в том числе белорусские, поддерживают режим функционирования 24/7.

Кроме этого, можно и далее усовершенствовать логистический процесс на складе за счет роботизации посредством замены комплектовщиков на стационарных постах роботами-манипуляторами. Такие роботы могут сочетать различные движения, вращаясь на 360°, работая как с отдельными коробами, так и с целым их слоем. Преимущество робота-манипулятора перед другими конструкциями роботов-укладчиков в том, что он может работать с ящиками и коробками различных размеров. Они обладают высокой производительностью, позволяя сократить используемый персонал и площадь зоны комплектации на складе. Стоимость робота-манипулятора может варьироваться в зависимости от грузоподъемности и радиуса действия, а также иных параметров. Что касается потребляемой электрической мощности, то она обычно не превышает 3–105 кВт, а суммарная стоимость техобслуживания за 8–10 лет не превышает 4–5 % первоначальной.

Рассмотрим пример с внедрением роботов для отбора и комплектации заказов на складе по данным компании ООО «Концепт Лоджик» (Россия) (табл. 3).

Таблица 3

**Оценка окупаемости роботов в зависимости от выполняемой функции
(без учета системы подачи товара на обработку) по данным ООО «Концепт Лоджик»**

Table 3

**Estimation of the payback of robots depending on the function performed
(without taking into account the system for supplying goods for processing) according to the «Concept Logic» LLC**

Параметры и показатели	Робот-укладчик коробов на паллеты	Робот-комплектовщик коробов	Робот-комплектовщик коробов (схема («человек к товару») (product scheme))
Стоимость робота, млн р. с НДС	20	20	20
Способ обработки	Слоями из четырех коробов	По одному коробу	По одному коробу
Производительность робота, кор./ч	2 400	1 000	1 000
Средняя производительность человека по отбору на стационарном посту (схема «товар к человеку»), кор./ч/чел.	250	250	—
Средняя производительность человека по отбору при перемещении по складу (схема «товар к человеку»), кор./ч/чел.	—	—	120

Окончание табл. 3
Ending of the table 3

Параметры и показатели	Робот-укладчик коробов на паллеты	Робот-комплектовщик коробов	Робот-комплектовщик коробов (схема («человек к товару») (product scheme))
Эквивалентное количество работников, чел.	9,6	4,0	8,3
Стоимость рабочего времени сотрудника для компании, р./час	364	364	364
Стоимость сотрудника для компании (1980 часов), тыс. р./г.	721	721	721
Ежегодная экономия на персонале (1980 ч/чел.) за смену (по 8 ч), млн р./г.	6,9	2,9	6,0
Ежегодная экономия на персонале (1980 ч/чел.) за 3 смены (по 8 ч), млн р./г.	20,7	8,7	18,0
Средняя прибыль за час работы робота, тыс. р.	3,5	1,5	3,0
Период окупаемости робота, рабочих часов	5 723	13 736	6 593
Период окупаемости робота при работе 22 ч. в сутки, сут.	260	624	300
Период окупаемости робота, мес.	8,7	20,8	10,0

Источник: [6].

Source: [6].

Как видно из табл. 3, использование роботов позволяет повысить производительность в 4–9,6 раза, заменить от 4 до более 9 человек в смену, а период окупаемости составляет около 8,7–20,8 месяцев при условии работы 22 ч. в сутки.

Заключение

Таким образом, автоматизация склада требует внедрения полноценной информационной системы управления – WMS, которая, в отличие от ERP, фокусируется на управлении складом, обеспечивая детальное управление складскими процессами и оптимизируя деятельность склада в целом. При этом необходимо понимать, что использование WMS отнюдь не всегда предполагает отказ от использования ручного труда. Роботизация является инструментом автоматизации и тоже может осуществляться относительно наиболее трудоемких операций логистического процесса на складе, не отменяя полностью ручной труд, который может задействоваться в иных операциях.

При этом актуальность и даже необходимость автоматизации и роботизации склада в современных условиях возрастает. Как показали результаты проведенного исследования, внедрение паллетного конвейера и роботов при отборе и комплектации заказов на складе позволяет повысить производительность, снизить количество сотрудников, задействованных на соответствующих этапах складского логистического процесса, сократить затраты на поиск и использование ручного труда.

Список использованных источников

1. Рынок складской логистики: вызовы, прогнозы и рекомендации экспертов // ibMedia.by. – URL: <https://ibmedia.by/business/rynok-skladskoj-logistiki-vyzovy-prognozy-i-rekomendatsii-ekspertov/> (дата обращения: 16.07.2024).

2. Автоматизация склада // Альянс софт. – URL: <https://asoft.by/resheniya/avtomatizaciya-sklada-wms#:~:text=%D0%90% B8> (дата обращения: 19.07.2024).
3. WMS для управления складом: что такое и как выбрать // SimbirSoft. – URL: <https://www.simbirsoft.com/blog/wms-dlya-upravleniya-skladom-cto-takoe-i-kak-vybrat-/> (дата обращения: 19.07.2024).
4. Российский рынок WMS // TADVISER. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1D0%B0> (дата обращения: 20.07.2024).
5. Безюков, В. Роботизация и автоматизация: как роботы изменят будущее производства и бизнеса / В. Безюков // Integrator.Digital. – URL: https://integrator.digital/blog/vse_o_crm/robotizacija-i-avtomatizacija-biznesa-i-proizvodstva/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 19.07.2024).
6. Волочков, А. Эффективность складских роботов и других «бесчеловечных» технологий / А. Волочков // Фотомеханика. – URL: <https://sorters.ru/%D1%8D%D1%84%D1%D0%B2/> (дата обращения: 16.07.2024).

References

1. Warehouse logistics market: challenges, forecasts and expert recommendations. Available at: <https://ibmedia.by/business/rynok-skladskoj-logistiki-vyzovy-prognozy-i-rekomendatsii-ekspertov/> (accessed 16 July 2024) (in Russian).
2. Warehouse automation. Available at: <https://asoft.by/resheniya/avtomatizaciya-sklada-wms#:~:text=%D0%90% B8> (accessed 19 July 2024) (in Russian).
3. WMS for warehouse management: what it is and how to choose. Available at: <https://www.simbirsoft.com/blog/wms-dlya-upravleniya-skladom-cto-takoe-i-kak-vybrat-/> (accessed 19 July 2024) (in Russian).
4. Rossiyskiy rynek WMS [Russian WMS market]. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1D0%B0> (accessed 20 July 2024) (in Russian).
5. Bezyukov V. Robotization and automation: how robots will change the future of production and business. *Integrator. Digital*. Available at: https://integrator.digital/blog/vse_o_crm/robotizacija-i-avtomatizacija-biznesa-i-proizvodstva/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (accessed 19 July 2024) (in Russian).
6. Volochkov A. Efficiency of warehouse robots and other “inhuman” technologies. Available at: <https://sorters.ru/%D1%8D%D1%84%D1%D0%B2/> (accessed 16 July 2024) (in Russian).

Информация об авторе

Костюкова Елена Николаевна – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры логистики, Институт бизнеса БГУ, e-mail: sklad-log2017@mail.ru

Information about the author

Kostyukova H. – PhD in Economic sciences, Associate Professor; Associate Professor at the Department logistics, School of Business of BSU, sklad-log2017@mail.ru

Статья поступила в редколлегию 18.09.2024

Received by editorial board 18.09.2024