

## СЕТЕВОЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРУЗОПЕРЕРАБОТКИ

*В статье предложена новая функциональная модель рациональной организации грузопереработки на складе.*

*На основе формализации дана количественная оценка факторам, оказывающим влияние на грузопереработку. Особое внимание обращается на те из них, которые не влияют либо слабо влияют на уровень оказываемого покупателям сервиса.*



**ИСАЙЧИКОВА**  
Наталья Ивановна,

кандидат экономических наук,  
доцент, заведующий кафедрой  
маркетинга и логистики Гомельского  
филиала Международного  
университета «МИТСО»



**КАМОРНИКОВ**  
Сергей Федорович,

доктор физико-математических наук,  
профессор, профессор кафедры  
общенаучных и гуманитарных наук  
Гомельского филиала Международного  
университета «МИТСО»



**КАРАСЬ**  
Елена Николаевна,

студентка факультета  
экономики и права  
Гомельского филиала  
Международного  
университета «МИТСО»

N. I. ISAYCHIKOVA, S. F. KAMORNIKOV, E. N. CARAS

## NETWORK AND FUNCTIONAL MODELING OF CARGO HANDLING

*The authors of the article suggest a new functional model of rational management of cargo warehouse handling. A quantitative estimation of the factors affecting the cargo handling is carried out on the formalization basis. A particular attention is drawn to those ones which do not affect or exercise little effect on the quality of the service offered to customers.*

### Введение

Одна из важнейших задач логиста состоит в том, чтобы совместно с руководством склада обеспечить на нем рациональную организацию грузопереработки с оптимальным использованием имеющихся ресурсов (мощности склада, финансовых средств, подъемно-транспортных механизмов и оборудования для хранения товаров, складского персонала) для качественного обслуживания потребителей [1].

В современной литературе термин «грузопереработка» (*materials handling*) имеет двойное содержание. С одной стороны, грузопереработка – это один из показателей работы склада, отражающий общий объем грузов, подвергшихся складским операциям в единицу времени (сутки, месяц, год); с другой стороны, грузопереработка – это совокупность технологических операций, выполняемых на различных стадиях складского технологического процесса [2]. В работе авторы опираются и на первое, и на второе содержание понятия, но делают акцент на первом.

Выполнение любой технологической операции с грузом на складе связано с определенными финансовыми

и временными затратами. Одна из важнейших целей грузопереработки – минимизация отмеченных издержек. Очевидно, что самый простой путь, обеспечивающий сокращение затрат, – уменьшить саму грузопереработку (естественно, не повышая при этом риска повреждения товаров или совершения каких-либо других ошибок, снижающих качество обслуживания клиентов склада). Некоторые количественные оценки грузопереработки на складе и направления их снижения обсуждаются в данной работе.

### Сетевой и функциональный анализ грузопереработки

Рациональная организация процесса складской грузопереработки зависит от комплекса факторов, каждый из которых может существенно влиять на выполнение той или иной технологической операции, а значит, и на выполнение основных стратегических задач склада. Современный логист должен знать эти факторы и уметь управлять ими.

В работе анализируется только конкретная группа факторов, которые определяются выраженными в процентах

долями входного материального потока, обрабатываемого в основных технологических зонах склада (табл. 1).

Таблица 1 – Факторы объема складской переработки

Фактор, %	Значение фактора
Доля грузов, поступающих в приемочную экспедицию	$d_1$
Доля грузов, поступающих на участок приемки	$d_2$
Доля грузов, подлежащих комплектованию	$d_3$
Доля грузов, поступающих на погрузку из отправочной экспедиции	$d_4$
Доля грузов, подлежащих ручной разгрузке	$d_5$
Доля грузов, подлежащих ручной погрузке	$d_6$
Доля грузов, подлежащих обработке в зоне хранения	$d_7$

По большинству приведенных факторов их влияние на объем грузопереработки (а значит, и на ее стоимость) бесспорно. При этом важно, что они имеют числовую оценку, а потому могут быть подвергнуты количественному анализу.

Факторы  $d_1 - d_6$  изменяются в пределах от 0 до 100. Нулевое значение  $i$ -го фактора означает на практике, что на складе соответствующая операция в технологическом процессе отсутствует (равно как и соответствующий участок). Отчасти это может отражать некоторую специализацию склада.

Что касается фактора  $d_7$ , то он, показывая кратность переработки грузов в зоне хранения, обычно выражается в долях. Авторы в интересах приведения анализа к единой схеме (прежде всего в интересах анализа сопоставимости факторов) выражают его в процентах. Тогда, например, при стеллажном способе хранения товаров показатель  $d_7$  будет не меньше 200 (груз, по крайней мере, нужно разместить на стеллаже в зоне хранения, а затем изъять из стеллажной ячейки). Конечно, при  $d_7 > 1$  речь идет о складе, который частично обеспечивает функцию хранения (на складах, реализующих технологию кросс-докинга, показатель фактора  $d_7$  равен нулю).

Пусть входной грузопоток (грузооборот) склада равен  $Q$  тонн в год. Рассчитаем объем годовой грузопереработки на складе в зависимости от значений анализируемых факторов.

Введем следующие обозначения:

$Q_{pp}$  – объем операции ручной разгрузки;

$Q_{mp}$  – объем операции механизированной разгрузки;

$Q_{пэ}$  – величина грузопотока, проходящего через приемочную экспедицию;

$Q_{пр}$  – величина грузопотока, проходящего через участок приемки;

$Q_{xp}$  – объем грузопереработки в зоне хранения;

$Q_{хранения}$  – величина грузопотока, проходящего через зону хранения;

$Q_{ком}$  – величина грузопотока, проходящего через участок комплектования;

$Q_{оз}$  – величина грузопотока, проходящего через отправочную экспедицию;

$Q_{pp}$  – объем операции ручной погрузки;

$Q_{mp}$  – объем операции механизированной погрузки;

$Q_{пер}$  – объем операции внутрискладского перемещения;

СГП – величина суммарного грузопотока (грузопереработка).

Прохождение материального потока на складе может быть передано в виде сетевой модели, представляющей собой ориентированный граф, вершинами которого являются участки и зоны склада, где стрелками отмечены грузопотоки от одного технологического участка склада к другому (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема движения грузопотока на складе

Входной грузопоток  $Q$  на разгрузочной рампе разделяется на поток  $Q_{pp}$  ручной и поток  $Q_{mp}$  механизированной разгрузки:  $Q = Q_{pp} + Q_{mp}$ . Объем потоков  $Q_{pp}$  и  $Q_{mp}$  определяет фактор  $d_5$ :

$$Q_{pp} = \frac{Qd_5}{100}, \quad Q_{mp} = \frac{Q(100 - d_5)}{100}.$$

Фактор  $d_1$  определяет объем грузов, проходящих через приемочную экспедицию:

$$Q_{пэ} = \frac{Qd_1}{100}.$$

Аналогично имеем:

$$Q_{пр} = \frac{Qd_2}{100}, \quad Q_{xp} = \frac{Qd_7}{100}, \quad Q_{ком} = \frac{Qd_3}{100}, \quad Q_{оз} = \frac{Qd_4}{100}.$$

Объемы ручной и механизированной погрузки рассчитываются по значению фактора  $d_6$ :

$$Q_{pp} = \frac{Qd_6}{100}, \quad Q_{mp} = \frac{Q(100 - d_6)}{100}.$$

Внутрискладское перемещение  $Q_{пер}$  на рис. 1 изображается стрелками. Оно равно сумме объемов операций, выполняемых на всех технологических участках склада, кроме участка погрузки (при этом перемещение грузов из зоны хранения рассчитывается без учета перемещений в зоне хранения, т. е. как  $Q_{хранения} = Q$ ):

$$Q_{пер} = Q_{pp} + Q_{mp} + Q_{пэ} + Q_{пр} + Q_{хранения} + Q_{ком} + Q_{оз}.$$

Теперь найдем объем грузопереработки:

$$\text{СГП} = Q_{pp} + Q_{mp} + Q_{пэ} + Q_{пр} + Q_{xp} + Q_{ком} + Q_{оз} + Q_{пер} + Q_{pp} + Q_{mp}. \quad (1)$$

Последовательно подставляя в последнюю формулу значение  $Q_{пер}$ , получаем:

$$СГП = 2Q_{ор} + 2Q_{ор} + Q_{рп} + Q_{мп} + 2Q_{пз} + 2Q_{оз} + 2Q_{пр} + 2Q_{ком} + Q_{хр} + Q_{хранение}$$

а значит:

$$СГП = 2 \frac{Qd_3}{100} + 2 \frac{Q(100-d_3)}{100} + \frac{Qd_6}{100} + \frac{Q(100-d_6)}{100} + 2 \frac{Qd_1}{100} + 2 \frac{Qd_2}{100} + 2 \frac{Qd_3}{100} + 2 \frac{Qd_4}{100} + \frac{Qd_7}{100} + Q$$

Приводя подобные члены, окончательно имеем:

$$СГП = \frac{Q}{100} (400 + 2(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) + d_7). \quad (2)$$

**Замечание 1.** Если годовой грузооборот склада, например, равен 10 000 т, а факторы объема складской переработки имеют значения:  $d_1 = 8$ ,  $d_2 = 55$ ,  $d_3 = 75$ ,  $d_4 = 35$ ,  $d_4 = 220$ , то модель (2) дает результат 96 600 т. Как видим, нам не нужно каждый раз, когда возникает необходимость оценить грузопереработку на складе, утомительно суммировать (см., например, раздел 6.6 в [3]), прибегая к вычислительной модели (1). Намного проще обратиться к функциональной модели (2).

Полученная модель (2) позволяет сделать следующие выводы:

1) факторы  $d_5$  и  $d_6$  не влияют на величину грузопереработки на складе;

2) модель СГП ( $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ ) линейна по входящим переменным;

3) коэффициент грузопереработки на складе (или иначе, кратность грузопереработки на складе), определяемый как отношение объема грузопереработки к грузообороту склада, с учетом формы (2) модели принимает значение

$$k = \frac{400 + 2(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) + d_7}{100}$$

Ввиду того, что при стеллажном хранении имеет место неравенство, коэффициент грузопереработки всегда больше 6 (если, конечно, часть входного материального потока не отправляется сразу же после разгрузки или приемки на участок комплектования или в отправочную экспедицию, минуя зону хранения).

### Ранжирование факторов, влияющих на грузопереработку

Оценим теперь абсолютную величину  $\Delta СГП$  изменения грузопереработки под влиянием факторов, входящих в модель. Предположим, что в результате внедрения на складе некоторых мероприятий факторы  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ , и  $d_7$  приняли новые значения  $d_1 + \Delta d_1, d_2 + \Delta d_2, d_3 + \Delta d_3, d_4 + \Delta d_4, d_5 + \Delta d_5, d_6 + \Delta d_6$ , и  $d_7 + \Delta d_7$ . Тогда в новых условиях грузопереработка на складе принимает значение

$$\begin{aligned} СГП(d_1 + \Delta d_1, d_2 + \Delta d_2, d_3 + \Delta d_3, d_4 + \Delta d_4, d_5 + \Delta d_5, d_6 + \Delta d_6, d_7 + \Delta d_7) = \\ = \frac{Q}{100} (400 + 2(d_1 + \Delta d_1 + d_2 + \Delta d_2 + d_3 + \Delta d_3 + d_4 + \Delta d_4) + d_7 + \Delta d_7) \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\Delta СГП = \frac{Q}{100} (2(\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3 + \Delta d_4) + \Delta d_7) \quad (3)$$

Из последней формулы следует, что:

1) модель (3) является линейной по входящим переменным  $\Delta d_1, \Delta d_2, \Delta d_3, \Delta d_4$ , и  $\Delta d_7$ ;

2) вклад факторов  $d_1, d_2, d_3$  и  $d_4$  в изменение грузопереработки одинаков и в два раза больше, чем вклад переменной  $d_7$ . Таким образом, в ранге факторов  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ , и  $d_7$  по их влиянию на грузопереработку первое место имеют факторы  $d_1, d_2, d_3, d_4$ . На втором месте в ранжированном ряду будет фактор  $d_7$ . Как отмечалось выше, факторы  $d_5$  и  $d_6$  не изменяют объема грузопереработки (их вклад в изменение объема нулевой), поэтому в ранжированном ряду они будут на третьем месте;

3) относительное изменение объема грузопереработки может быть выражено через значения факторов  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ , и  $d_7$  и их абсолютных изменений:

$$СГП\% = \frac{\Delta СГП}{СГП} 100\% = \frac{2(\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3 + \Delta d_4) + \Delta d_7}{400 + 2(d_1 + d_2 + d_3 + d_4) + d_7} 100\% \quad (4)$$

Модель (4) также может быть использована для анализа и ранжирования рассматриваемых факторов. Из нее следует, в частности, что уменьшение каждого из факторов  $d_1, d_2, d_3, d_4$  на единицу при неизменном значении других приводит к уменьшению объема складской грузопереработки до 0,5025 % (при этом показатель не зависит от грузооборота склада). Для фактора  $d_7$  относительное изменение объема грузопереработки при  $\Delta d_7 = -1$  и неизменном значении других факторов до 0,2506 %.

**Замечание 2.** Модели (2)–(4) адекватно описывают процесс грузопереработки только в случае, если материальный поток проходит через склад в соответствии с сетевой моделью, представленной на рис. 1. Возможно моделирование и по другим сетевым моделям процесса грузопереработки. В таких случаях аналоги функциональных моделей (2)–(4) будут несколько сложнее.

### Мероприятия по рационализации грузопереработки

Как отмечено в [4], все операции с товарами на складах оптовой торговли с точки зрения полезности для покупателя можно разделить на две группы:

- 1) операции, не влияющие либо слабо влияющие на уровень оказываемого покупателям сервиса (разгрузка прибывшего на склад товара, операции в приемочной экспедиции, проверка товаров по количеству и качеству);
- 2) операции, оказывающие прямое влияние на уровень предоставляемого покупателям сервиса (подбор ассортимента по заказу покупателей в зоне хранения, комплектование заказа и партии доставки, организация централизованной доставки заказа).

Критерием правильности коммерческого решения по первой группе операций может служить минимум затрат на внутрискладскую переработку. Решение по второй группе принимается на основе маркетингового исследования рынка услуг. Критерием здесь является оптимальное значение уровня сервиса, но никак не минимум издержек.

Все это означает, что склад может достаточно смело управлять факторами  $d_1, d_2$  и  $d_5$ , зависящими от условий договоров с поставщиками, и должен действовать достаточно осторожно в отношении факторов  $d_3, d_4, d_6$  и  $d_7$ , так

как их изменение может затронуть интересы клиентов склада.

Важнейшим мероприятием, направленным на снижение факторов  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_5$ , может стать координация работы склада со службами снабжения (закупок) в части организации договорной работы с поставщиками. В договорах должно отражаться требование осуществления поставок в рабочее время склада (это позволит уменьшить фактор  $d_1$ ) и требование осуществлять пакетированные поставки товаров (это уменьшит долю ручной разгрузки, т. е. фактор  $d_5$ ).

Как известно, Положение о приемке товаров по количеству и качеству [5, п. 23] допускает выборочную проверку поступающего товара, если это предусмотрено договором. Решение о размере выборки или о возможности приемки товара только по грузовым местам принимается на основании условий договора с поставщиком, а также оценки его надежности. По этой причине мероприятия, связанные с проведением оценки надежности поставщиков (накопление информации о качестве их услуг: количество брака, недостачи, пересортицы в поставках), направлены (прямо или косвенно) на уменьшение фактора  $d_2$ .

### Заключение

Существует множество путей рационализации и оптимизации стоимости грузопереработки на складе. Один из них заключается в уменьшении объемных показателей переработки за счет сокращения материальных потоков на выделенных технологических участках склада. Формализация такого уменьшения приведена в работе. На основе формализации дана количественная оценка факторам, оказывающим влияние на грузопереработку. Особое внимание обращено на те из них, которые не влияют либо слабо влияют на уровень оказываемого покупателям сервиса.

Отметим, что, рассматривая грузопереработку как важную логистическую функцию, логистический менеджмент должен не ограничиваться только объемными и временными показателями, но и учитывать многие другие факторы. Кроме того, все ключевые факторы должны учитываться совместно. При этом необходимо дополнительно принимать во внимание такие аспекты, как интеграция и координация действий логистических посредников в закупках и распределении продукции.

### Список использованных источников

1. Дыбская, В. В. Управление складированием в цепях поставок / В. В. Дыбская. – М. : Изд-во «Альфа-Пресс», 2014. – 720 с.
2. Глоссарий терминов по грузоперевозкам, логистике, таможенному оформлению [Электронный ресурс] // Сайт [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru). – Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic\\_synonims/33212/грузопереработка](http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_synonims/33212/грузопереработка). – Дата доступа: 23.12.2015.
3. Лукинский, В. С. Логистика в примерах и задачах : учеб. пособие / под ред. В. С. Лукинского. – М. : Финансы и статистика, 2014. – 288 с.
4. Гаджинский, А. М. Практикум по логистике / А. М. Гаджинский. – М. : Маркетинг, 2001. – 180 с.
5. Об утверждении Положения о приемке товаров по количеству и качеству [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 3 сент. 2008 г., № 1290 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

12.02.2016