

Проанализованы три стратегии расширения складов за счет расширения собственной или арендованной складской сети с учетом разовых и операционных затрат, а также связанных с ними рисков. Критерии оптимальности – единовременные затраты, постоянные и переменные затраты в цепочке поставок, затраты на сохранение продукции, уровни сервиса, сбережений и рисков.

© А.А. Морозов, 2015

Теория оптимальных решений. 2015

УДК 519.8

А.А. МОРОЗОВ

ПРИЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ЦЕПОЧЕК СНАБЖЕНИЯ

Введение. Цепочки снабжения (поставок) являются сложными объектами с многочисленными динамическими элементами и разнообразными видами взаимодействий. Нобелевский лауреат 2002 г. Д. Канеман [1] рекомендует менеджерам ограничивать пространство задачи, выбирая ограниченный набор факторов для поддержки своих решений и использовать упрощающие эвристики.

Анализ работ по моделированию экономических систем и управлению цепочками поставок показывает, что данные проблемы актуальны с точки зрения оптимизации и математической теории управления [2, 3]. Доказано, что стратегия конкуренции представляет собой частный случай стратегии обобщенного лидерства [4], что фирма с более узким диапазоном равномерного распределения выпусков становится лидером, а фирма с более широким диапазоном выпусков – последователем в обобщенном равновесии [5], что равновесная прибыль лидера больше, чем равновесная прибыль последователя. Для дробных целевых функций [6] найден критерий того, что классическое равновесие Курно – Нэша дает рентабельность ниже 100 %, для чего предложено рассматривать приемлемое равновесие Курно – Нэша (проекция классического равновесия на построенное множество). Для дробных целевых функций выпуск фирмы в равновесии Курно – Нэша превышает выпуск фирмы в картельном оптимуме, но соотношение соответствующих прибылей неоднозначное. Рассмотрим задачу выбора оптимальной стратегии расширения складской сети Интернет-ритейлера при росте требований рынка.

Анализ современных публикаций по управлению цепочками поставок показывает, что актуальными являются вопросы разработки и исследования моделей, посвященные таким направлениям: электронная коммерция (e-tail) и ее конкурентоспособность с обычным типом торговли (retail); построение стратегии поведения игроков для обеспечения оптимальной работоспособности каналов дистрибуции в цепочках поставок и разрешение конфликтов каналов в цепях [7, 8].

Проанализируем текущую ситуацию складской сети и определим ключевые драйверы ее изменения. Выделим три категории товаров: с высокой оборачиваемостью запасов H (high) в течение не более 10 дней, средней оборачиваемостью запасов M (medium) в течение 10 – 20 дней, низкой оборачиваемостью запасов L (low) в течение свыше 20 дней. Доля товаров категории H в продажах составляла 74 %, а доля товаров категории L – всего 5 %. Поэтому складская сеть распределяется таким образом, чтобы поставщики товаров категории H поставляли продукцию непосредственно на региональные склады, а товары категории L хранились в национальном распределительном центре (РЦ). Тем самым уменьшается площадь хранения в регионах до уровня, необходимого для хранения продукции H в течение не более 10 дней, и разгружается национальный РЦ (НРЦ).

Рассматриваются три сценария расширения складов из возможных альтернатив по расширению собственной или арендованной складской сети с учетом разовых затрат, операционных затрат и связанных с ними рисков. Из трех сценариев расширения сети выбирается оптимальный, исходя из сравнения единовременных затрат, постоянных и переменных издержек в цепочке поставок, затрат на хранение продукции, уровня сервиса и ежегодных сбережений, а также проводится анализ рисков, связанных с каждым из предложенных сценариев. Для сравнения результатов новых стратегий с текущей ситуацией каждая стратегия моделируется в программной среде CAST. Учитывая специфику российского складского рынка (высокие арендные ставки в Московской области и нехватку складских мощностей класса A в Сибири и на Дальнем Востоке), выделяются 3 стратегии: 1) оставить сеть в том виде, как она есть, увеличив нагрузку по обработке заказов на центральном складе; 2) внедрить систему РЦ (до Урала); 3) внедрить систему, состоящую из промежуточных складов и РЦ с уровнем запаса не более 1 дня (до Урала).

1) централизация всех потоков через расширенный НРЦ и сети N хабов в регионах означает: централизовать входящие потоки, чтобы все поставки шли на НРЦ; централизовать исходящие потоки, чтобы все заказы обрабатывались и отгружались на НРЦ; расширить текущую сеть, состоящую из НРЦ и трех РЦ с однодневными запасами (хабов), до N хабов, чтобы обеспечить заданный уровень сервиса (3 – 5 дней по Центральной России (ЦР) до Урала и 7 – 9 дней за Уралом). Местоположение и количество хабов определяется с помощью анализа гравитационных центров спроса (center of gravity analysis, CGA);

2) аренда и/или строительство региональных складов для хранения полного ассортимента товаров означает: децентрализовать входящие и исходящие потоки (разрешить поставщикам поставлять продукцию на региональные склады из

их ближайших складов); расширить региональную сеть, открыв N складов расположенных в местах концентрации спроса, проведя CGA. На всех складах, включая НРЦ, содержится полный ассортимент товара;

3) аренда и/или строительство региональных складов для хранения ассортимента быстро оборачиваемых типов продукции означает: централизовать потоки медленно оборачиваемой продукции и децентрализовать потоки быстро оборачиваемой продукции; расширить региональную сеть, открыв N складов расположенных в местах концентрации спроса, проведя CGA. Региональные склады содержат запасы быстро оборачиваемой продукции (из каждой продуктовой группы) пропорционально спросу в конечных точках доставки (КТД), привязанных к данному складу.

Критериями при выборе наилучшей стратегии выбраны: общие затраты в сети; средние логистические затраты на заказ (без учета стоимости обработки заказа на КТД); уровень сервиса (количество дней между отправкой заказа со склада и приемкой заказа на КТД); риски, связанные с организацией сети.

Сравним результаты моделирования сценариев (рис. 1) с базовым сценарием 0 2011 г. (НРЦ или хаб в Москве).

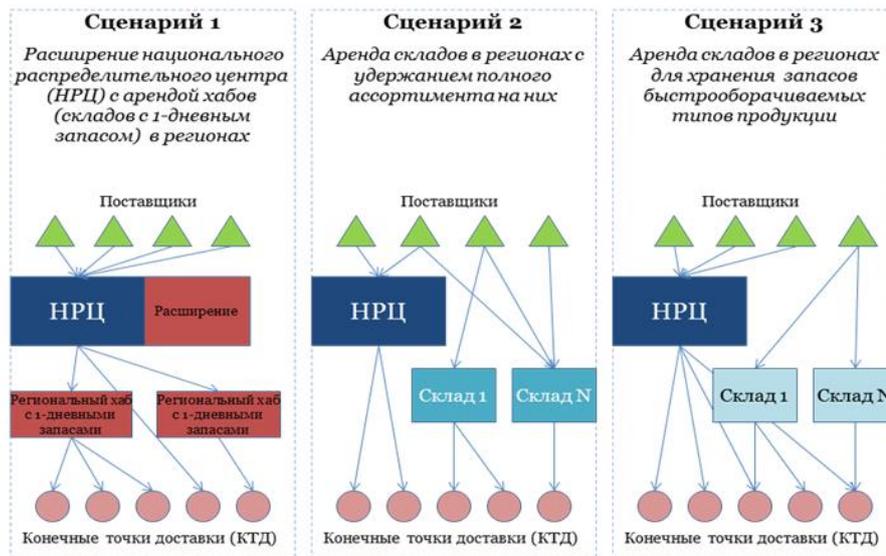


РИС. 1. Сценарии расширения складов

При централизации потоков товаров через НРЦ предполагается, что все поставщики поставляют товар на НРЦ, где все заказы обрабатываются и в дальнейшем консолидируются через хабы в Центральном, Северо-Западном и Уральском регионах (табл. 1). В такой сети средние логистические затраты

(без учета налога на добавленную стоимость) на заказ уменьшаются на 25 %. При этом возросшие затраты на транспортировку заказов между складами компенсируются сниженными затратами (последней мили) на перевозку от склада до КТД за счет использования более дешевых региональных перевозчиков.

Издержки, связанные с хранением, уменьшаются в результате централизации сети. Время на доставку практически не меняется, несмотря на увеличение среднего пути перемещения заказа. Площадь НРЦ увеличивается в 2,5 раза до 24000 м², чтобы обеспечить 3.5-кратное увеличение объемов обрабатываемых заказов. Площади трех региональных складов (в Москве, Санкт-Петербурге и Екатеринбурге) рассчитываются, исходя из их суммарной площади 2500 м² и однодневных запасов продукции.

ТАБЛИЦА 1. Изменения значений критериев относительно базовых в сценарии 1

Основные изменения складской сети	План	Изменения
Число заказов, обрабатываемых на НРЦ (тыс.)	8237	4518
Оборачиваемость запасов (дней)	60	– 91
Количество складов	4	2
Уровень сервиса в ЦР (дней)	3	0.5
Логистические затраты на заказ (руб.)	116	– 36
Среднее расстояние на доставку заказа (км)	808	– 292

Полностью централизованная система практически не увеличивает уровень сервиса: 19 % спроса обслуживается более 5 дней. Аренда хабов в Южном, Сибирском и Приволжском регионах позволяет еще больше сократить затраты последней мили на доставку и уменьшить время доставки. В целом централизация потоков товаров через НРЦ при открытии региональных складов с однодневными запасами позволяет сократить средние логистические затраты на заказ на 24 %, не улучшая при этом уровень сервиса. Согласно результатам CGA, открытие дополнительных хабов в регионах позволяет уменьшить время на доставку заказов.

При децентрализации потоков через региональные РЦ (РРЦ) предполагается, что НРЦ не расширяется, а поставщики поставляют товары на НРЦ и на 7 РРЦ. При этом на каждом РРЦ обрабатываются заказы и хранятся полные запасы для обеспечения локального спроса. Наиболее крупные РРЦ располагаются в Твери, Санкт-Петербурге, Казани, Воронеже, Ростове-на-Дону и Новосибирске (табл. 2).

Результаты моделирования показывают, что количество дней доставки в ЦР снижается до двух. Стоимость транспортных услуг в целом уменьшается, так как уменьшение затрат на региональную перевозку компенсирует увеличение затрат на межскладскую логистику: транспортные затраты на магистралях уменьшаются на 12 %. Складские затраты возрастают на 19 % из-за менее эффективного процесса обработки заказов и использования складских площадей по сравнению с централизованной системой хранения на НРЦ. Затраты, связанные

с хранением, возрастают на 115 % по сравнению со сценарием 1. Кроме того, для поддержания инфраструктуры из 8 складов необходимо арендовать или строить в регионах общие площади до 97000 м² с эффективной площадью 64000 м². Это может увеличивать риски, связанные с наличием подходящих мощностей и ростом затрат на строительство.

ТАБЛИЦА 2. Изменения значений критериев относительно базовых в сценарии 2

Основные изменения складской сети	План	Изменения
Число заказов, обрабатываемых на НРЦ (тыс.)	3093	– 626
Оборачиваемость запасов (дней)	111	– 40
Количество складов	8	6
Уровень сервиса в ЦР (дней)	2.5	0
Логистические затраты на заказ (руб.)	167	17
Среднее расстояние на доставку заказа (км)	333	– 767

Количество КТД, обслуживаемых менее 5 дней, возрастают на 10 % по сравнению со сценарием I (91 % против 81 %). Кроме того, среднее расстояние перевозок снизилось на 28 %. Увеличение площадей хранения в регионах дает возможность обслуживать оптовиков в регионах. В целом децентрализация системы складов увеличивает уровень сервиса на 10 %, но оказывается менее эффективной с точки зрения средних затрат на заказ – на 33 % по сравнению со сценарием I и на 9 % по сравнению с базовым сценарием.

Создание комбинированной складской сети с комбинированной системой РЦ для разных групп товаров предполагает, что НРЦ станет единственным складом для хранения медленно оборачиваемых запасов: в регионах действует 4 больших РРЦ (Санкт-Петербурге, Новосибирске, Екатеринбурге и Хабаровске) и 2 малых РРЦ (в Твери и Ростове-на-Дону) с ограниченным ассортиментом быстро оборачиваемых запасов. Наибольшие РРЦ открываются в Твери, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Екатеринбурге и Хабаровске. Возросшие затраты на транспортировку заказов между складами компенсируются сниженными затратами последней мили на перевозку от склада до КТД за счет использования более дешевых региональных перевозчиков, уменьшив средние затраты на заказ на 2 % (табл. 3).

Результаты моделирования показывают, что издержки, связанные с обработкой на складе, уменьшаются на 5 % из-за лучшего использования площадей для хранения. Издержки, связанные с запасами, уменьшаются на 1.5 % по сравнению с базовым сценарием. НРЦ требует увеличения площадей до 21000 м². В регионах необходимо арендовать или построить до 56000 м² (с эффективной площадью 38000 м²) складских помещений класса А. По сравнению со сценарием 2, потребность в складских площадях в 1.5 раза меньше, что позволяет уменьшить складские затраты и добиться 24 % снижения расходов на заказ. Кроме того, ограничение на ассортимент хранимой на РРЦ продукции приводит к более частым доставкам из НРЦ силами федеральных перевозчиков, собственного или

наемного транспорта и позволяет увеличить потенциал компании в переговорах с перевозчиками. В целом реализация сценария 3, который является комбинацией сценариев 1 и 2, позволяет снизить логистические издержки заказа на 4 % и увеличить потенциал компании в переговорах с федеральными перевозчиками, что в дальнейшем может еще сильнее уменьшить транспортные затраты.

ТАБЛИЦА 3. Изменения значений критериев относительно базовых в сценарии 3

Основные изменения складской сети	План	Изменения
Число заказов, обрабатываемых на НРЦ (тыс.)	6984	3265
Оборачиваемость запасов (дней)	119	- 31
Количество складов	7	5
Уровень сервиса в ЦР (дней)	2.9	0
Логистические затраты на заказ (руб.)	149	4
Среднее расстояние на доставку заказа (км)	327	- 773

При сравнении сценариев 1 – 3 (табл. 4) оказалось, что сценарий 1 представляет наибольший интерес с точки зрения уменьшения затрат и увеличения использования складских мощностей НРЦ, в основном благодаря оптимизации запасов и хранения. Основные драйверы изменений сети показаны в табл. 4, 5. Базовый сценарий содержит издержки на заказ, учитывающие инфляцию 6.1 % до 2016 г. Согласно выполненному анализу, каждый из сценариев предполагает увеличение складских площадей НРЦ, однако сценарий 1 увеличивает использование текущих мощностей НРЦ. Кроме того, сценарий 1 оптимален с точки зрения уменьшения переменных операционных затрат, измеряемых суммой затраты на хранение + межскладские перевозки + доставка до КТД + запасы.

ТАБЛИЦА 4. Сравнение сценариев 0 – 3

Структура сети / Сценарии	0	1	2	3
Площадь НРЦ (м ²)	9000	26000	9000	21000
Логистические затраты (руб.)	154.3	116.2	167.3	148.7
Уровень сервиса до Урала (дней)	2 – 4	2 – 4	1 – 2	1 – 2
Уровень сервиса за Уралом (дней)	4 – 6	3 – 6	3 – 6	3 – 6

Для улучшения уровня сервиса в сценарии 1 требуется дальнейший анализ потенциальных мощностей для размещения дополнительных хабов в регионах, обслуживаемых с помощью НРЦ. Сравнивая результаты моделирования сети доставки, был выбран сценарий централизации сети и расширения НРЦ с дальнейшим увеличением числа хабов в регионах.

Заключение. Предложенные стратегии расширения складской сети Интернет-ритейлера при увеличении требований рынка позволяют решать задачу оптимизации цепочки поставок. Сравнение результатов новых стратегий с текущей ситуацией может быть реализовано в программной среде CAST.

Критериями при выборе наилучшего сценария могут быть выбраны общие затраты в сети, средние логистические затраты на заказ, уровень сервиса (количество дней доставки от склада до КТД) и риски, связанные с организацией сети. Сравнение основных показателей позволяет выбрать сценарий с централизацией товарных потоков через НРЦ и созданием сети сортировочных складов (хабов) с однодневными запасами в регионах.

О.О. Морозов

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ

Проаналізовані три стратегії розширення складів за рахунок розширення власної або орендованої складської мережі з урахуванням разових і операційних витрат, а також пов'язаних з ними ризиків. Критерії оптимальності – одноразові витрати, постійні та змінні витрати в ланцюгу постачання, витрати на зберігання продукції, рівні сервісу, заощаджень і ризиків.

А.А. Морозов

APPLICATIONS OF SUPPLY CHAIN THEORY

Three strategies to expand warehouses using enlargement of own or leased warehouse network allowing for fixed and operation costs as well as risks associated with them. The optimality criteria are one-time costs, fixed and variable costs in supply chain, storage costs, levels of services, savings and risks.

1. *Kahneman D.* Judgment and decision making: a personal view // Psychological science. – 1991. – Vol. 2, N 3. – P. 142 – 145.
2. *Сергиенко И.В., Чикрий А.А.* О развитии научных идей Б.Н. Пшеничного в области оптимизации и математической теории управления // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 2. – С. 3 – 28.
3. *Горбачук В.М.* Динамика капитала, учетной ставки и выпуска в зависимости от уровней налогообложения и бюджетного профицита // Там же. – 1999. – № 5. – С. 151 – 155.
4. *Горбачук В.М.* Смешанные стратегии кооперации и обобщенного лидерства для выпусков симметричной дуополии // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 4. – С. 115 – 120.
5. *Горбачук В.М.* Равновесие Курно – Нэша в условиях взаимной неопределенности // Там же. – 2008. – № 4. – С. 58 – 69.
6. *Горбачук В.М.* Картельный оптимум и приемлемое равновесие Курно – Нэша для дробных целевых функций // Там же. – 2008. – № 6. – С. 133 – 140.
7. *Морозов А.А.* Сравнительный анализ способов управления цепочками поставок // Економіка та управління АПК. – 2009. – № 5. – С. 146 – 154.
8. *Aydin G., Babich V., Beil D.R., Yang Z.B.* Decentralized supply risk management // The handbook of integrated risk management in global supply chains. P. Kouvelis, L. Dong, O. Boyabatli, R. Li (eds.) – Hoboken, NJ: John Wiley, 2011. – P. 387 – 424.

Получено 30.10.2014