



Андрей Иванов,  
руководитель отдела логистического  
проектирования ООО «Концепт Лоджик»

# БАЛАНСИРОВКА СКЛАДСКОЙ СИСТЕМЫ. ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Если спросить руководителя складского комплекса или распределительного центра о слабом звене в работе его предприятия, скорее всего, он укажет на проблемный участок, сдерживающий показатели производительности труда всей системы. Как правило, после оптимизации одного участка довольно скоро слабым звеном оказывается следующий участок, не справляющийся с возросшей нагрузкой, и так далее...

Правило, согласно которому проблемы необходимо решать по мере их поступления, в этой ситуации не работает. Здесь важно обладать видением полной картины возможностей участков в составе складской системы и руководствоваться ее предельной пропускной способностью. Участки в составе склада с различной проходимостью образуют несбалансированную систему, в которой часть зве-

ньев недогружена, а часть работает на пределе.

Систему можно считать сбалансированной, если максимальная пропускная способность одного участка является максимальной для всех участков системы<sup>1</sup>. Балансировка системы позволяет избежать ситуации, описанной в начале статьи, и рассчитать предел пропускной способности всей системы. Этапы проведения данной процедуры описаны далее.

## 1. Оценка сбалансированности системы «как есть»

В первую очередь необходимо разбить складскую систему на участки в соответствии с технологическими задачами и выделить задействованные в товарообработке и хранении, например разгрузочный фронт и участки разгрузки, приемки, хранения (при однотипном хранении), контроля и упаковки, экспедиции, отгрузки, отгрузочный фронт<sup>2</sup>. Затем выполняют расчет максимального потенциала каждого участка и строят диаграмму их максимальной пропускной способности в системе (рис. 1).

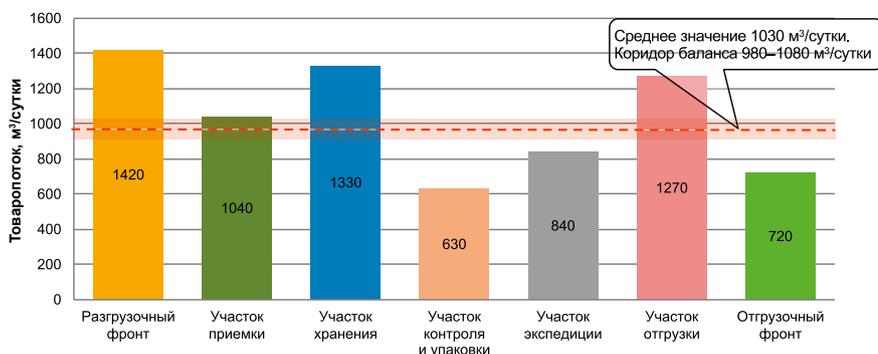


Рисунок 1. Пример несбалансированной логистической системы  
Источник: разработано автором

## 2. Определение причин дисбаланса, проблемных участков и разработка условий (требований) к системе для ее балансировки. Построение графика балансировки системы «как надо»

По диаграмме максимальной пропускной способности определяют наиболее слабые участки, анализируют и подбирают решения по увеличению их мощностей с выбором вариантов для внедрения. Строят диаграмму максимальной пропускной способности участков в системе с учетом внедряемых изменений (рис. 2).

<sup>1</sup> Рекомендуемая величина допустимого отклонения не должна превышать 5%.

<sup>2</sup> Рекомендуется рассматривать именно участки, а не зоны, так как в составе одной зоны может быть несколько различных участков с разной максимальной пропускной способностью.

### 3. Анализ восприимчивости сбалансированной системы к изменениям структуры товаропотока. Определение границ изменений и регистров «добалансировки»

После определения состава работ по увеличению пропускной способности участков, а также ограничений и требований, позволяющих выполнить балансировку, необходимо оценить устойчивость сбалансированной системы к возможным изменениям условий грузообработки. Важно ответить на вопрос: «Что будет, если?..», рассмотрев наиболее возможные варианты с изменением структуры товаропотока, требований к его обработке и использования оборудования, отличного от рекомендованного. По результатам анализа делают выводы об устойчивости системы к изменениям и фиксируют максимальные показатели пропускной способности при этих изменениях и условия их обеспечения.

Первый этап в алгоритме действий является наиболее важным, от качества его проведения зависит своевременность и корректность выполнения работ по проектированию и внедрению сбалансированной складской системы, поэтому рассмотрим методологию его реализации подробнее.

#### Оценка сбалансированности системы

Для определения сбалансированности системы оценивают текущую предельную пропускную способность участков системы. Их можно разделить по назначению на технологические, где происходит обработка товаропотока, и участки хранения/размещения, на которых товар находится между этапами обработки.

Оценивают максимальную пропускную способность технологических участков по формуле:

$$Q_{max}^i = N_{pec\_max}^i \times q_{pec}^i \times T_{сут}^i{}^3,$$

где  $Q_{max}^i$  – максимальная пропускная способность технологического участка ( $m^3/сутки$ , коробов/сутки, палет/сутки, шт./сутки и т.д.);  $N_{pec\_max}^i$  – максимальное количество ресурса (человек, техники, бригад) на  $i$  участке (шт.);  $q_{pec}^i$  – средняя производительность единицы ресурса на  $i$  участке в показателях

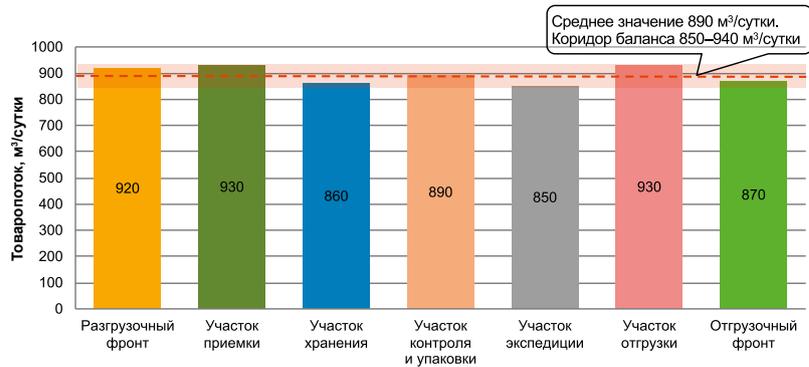


Рисунок 2. Пример сбалансированной логистической системы  
Источник: разработано автором

пропускной способности (шт./ч,  $m^3/ч$ , строк/ч, палет/ч и т.д.);  $T_{сут}^i$  – интервал работ в сутки на  $i$  участке (ч).

Максимальную пропускную способность участков хранения и размещения грузов определяют по формуле:

$$Q_{max}^i = \frac{N_{груз\_max}^i}{T_{хран}^i},$$

где  $Q_{max}^i$  – максимальная пропускная способность участка хранения/размещения товара ( $m^3/сутки$ , коробов/сутки, палет/сутки, шт./сутки);  $N_{груз\_max}^i$  – максимально возможное количество размещаемого товара на  $i$  участке без нарушения требований и технологии хранения и обработки<sup>4</sup> ( $m^3$ , коробов, палет, шт.);  $T_{хран}^i$  – среднее время нахождения товара на  $i$  участке (суток).

После определения максимальной пропускной способности каждого участка строят диаграмму, позволяющую визуализировать сбалансированность системы (рис. 1).

Из представленной диаграммы следует, что при увеличении суточных объемов товаропотока свыше  $630 m^3/сутки$  участок контроля и упаковки не сможет обрабатывать товаропоток без потери качества работ. При достижении потоком отметки  $720 m^3/сутки$  наступает технологический предел отгрузочного фронта. Участок экспедиции может вместить груз, подготовленный к отправке, соответствующий нагрузке на систему в  $840 m^3/сутки$ . При этом потенциал участка хранения, разгрузочного фронта и участка разгрузки до 1,5–2 раз превышают потенциал остальных ключевых участков склада.

Анализ представленных формул поз-

воляет сделать выводы, что пропускную способность участков можно увеличивать за счет повышения количества ресурса, изменения технологии, интервала выполняемых работ, времени нахождения товара на участках (для участков хранения).

#### Увеличение пропускной способности за счет повышения количества ресурса

Количественную балансировку системы проводят посредством увеличения ресурса проблемных участков без изменения технологий. Недостаток ресурса восполняют за счет благополучных участков либо из внешних источников. Количественный баланс может быть достигнут с помощью найма сотрудников, аренды дополнительной техники на пиковые периоды, изменения зонирования в сторону увеличения площадей проблемных участков, аренды дополнительных площадей, организации дополнительных этажей над технологическими зонами, перераспределения ворот между погрузочным и отгрузочным фронтами, а также за счет комплекса представленных мер.

Таким образом, масштабы количественной балансировки ограничены возможностью увеличения ресурсов (финансирование, подбор сотрудников) и площадей проблемных участков (перераспределение площадей, аренда).

#### Увеличение пропускной способности за счет качественных показателей

При качественной балансировке увеличение пропускной способности

<sup>3</sup> При значительных колебаниях нагрузки в течение суток необходимо учитывать коэффициент внутрисуточной неравномерности, являющийся отношением максимальной нагрузки в час на участок к средней нагрузке в час.

<sup>4</sup> Максимальное заполнение зоны палетного хранения – 80–85% от общего количества ячеек.

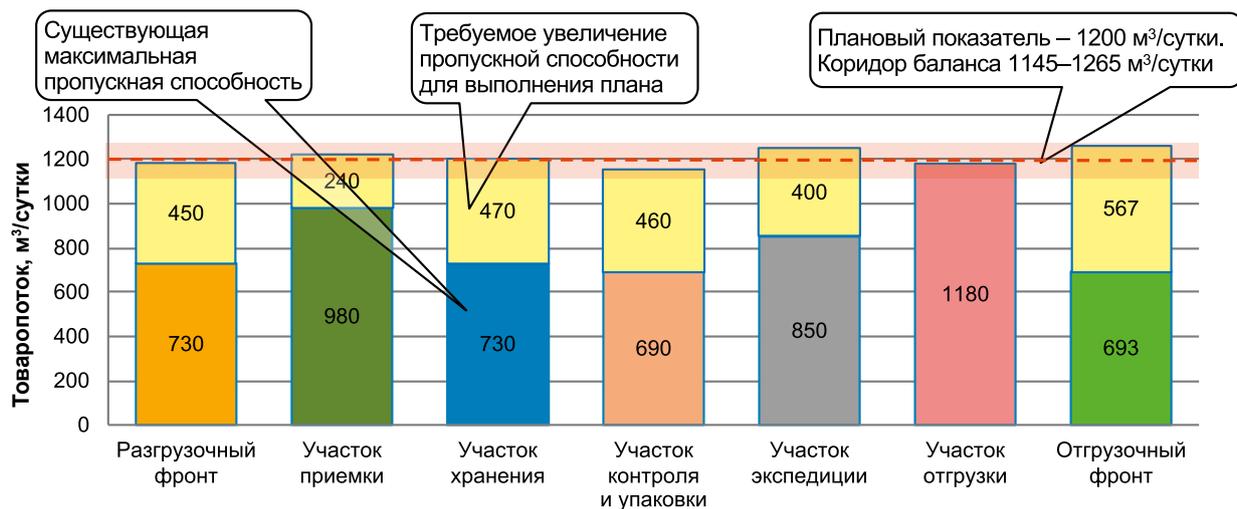


Рисунок 3. Пример балансировки системы по плановому показателю 1200 м³/сутки

Источник: разработано автором

участка достигается за счет изменения технологий товарообработки и хранения. Качественный баланс может быть достигнут путем снижения нагрузки на участок вследствие изменения требований к товарообработке либо структуры товаропотока и внедрения новых технологий и оборудования.

Например, для увеличения пропускной способности участка контроля и упаковки можно выполнять 100%-ный контроль заказов для особо ценных клиентов и товара. К остальным заказам можно применить весовой контроль.

Повышение пропускной способности зоны хранения можно обеспечить за счет оптимизации хранения и внедрения технологий и оборудования, отвечающих структуре потока (рост стеллажей вверх с использованием соответствующей техники, установка набивных и гравитационных стеллажей, установка систем автоматизированного хранения и отбора).

### Повышение пропускной способности с помощью временных интервалов

Основными изменяемыми показателями временной балансировки являются время проведения работ, время нахождения товара в зоне, а также график выполнения работ.

Идеальной с точки зрения временной балансировки является ситуация, при которой на технологический участок в течение суток действует равномерная нагрузка. В этом случае потребность в ресурсе для него будет минимальной, поэтому, например, при необходимости повышения пропускной способности зоны контроля и упаковки, имеющей график работы 8 ч/сутки, можно ввести дополнительную 8-часовую смену. Изменения

технологий, количества рабочих мест и площадей при этом не потребуются.

Обычно в течение суток загруженность участков неравномерна, что обусловлено внешними факторами: графиком отгрузки, приемки, поступления заданий на сборку заказов. Нередко на складах некоторые зоны имеют двойное назначение с разделением функционала по времени, например погрузо-разгрузочный фронт и зоны приемки/отгрузки. С утра выполняют отгрузку собранных заказов (приемопередачу заказов экспедиторам и загрузку в кузов автотранспорта), днем и вечером осуществляют разгрузку машин и приемку товара от поставщика.

Следует помнить, что график работы участка должен быть четко увязан с колебаниями нагрузок на смежных участках и системы в целом. Для сглаживания дисбаланса графиков и колебаний нагрузок на смежных участках устраивают буферные зоны временного размещения товара. Чем больше рассинхронизированы нагрузки на участках, тем большие емкости потребуются для буферизации товаропотока между зонами.

### Результаты балансировки

Наилучшего результата достигают в случае комплексного увеличения пропускной способности участка, когда выполняют одновременно количественную, качественную и временную балансировку.

При балансировке системы используют те же механизмы, что и для увеличения общей пропускной способности системы при неизменной структуре товаропотока. Следовательно, ее можно выполнять на определенный плановый показатель пропускной способности (рис. 3).

В заключение необходимо сказать о тех ситуациях, когда расчеты по балансировке системы могут не дать нужного результата.

Нет необходимости балансировать систему, когда она имеет значительный запас ресурсов на всех участках и максимальная пропускная способность наиболее слабого из них превышает планируемую пропускную способность компании (наличие избытка ресурса является осознанным и подконтрольным).

Балансировка бесполезна, если все участки системы уже работают на пределе и рационально думать об организации иной складской системы.

Выполнить полную балансировку невозможно в следующих ситуациях:

- не развито планирование, структура и объемы товаропотока мало прогнозируемы и имеют высокую динамику изменений;
- отсутствуют утвержденные технологии работ, зонирование, распределение ресурса по участкам/процессам (нет выраженных участков балансировки с формализованными балансирующими показателями).

Балансировка складской системы не только повышает ее общую пропускную способность и обеспечивает ритмичность и непрерывность работ, но и позволяет рационально использовать ресурсы, что значительно сокращает издержки на товарообработку.

Контроль сбалансированности системы следует увязывать с плановыми изменениями структуры потока, принятыми в компании, и проводить своевременную добалансировку системы для суточных, сезонных, годовых и иных изменений количественных и качественных показателей нагрузки.