

Научная статья
УДК 656:656.225:658.78

Подходы к анализу грузопотоков для внедрения современных технологий хранения и терминальной обработки грузов

Василий Александрович Демин¹, Дарья Андреевна Комкова²,
Виктория Дарабовна Герами³

^{1,2}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

³Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

¹ logist3@yandex.ru

² komkova_da@madi.ru

³ v_gerami@mail.ru

Аннотация. Компании производители и ритейлеры конкурируют друг с другом через эффективность цепи поставок. При этом внедрение современных технологий грузообработки позволяет осуществить значительную экономию финансовых и временных ресурсов. Для успешного осуществления операционной логистической деятельности компании требуется оптимизация в части планирования и распределения ресурсов на каждом этапе логистической цепочки, в том числе на этапе грузообработке в терминально-складских комплексах.

Авторами разработана концепция методики выбора технологий хранения и грузообработки. Концепт представляет собой алгоритмизацию процесса подбора современных решений на базе ключевых факторов. В статье представлен подробный анализ существующих технологий и аргументированно выделены наиболее эффективные из них. Также рассмотрены виды автоматизации и оптимизации складских процессов. Определен порядок организации анализа грузовых потоков и запасов, выявлены наиболее значимые показатели при определении технологии хранения и терминальной обработки.

Представленная методика дает возможность адаптировать процесс выбора технологий по автоматизации и оптимизации складских процессов под решение задач широкого спектра транспортно-логистического комплекса.

Ключевые слова: логистические технологии, склад, роботизация, автоматизация, логистические транспортные процессы.

Для цитирования: Демин В.А., Комкова Д.А., Герами В.Д. Подходы к анализу грузопотоков для внедрения современных технологий хранения и терминальной обработки грузов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №1(35).

Original article

Approaches to the analysis of cargo flows for the introduction of modern technologies of cargo storage and terminal processing

Vasily A. Demin¹, Daria A. Komkova², Victoria D. Gerami³

^{1,2}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia

³National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

¹logist3@yandex.ru

²komkova_da@madi.ru

³v_gerami@mail.ru

Abstract. Manufacturers and retailers compete with each other through supply chain efficiency. At the same time, the implementation of modern cargo handling technologies enables significant savings in financial and time resources. The successful implementation of a company's logistics operations requires optimisation in terms of planning and resource allocation at each stage of the logistics chain, including at the stage of cargo handling in terminal and warehouse complexes.

The authors have developed a concept of methodology for selecting storage and cargo handling technologies. The concept is an algorithmization of the process of selecting modern solutions based on key factors. The article presents a detailed analysis of existing technologies and argues for the most efficient ones. The types of automation and optimisation of warehouse processes are also considered. The order of organization of analysis of cargo flows and stocks is determined; the most important indicators for determining the technology of storage and terminal processing are revealed.

The presented methodology provides the opportunity to adapt the process of technology selection for automation and optimization of warehouse processes to solve problems of a wide range of transport and logistics complexes.

Keywords: logistics technologies, warehouse, robotics, automation, logistics transport processes.

For citation: Demin V.A., Komkova D.A., Gerami V.D. Approaches to the analysis of cargo flows for the introduction of modern technologies of cargo storage and terminal processing. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №1 (35).

Введение

Экономика страны напрямую коррелируется с наличием высокоэффективных логистических центров и производственных компаний.

Рост финансовых показателей свидетельствует о наличии на складах грузовпродукции и грузов с различной оборачиваемостью. Высокая пропускная способность складов и скорость обработки заказов с учетом трудоемкости выполнения операций являются приоритетами при развитии современных терминально-складских комплексов. Ключевые конкурентные показатели бизнеса, такие как OSA, NPS, во многом зависят от этих параметров.

Большое внимание на таких складах уделяется топологии склада – выделению достаточных операционных площадей, их конфигурации и расположению. При достижении условия высокоэффективности работы складского комплекса важным параметром является степень развития автоматизации процессов.

Первые складские помещения с относительно современными стандартами были введены в эксплуатацию еще в 1960-х годах. В то время возможности технологий были крайне ограничены. Появление современных складских беспилотных роботизированных технологий стало возможным в 1990-х годах, одновременно с развитием компьютеров.

Современные технологии хранения и грузообработки

Современные компании постоянно заботятся о скорости и производительности процессов в цепи поставок. При формировании бизнес процессов в развивающейся транспортно-логистической компании стратегия развития подчинена процессам оптимизации ресурсов при управлении основными и сопутствующими потоками. Логистическая стратегия может быть основана на поиске оптимума первого порядка для одного или нескольких ключевых показателей. Значительное конкурентное преимущество приобретают компании, обладающие более высокой скоростью и производительностью цепями поставок [1].

Скорость выполнения операций и соответственно снижение lead time (времени исполнения заказа) становятся важнейшими трендами, влияющими

на работу складов поставщиков и ритейлеров. Вместе с трендом по дефициту персонала они подводят менеджмент к замене ручного труда там, где это возможно на роботизацию и автоматизацию.

Технология «кросс-докинг» позволяет переформировывать транспортные или грузовые потоки, обеспечивая прием грузов с транспортных средств и отправку грузов в новом составе или другим транспортом без хранения продукции на складе. Ключевым элементом в «кросс-докинге» является согласование сроков прибытия и отгрузки продукции с учетом переформирования потоков без процесса хранения на складе. При этом существует несколько разновидностей технологии «кросс-докинга» [2]:

терминальная технология (одноэтапный кросс-докинг) – переформирование грузовых и транспортных потоков без изменения грузовой единицы;

двухэтапный кросс-докинг – переформирование грузовых и транспортных потоков с изменением формата грузовой единицы. Например, формирование монопаллеты с одним SKU из продукции, пришедшей навалом, либо наоборот, разделение монопаллет на заказы получателей;

«Кросс-докинг» с подсортировкой – добавление продукции из зоны хранения к партии груза, формируемой из входящего потока и передаваемого на отгрузку.

Технология «Break Bulk cross docking» (BBXD) является частной версией «кросс-докинга». Технология BBXD представляет собой перевалку овощей и фруктов, охлажденной рыбной продукции, молочной продукции, непродовольственной и продовольственной продукции без специальных условий хранения и транспортировки.

Технология «Pick-by-line» (размещение по линии) представляет собой перемещение принятых грузов из зоны приемки в зону отгрузки (с возможностью подсортировки из зоны хранения) с распределением по

заказам и маршрутам доставки в выделенной для этого зоне. Данная технология позволяет вывозить из зоны хранения целую грузовую единицу или ее большую часть и распределять с нее отдельные упаковки или штуки по секторам заказов.

Ряд задач, выполняемых на складе операторами, носят повторяющиеся, системные действия, не требующие умственных и физических данных, которыми обладает человек. Кроме того, роботизация на складах продиктована не только экономическими и ресурсными ограничениями, но и неизбежностью движения прогресса, а значит и увеличением производительности труда. «Робот» не требует отдыха и работает по точно определенному алгоритму, который запрограммировал человек в систему.

Данные операции, как правило, просты для интеграции на складах, в которых уже работает WMS, т.к. процессы уже работают с участием человека. Разница лишь в том, что система управляет действиями оператора, а не действиями «робота» [3].

Именно поэтому применение рассмотренных выше роботизированных технологий, и в особенности напольных роботов, становится наиболее рациональным решением, обеспечивающим достижения стратегических задач. Особенность технологий хранения и грузообработки заключается в их специализированности. Важным параметром эффективного выбора технологии хранения является характер грузовых потоков.

Анализ грузовых потоков

Детальный анализ грузовых потоков дает необходимую расчетную основу для оценки и выбора технологии хранения и грузообработки. Компании, не обладая нужными инструментами и подходами для проведения глубокого анализа, проводят верхнеуровневую оценку в формате оценки среднего и максимального уровней запасов. Этот принцип оценки заводит выбор технологии в тупик. При детальном анализе грузовых потоков и запасов в разрезе по наименованиям можно выявить группу SKU, которые

генерируют запасы, соответствующие применению сверхплотных технологий хранения, обеспечивающих максимальную утилизацию склада. Часто доля таких грузовых позиций не превышает 5-7% от общего количества наименований, но запас, который они создают, может соответствовать 20...30% от всех единовременно хранимых запасов. Кроме того, анализ грузовых потоков и запасов в разрезе по SKU по каждому дню ретроспективного и прогнозируемого периода создает необходимую расчетную базу для определения количества мест хранения и, следовательно, оборудования для хранения. Именно такой подход с учетом весогабаритных характеристик позволяет каждому SKU сгруппировать позиции по критерию применимости диапазонов размеров мест хранения и отбора, что позволяет использовать одно и то же место для разных наименований, которые ротируются в течение года. Это единственно правильный подход в отличие от широко распространённого, заключающегося в простом суммировании объемов по всем SKU за каждый день. Данный метод не позволяет определить требуемые конструкции для мест хранения и отбора, а также высокоэффективные технологии [4].

Существует иной неверный подход в определении технологии хранения. Данный метод заключается в разделении грузовых позиции по габаритным признакам. Сотрудники складских территорий суммируют среднегодовой (иногда даже максимальный) единовременно хранящийся запас по каждой товарной позиции, что приводит к необоснованному увеличению потребностей по вместимости зоны хранения в разы. Таким образом, широко применяемые методы расчета уводят компанию в сторону от правильного результата, создавая значительные потери в инвестициях.

В данной статье предлагается рассмотреть последовательность анализа грузовых потоков и запасов и набор метрик, которые позволят в дальнейшем безошибочно выбрать технологии и рассчитать размерности зон (рис.2.).

Процесс начинается с анализа и верификации данных по товарным потокам и запасам.

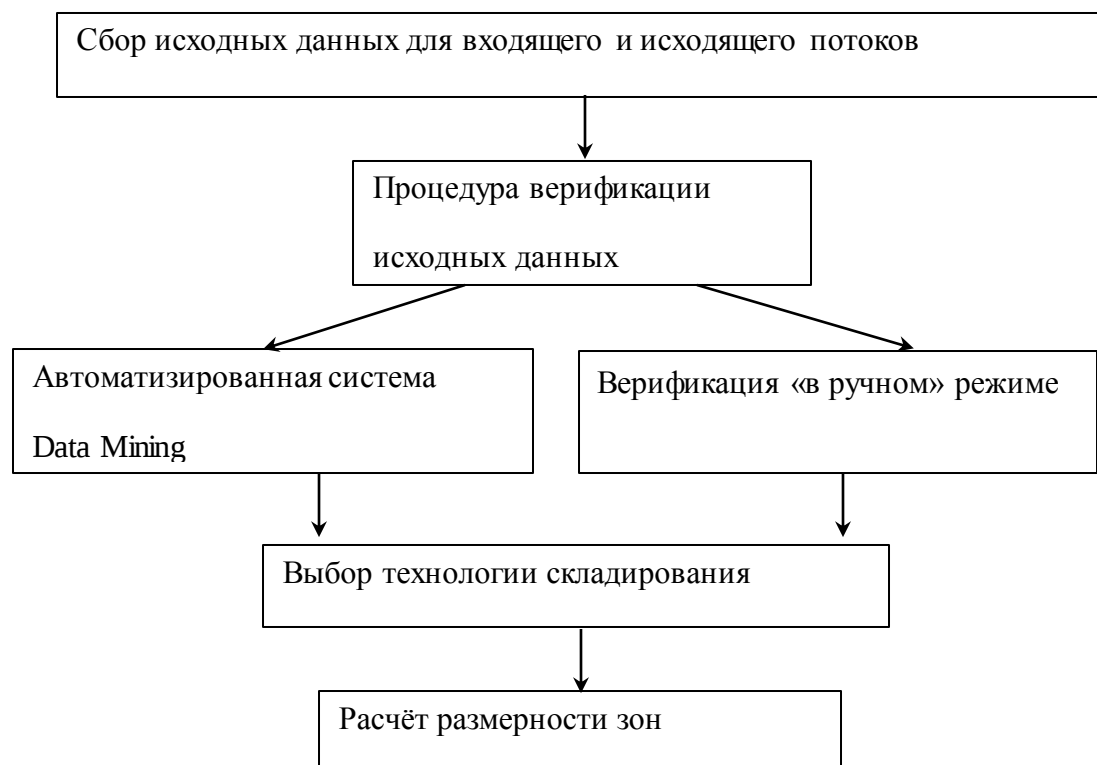


Рис. 2. Схема организации анализа грузовых потоков и запасов

Исходные данные для входящего и исходящего потоков

Для целей проектирования технологии терминально-складских процессов необходимо сформировать банк исходных данных по потокам (входящему/исходящему), объему хранения за период не менее 12–24 месяцев, так как именно в этом периоде можно отследить сезонные колебания, сопоставить динамику потоков с внешними воздействиями и оценить реакцию склада в изменении потребных ресурсов [5].

К исходным данным относятся:

- весогабаритные характеристики по каждой упаковке товарной позиции с выделением грузовых групп и единиц измерения, количества учетных единиц в каждой грузовой единице (кратность упаковки), физические свойства упаковки и ограничения в хранении;

- данные по поступлению продукции по каждой позиции за каждый день;
- данные по отгрузкам продукции по каждой позиции за каждый день;
- данные по остаткам (запасам) продукции по каждой позиции за каждый день;
- структура входящих, исходящих и внутренних грузовых потоков;
- данные по обращениям (накладным) к товарным позициям;
- количество отгружаемых заказов за каждый день;
- данные по входящему и исходящему транспортным потокам;
- прогноз изменения грузооборота и запасов на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Следующим этапом идет процедура верификации. На этом этапе происходит выявление ошибок, разрывов и «пробелов» в собранных данных.

Анализ материала позволил выделить наиболее типовые и часто распространенные ошибки:

- несоответствие данных по поступлениям и отгрузкам фактическим (реальным) данным вследствие некорректного выполнения учетных операций (транзакций),
 - несвоевременность выполнения, включения в отчет по движению продукции только части транзакций.
- несоответствие расчетных остатков (запасов) продукции учетным;
- ошибки в справочнике весогабаритных характеристик продукции: некорректные размеры и вес продукции, кратности упаковок, отсутствие данных по свойствам грузов и ограничениях (например, штабелирование и т.п.), некорректные данные по вместимости укрупненных единиц и грузовых единиц.

Для проведения верификации используются специализированные системы анализа и верификации данных, которые, как правило, имеют в своей основе алгоритмы Data Mining (интеллектуальный анализ данных) [8].

При проведении верификации «в ручном» режиме, например, в MS Excel, необходимо в первую очередь обратить внимание на те SKU, которые дают наиболее максимальные и наиболее минимальные объемы в приходе, расходе и остатках. Проверить на соответствие реальности их весогабаритные характеристики, а также количественные параметры по приходу, расходу и остаткам.

Таким образом, ошибка в несколько сантиметров в весогабаритных характеристиках единицы товара при его значительных геометрических размерах критично не повлияет на результаты расчетов. В другое время, такая же допущенная ошибка в мелкоштучной массовой продукции (с миллионными значениями в движении учетных единиц), приведет к существенному искажению достоверности результатов расчетов.

Указанный комплекс данных минимально необходим для определения основных характеристик потоков (входящего, исходящего) и объема хранения – как в разрезе периода, так и по каждому дню периода.

Выбор технологии хранения и грузообработки

Выбор технологии зависит от параметров грузовых потоков, а также задач бизнеса и его дальнейшего развития [6]. Под задачами можно понимать:

- увеличение пропускной способности или снижение утилизации хранения;
- снижение OPEX или увеличение сервиса;
- повышение скорости комплектации или снижение ошибок;
- все выше указанные показатели в комплексе.

При формировании степени приоритезации технологий важно учитывать такие индикаторы, как плотность хранения и скорость выполнения

операций. На одном квадратном метре площади склада можно разместить в 2,5 раза больше продукции, если использовать вместо часто применяемой широкопроходной технологии набивную, мобильную или 3D шаттл, а скорость исполнения заказа увеличить в 7,5 раз заменив перемещения сборщика при комплектации на напольных роботов. Однако каждая из указанных ранее технологий, помимо преимуществ обладает ограничениями в применении. Для безошибочного выбора технологий хранения и грузообработки необходимо опираться на анализ параметров грузовых потоков, а также требований бизнеса к складскому обслуживанию с сопоставлением с теми показателями, которые дает каждая технология.

Выводы

Для безошибочного выбора технологии хранения и грузообработки каждого склада необходим детальный анализ потоков грузов, который начинается со сбора исходных данных с последующей верификацией. Данный процесс позволяет выявить ошибки, разрывы и «пробелы» в полученных данных. Если обнаруживается ошибка по геометрическим характеристикам, то она незначительна (на результат не повлияет), но время будет считаться такой же ошибкой и приведет к существенному искажению достоверности результатов расчетов с миллионными значениями в движении учетных единиц.

Складское хозяйство долгое время находилось без должного внимания. Впоследствии это привело к снижению эффективности на производстве, и как следствие, нашло отражение на показателях эффективности в масштабах страны.

Рассмотренные в статье технологии позволяют унифицировано подойти к решению задач по повышению эффективности транспортно-логистических комплексов.

Список источников

1. Demin V.A., Efimenko D.B., Komkova D.A., Rogov V.R., Blinov D.V. 2021 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications, SOSG, Moscow, 16 – 18 марта 2021 г. – Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., art. no. 9416077, – DOI: 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416077
2. Демин, В.А. Актуальные задачи развития транспортно-логистических систем / В.А. Демин // Мир транспорта. – 2018. – № 6 (79). – С. 14–19.
3. Апостолов, И.Ю. Склады в системе физического распределения товара. Выбор склада и места для склада. Международные классификаторы складов / И.Ю. Апостолов // Современные экономические процессы. – 2022. – Т. 2, № 1. – С. 8-19. – DOI 10.55030/2713-0266-2022-2-1-8-19.
4. Иванов, В.М. Концепция кросс-докинга и перспективы ее использования в России / В.М. Иванов, М.А. Кербникова // Великие реки – 2020: Труды 22-го международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – С. 138.
5. Ташбаев, Ы. Тенденции развития российской логистики в 2019-2020 годах: прогнозы и действительность / Ы. Ташбаев, В. Демин, А. Зверев // Логистика. – 2020. – № 1(158). – С. 32-35.
6. Демин, В.А. Эффективные методы снижения неликвидных ТМЦ и невостребованного имущества в логистических системах промышленных предприятий / В.А. Демин, Д.А. Комкова, А.Р. Даниелян // Логистика сегодня. – 2017. – № 3. – С. 174-180.
7. Быкова, Г.П. Особенности экономико-математического моделирования некоторых логистических операций / Г.П. Быкова // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XVI международной научно-практической конференции, Оренбург, 11–13 ноября 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 127-132.
8. Блинов, Д.В. Применение нейросетей в оперативной логистике / Д.В. Блинов // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 8(8). – С. 42-43.
9. Мелкопартионная доставка товаров при использовании мультиагентного подхода / Д.Б. Ефименко, В.А. Демин, Комкова Д.А., Герами В.Д. // Мир транспорта. – 2023. – № 1-1 (80). – С. 125-131.
10. Содержание и направления развития логистики международного товародвижения / Д.Б. Ефименко, К.В. Холопов, М.Н. Вражнова, А.М. Голубчик // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2023. – № 1(72). – С. 61-68.

References

1. Demin V.A., Efimenko D.B., Komkova D.A., Rogov V.R., Blinov D. V. 2021 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications, SOSG,

Moscow, 16 – 18 March 2021 г. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., art. no. 9416077.

2. Demin V.A. *Mir transporta*, 2018, no. 6 (79), PP. 14–19.
3. Apostolov I.YU. *Sovremennyye ekonomicheskiye protsessy*, 2022, Vol. 2, No. 1, PP. 8-19.
4. Ivanov V.M., Kerbnikova M.A *Velikiye reki – 2020*, Nizhniy Novgorod, Volzhskiy gosudarstvennyy universitet vodnogo transporta, 2020, p. 138.
5. Tashbayev Y., Demin V., Zverev A. *Logistika*, 2020, no. 1(158), PP. 32-35.
6. Demin V.A., Komkova D.A., Daniyelyan A.R. *Logistika segodnya*, 2017, no. 3, pp. 174-180.
7. Bykova G.P. *Progressivnyye tekhnologii v transportnykh sistemakh*, Orenburg: Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet, 2021, pp. 127-132.
8. Blinov D.V. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 2007, no. 8(8), pp. 42-43.
9. Efimenko D.B., Demin V.A., Komkova D.A., Gerami V.D. *Mir transporta*, 2023, no. 1-1 (80), pp. 125-131.
10. Efimenko D.B., Kholopov K.V., Vrazhnova M.N., Golubchik A.M., *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*, 2023, no 1(72), pp. 61-68.

Рецензент: Д.Б. Ефименко, д-р техн. наук, проф., МАДИ

Информация об авторах

Демин Василий Александрович, д-р техн. наук, доц., МАДИ.

Комкова Дарья Андреевна, ст. преподаватель, МАДИ.

Герامي Виктория Дарабовна, д-р техн. наук, проф., НИУ ВШЭ

Information about the authors

Demin Vasily A., Dr. Sc., associated professor, MADI.

Komkova Daria A., senior lecturer, MADI.

Gerami Victoria D., Dr. Sc., professor, HSE.

Статья поступила в редакцию 20.04.2023; одобрена после рецензирования 26.05.2023; принята к публикации 29.05.2023.

The article was submitted 20.04.2023; approved after reviewing 26.05.2023; accepted for publication 29.05.2023.