



Кирилл Толмачев,
к.т.н., генеральный директор
ООО «Концепт Лоджик»



Елизавета Толмачева,
аналитик ООО «Концепт Лоджик»

ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РОЗНИЧНОГО КОМИССИОНИРОВАНИЯ НА СКЛАДАХ E-COMMERCE ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМОВ СОКРАЩЕНИЯ ПРОБЕГА ОТБОРЩИКА И АВС-РАЗМЕЩЕНИЯ ТОВАРА

Аннотация. В статье рассмотрены способы повышения эффективности оптимизации затрат на производственных складах. В результате анализа способов отбора заказов на розничных складах проведена разработка технологии хранения, размещения и отбора заказов. При исследовании методов решения задачи коммивояжера выявлен оптимальный вариант, который был применен к решению задачи оптимизации. В результате оптимизации размещения товаров посредством АВС-анализа и оптимизации пути с помощью решения задачи коммивояжера достигнуто сокращение пробега на 24% и повышение эффективности операций отбора примерно на 15%.

Ключевые слова. Оптимизация затрат, АВС-анализ, отбор заказов, оптимизация пути, задача коммивояжера.

Annotation. The article considers the increase in the efficiency of cost optimization in production warehouses. As a result of the analysis of the methods of selecting orders at retail warehouses, a technology was developed for storing, placing and selecting orders. In case of a research of methods of solving the traveling salesman problem, the optimal one was found and applied to the solution of the optimization problem. As a result of optimizing the placement of goods using ABC-analysis and optimization of the path by solving the traveling salesman problem, a mileage reduction of 24% and an increase in efficiency selection operations of about 15%.

Key words. Cost optimization, ABC-analysis, order selection, path optimization, traveling salesman problem.

Развитие интернет-торговли, или e-commerce, потребовало усиления компетенции штучного отбора на складах как товаровладельцев, так и логистических операторов, оказывающих услуги фулфилмента. По оценке ВВС (British Broadcasting Corporation), прирост объемов рынка e-commerce на 1 млрд долл. требует не менее 77 тыс. м² обеспечивающих продажи складов. По оценкам того же источника, рост данного сегмента рынка в странах Восточной Европы и РФ составит к 2020 г. около 23 млрд долл., или в пересчете на потребности в складской компоненте 77 тыс. м² [1].

Ввиду высокой вариабельности ассортимента по весогабаритным характеристикам и трудно прогнозируемой стабильности товаропотоков и клиентов большинство логистических операторов пока отказываются от автома-

тизации операций розничного отбора, используя ручные технологии в связке «отборщик + терминал сбора данных и/или лист отбора». Нарастание конкуренции как между интернет-магазинами, так и между фулфилмент-провайдерами сокращает количество сменных волн отбора, и зачастую исполнение заказа может производиться по факту его появления в информационной системе склада. Такая тенденция вынуждает использовать на складах принцип отбора «один человек – один заказ», что приводит к удлинению пробега отборщика и снижению эффективности его операций.

Практика логистического аудита показывает, что оперативное время при отборе товара состоит из следующих основных видов временных затрат:

- затраты на перемещение отборщика по маршруту отборки;

- затраты на изъятие товара с мест хранения согласно отборочному листу;
- затраты на получение задания, изучение товара, передачу отобранных заказов контролерам и др.

Типичное распределение временных затрат на операции отбора товара показано на рис. 1.

Наиболее трудозатратной операцией является перемещение отборщика между местами хранения, на которое приходится более половины рабочего времени, и эти затраты суммарно превышают затраты на физический отбор и работу с документами или терминалом сбора данных. Сокращение пробега отборщиков позволяет снизить численность персонала и размер фонда оплаты труда, ускорить отбор и повысить качество логистического сервиса и других ключевых показателей (KPI) [11].

Минимизировать маршрут отборщика возможно, если для каждого задания на отбор выполнять поиск кратчайшего пути обхода всех мест хранения товара при условии, что каждое место складирования можно посетить только один раз. Математическая постановка такой задачи известна с 1934 г. как «задача коммивояжера» [2, 3, 5], которую можно представить как поиск на графе гамильтонова цикла с наименьшей суммой длин дуг, входящих в этот цикл. Пусть K – полная длина цикла C , который проходит через все вершины v_i графа с длинами дуг h_i .

$$K(C) = \sum d_i \rightarrow \min,$$

$$K_m = \langle v_0, v_1, v_2, \dots, v_{r-1}, v_r, v_{r+1} \rangle,$$

$$v_0 = v_{r+1}.$$

Известно несколько методов решения задачи коммивояжера [5], включающих в себя поиск пространства решений, увеличивающийся экспоненциально в зависимости от количества вершин графа. Поскольку типовой заказ (из практики авторов) для одного отборщика не превышает 15–20 артикулов (или строк), решение задачи коммивояжера возможно проводить с использованием любого точного алгоритма, например полного перебора, алгоритма Литтла, или метода ветвей и границ [2, 4, 6]. В случае нарастания количества строк, приходящихся на одного отборщика, целесообразно применение приближенных методов решения, существенно сокращающих время расчета и позволяющих получать результат без видимого ожидания расчета. Обычно за формирование маршрута отвечает либо сам отборщик, либо система управления складом (WMS). Как показывает практика, потенциал WMS по оптимизации маршрута на складах используют в недостаточной степени, принудительно выстраивая перемещение отборщика в виде змейки и кругового обхода, которые не в общем случае не являются минимальными. Для понимания потенциала сокращения пробега за счет перехода к минимальному пути мы провели моделирование пробегов на программном комплексе, позволяющем оценить выигрыш в пробегах для минимального пути и движения змейкой в различных топологиях склада и при различной структуре заказов.

В среднем оптимизация пути отбора позволяет сократить дистанцию пробега на 25–30% на одного отборщика при неоптимизированной системе хранения без использования ABC-критерия частоты обращения к товарной позиции. На рис. 2 показан минимальный

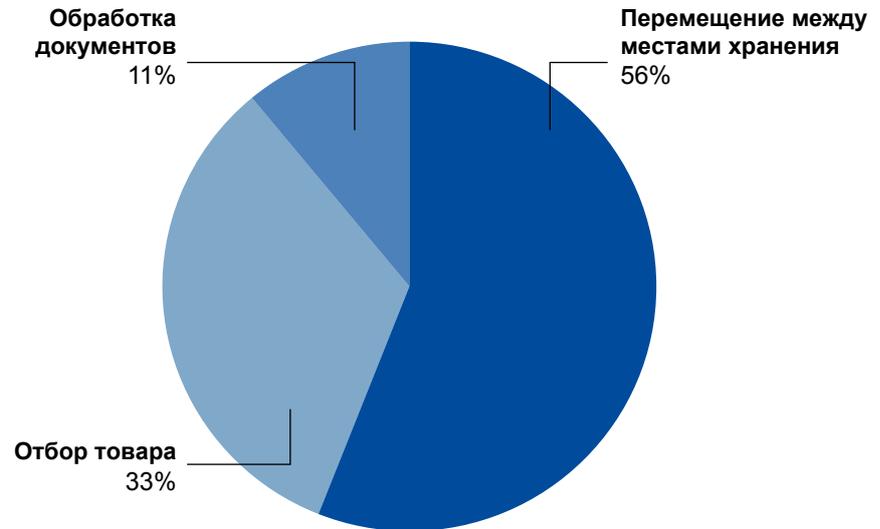


Рисунок 1. Распределение временных затрат операций отбора
Источник: разработано авторами

путь отборщика при коммиссионировании заказа из 14 артикулов.

Сокращение пробега на 30% дает повышение эффективности операций отбора примерно на 15% (для распределения трудозатрат по рис. 1). При этом для достижения такого эффекта достаточно провести доработку информационной системы или WMS-программы

для решения задачи коммивояжера по любому из методов.

Похожий положительный эффект дает использование метода минимизации пути с размещением товара по ABCD-признаку частоты обращения к артикулу, что позволяет уплотнить маршрут за счет компактного размещения товарных групп одной категории

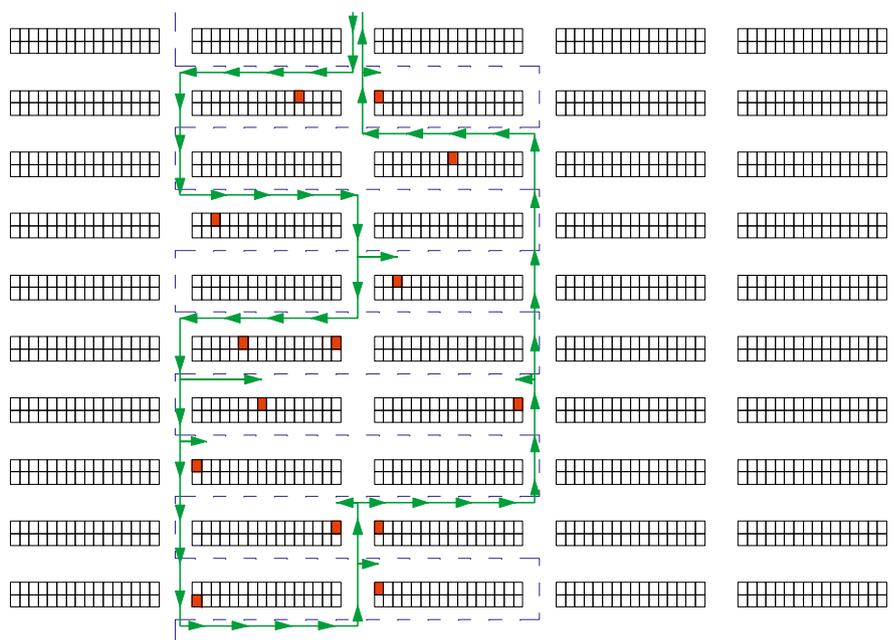


Рисунок 2. Минимальный пробег отборщика. Змейка – 260 м, минимальный пробег – 197 м, выигрыш – 24%

Источник: разработано авторами

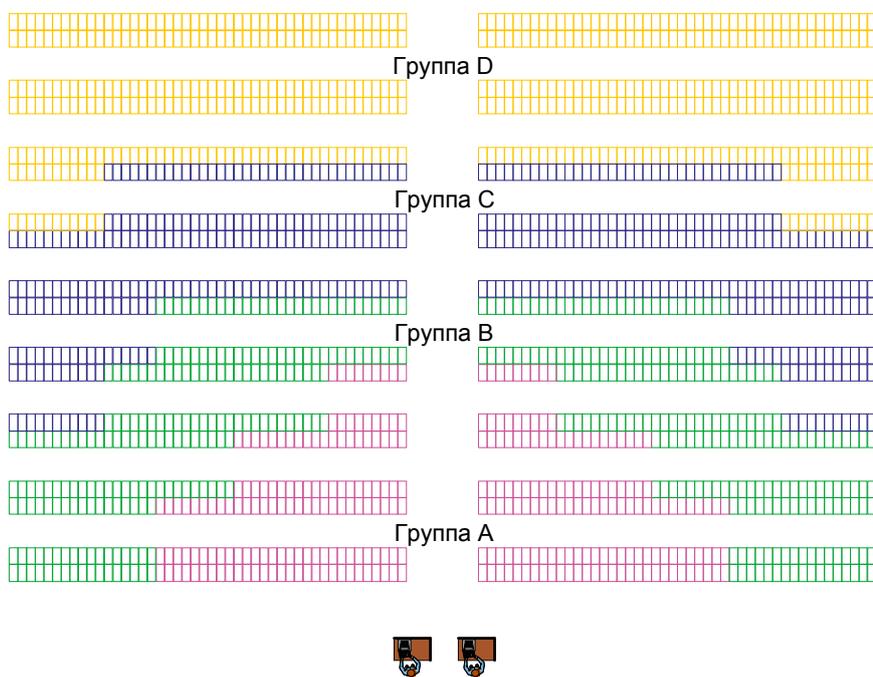


Рисунок 3. Схема размещения товара по ABC-признакам для совмещенных точек приема заданий и передачи товара
 Источник: разработано авторами

спроса на местах хранения, ближайших к точкам получения задания или передачи отобранного заказа.

В рассматриваемом примере по результатам ABC-анализа [3] складская номенклатура разбита на следующие группы по частоте обращения к позиции:

- товары категории А – 1100 артикулов;
- товары категории В – 1600 артикулов;
- товары категории С – 1700 артикулов;
- товары категории D – 2000 артикулов.

Товарные группы целесообразно располагать по мере удаления от маршрута движения и от точек приема-передачи задания на отбор и отобранных заказов по следующей схеме: группа А – максимально близко, группа В – после группы А и т.д.

На рис. 3 представлена схема размещения товара на фронтальных полочных стеллажах при наличии одного центрального прохода и одной точки приема-передачи задания на отбор и отобранных

заказов. В такой топологии размещения минимизируются пробег при отборе товаров категории А и В. Однако применять такое размещение товара следует с осторожностью и на основе расчета [7–10], так как количество отборщиков, одновременно работающих в зоне А, может нарастать до полного тромбирования зоны. Схема на рис. 4 отражает рациональное построение системы хранения, когда место выдачи заданий разнесено от места передачи товара. Данная топология может успешно использоваться и для случая совмещенных точек приема-передачи, так как обеспечивает равномерное распределение отборщиков вдоль центрального прохода.

Сравнительный анализ длины пробега отборщика при размещении товара без применения каких-либо критериев и по принципу размещения с учетом ABC-анализа согласно рис. 4 показал сокращение пробега в 1,4 раза – с 360 м до 255 м в среднем. При этом выигрыш нарастает до 1,8 раз для заказов с товарами, относящимися к группам А и В.

На рис. 5 и 6 представлены схемы пробега отборщика при неоптимизированной системе хранения и с размещением товара по ABC-принципу.

Отметим случаи, когда ABC-зонирование не принесет результата:

- ABC-распределение явно не выражено при значительном количестве строк в заказе – ситуация «все равно все обходить»;
- ABC-распределение очень сильно выражено – люди будут толпиться в зоне А и мешать друг другу. В этом случае необходимо зону А конфигурировать отдельно, что часто приводит к изменению схем расстановки

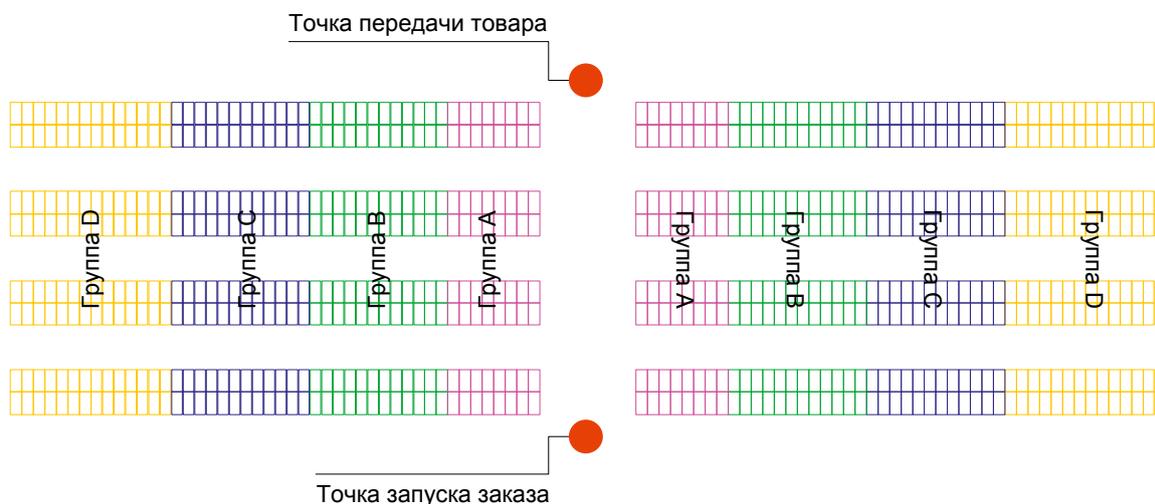


Рисунок 4. Схема размещения товара по ABC-признакам для разнесенных точек приема заданий и передачи товара
 Источник: разработано авторами

стеллажей и изменениям в технологическом зонировании склада.

Основные выводы:

- решение задачи по поиску минимального пути позволяет сократить затраты на отбор заказа в среднем на 15–25%;
- использование ABC-анализа для размещения товара на местах хранения и решение задачи обхода повышает производительность отбора на 25–30%;
- программная реализация подхода средствами WMS-решения и/или доработки информационной системы позволяет исключить человеческий фактор из процесса маршрутизации и комплексно автоматизировать решение задачи коммивояжера и задачи ABC-размещения товарных артикулов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. European E-Commerce, E-Fulfilment and Job Creation. Электронный ресурс: URL: <https://www.prologis.com/logistics-industry-research/european-e-commerce-e-fulfilment-and-job-creation>
2. Таха Х. А. Введение в исследование операций. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
3. Лукинский В.С., Лукинский В.В. Модели и методы теории логистики: учеб. пособие. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
4. Левитин А. Алгоритмы: введение в разработку и анализ // М.: Вильямс, 2006. – 575 с.
5. Мудров В. И. Задача о коммивояжере – 2-е изд. – М.: Либроком, 2013. – 64 с.
6. Макконнелл Дж. Основы современных алгоритмов. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
7. Бабаев А., Фетисова Т. Выбор технологии хранения и обработки товара // Складские технологии. – 2008. – № 4.
8. Иванов А. И. Второй этап проектирования склада // Складские технологии. – 2007. – № 3.
9. Иванов А. И. Проектирование склада: пример расчетов // Складские технологии. – 2007. – № 4.
10. Толмачев К. С. Строительство склада: этап проектирования // Складские технологии. – 2007. – № 2.
11. Толмачев К. С. Ключевые показатели работы (KPI) складского комплекса // Складские технологии. – 2008. – № 2.

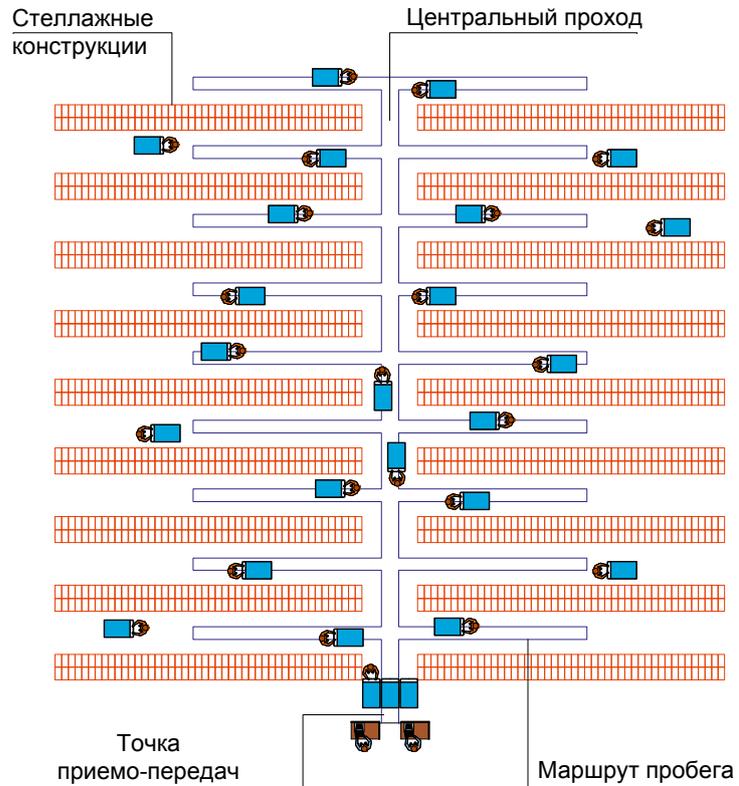


Рисунок 5. Пробег 360 м в неоптимизированной системе
Источник: разработано авторами

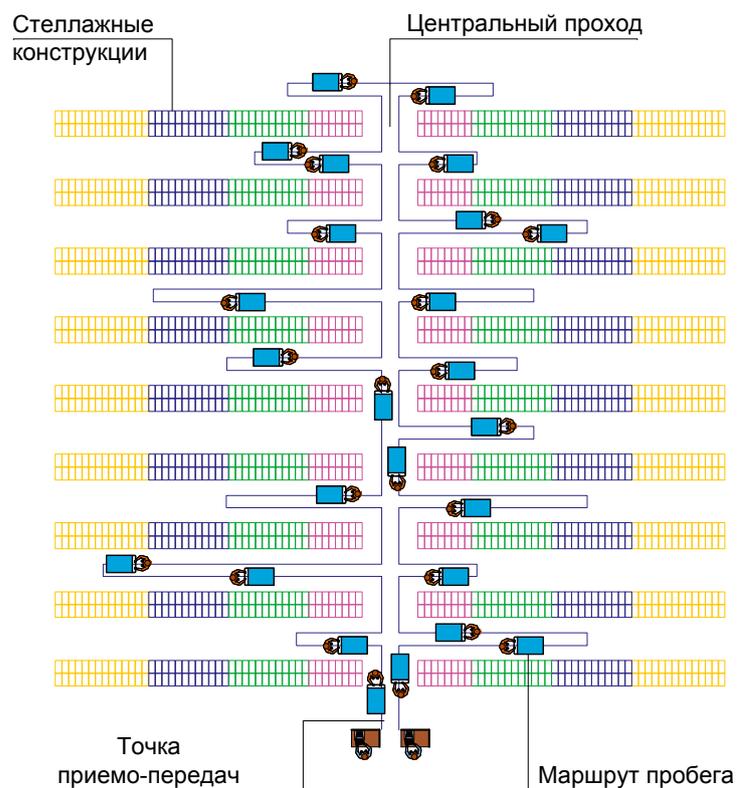


Рисунок 6. Пробег 255 м при размещении товара по ABC-признаку
Источник: разработано авторами