

УДК 658.78.011.1

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СКЛАДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНОВ

THE MODEL OF FORMATION OF WAREHOUSE INFRASTRUCTURE FOR REGIONS

П. В. Попов,

доцент кафедры прикладной математики и информатики Волжского гуманитарного института (филиала) Волгоградского государственного университета, канд. техн. наук

И. Ю. Мирецкий,

профессор кафедры прикладной математики и информатики Волжского гуманитарного института (филиала) Волгоградского государственного университета, д-р техн. наук

Р. Б. Ивуть,

зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, д-р экон. наук, профессор

П. И. Лапковская,

ст. преподаватель кафедры «Экономика и логистика» БНТУ

P. Popov, I. Miretskiy, R. Ivut, P. Lapkouskaya

Дата поступления в редакцию — 13.05.2016 г.

В статье предложена модель формирования складской инфраструктуры регионов с учетом основных социально-экономических показателей. В модели учитывается возможность поставки разнородных товаров на разных типов товароносителей. Модель позволяет определить мощность и месторасположение опорной сети складов на территории регионов.

This paper describes the approach of modeling a regional warehouse infrastructure taking major social and economic indicators into account. The methodology enables to consider delivery of various goods by different means. The proposed approach determines optimal geographic location and capacity for each of warehoused in a backbone network in a given region.

Одним из факторов, оказывающим значительное влияние на социально-экономическое развитие крупных регионов (например, областей), является логистическая инфраструктура. Важным звеном логистической инфраструктуры, обеспечивающим комплексное транспортно-распределительное обслуживание, является складская сеть, состоящая из складов класса А и А+.

На выбор месторасположения складов сети на территории регионов оказывают влияние такие факторы, как [1]: близость к рынкам сбы-

та или снабжения в зависимости от принятой стратегии; наличие конкурентов на рынке сбыта; покупательская способность населения; наличие трудовых ресурсов; транспортные коммуникации; структура налогов, финансирование в регионе; наличие земельных участков для размещения потребных мощностей в регионах и их стоимость.

Будем считать, что работа по определению возможных мест расположения складов на территории региона уже проведена. Она базируется на статистической обработке значений ряда

важных социально-экономических показателей, фиксировавшихся в районах региона на протяжении значительного периода времени [2, 3]. К таким показателям обычно относят [1]:

- объем (в денежном выражении) отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами (обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды);
- численность трудоспособного населения;
- среднемесячную заработную плату одного работника;
- плотность населения;
- объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство»;
- объем перевозок грузов автомобильным транспортом;
- оборот розничной торговли;
- грузооборот автомобильного транспорта;
- инвестиции в основной капитал.

Для определения оптимального месторасположения складов общего назначения на территории региона сформулируем следующую задачу оптимизации (модель): составить такой план размещения складов, который обеспечит минимальные затраты на их содержание, транспортировку и грузопереработку товаров.

Как было указано ранее, будем считать, что возможные места расположения складов общего назначения известны (определены заранее).

При составлении модели полагаем, что:

- 1) известны места расположения производственных предприятий, выпускающих гетерогенную продукцию и их характеристики;
- 2) заданы максимальные объемы производства каждого товара на каждом предприятии;
- 3) известны места расположения поставщиков разнородной продукции на различных типах товароносителей;
- 4) определены возможные пункты размещения распределительно-подсортировочных складов общего назначения;
- 5) для каждого пункта размещения даны приведенные затраты на строительство и содержание склада;
- 6) известны пункты потребления по всем видам гетерогенной продукции и объемы спроса;
- 7) заданы транспортные затраты по доставке единицы каждого вида продукции:

– со склада общего назначения до пунктов потребления;

– со складов производителей и товаров от поставщиков до складов общего назначения.

Для каждого распределительно-подсортировочного склада (пункта) следует определить его мощность и тип товароносителей. При этом суммарные затраты, связанные со строительством, содержанием склада, перераспределением и транспортировкой товаров должны быть минимальными, а суммарный спрос на гетерогенную продукцию должен быть удовлетворен.

Формализуем задачу. Введем следующие обозначения:

i — номер пункта размещения распределительно-подсортировочного склада общего назначения, обрабатывающего r видов товаров ($i = \overline{1, m}$);

j — номер пункта потребления гетерогенных товаров (магазин розничной торговли) на различных типах товароносителей ($j = \overline{1, n}$);

p — номер производственного предприятия ($p = \overline{1, t}$);

g — номер поставщика гетерогенных товаров ($g = \overline{1, u}$);

B_j — обобщенная потребность в гетерогенных товарах j -го магазина розничной торговли;

b_p — объем производства на p -м производственном предприятии;

b_g — запасы товаров у g -го поставщика;

x_i — искомая мощность распределительно-подсортировочного склада общего назначения в i -м пункте размещения.

Сеть движения товаров на различных типах товароносителей представлена на рисунке.

Перейдем к описанию затрат, связанных с функционированием складской сети.

Приведенные затраты $f_i(x_i)$, связанные с размещением в i -м пункте распределительно-подсортировочного склада мощности x_i , оцениваются как:

$$f_i(x_i) = c_i(x_i) + E \cdot K_i(x_i),$$

где $c_i(x_i)$ — годовые эксплуатационные затраты i -го склада общего назначения без учета расходов на доставку товаров; $K_i(x_i)$ — единовременные капитальные вложения на строительство i -го распределительно-подсортировочного склада; E — коэффициент эффективности капитальных вложений.

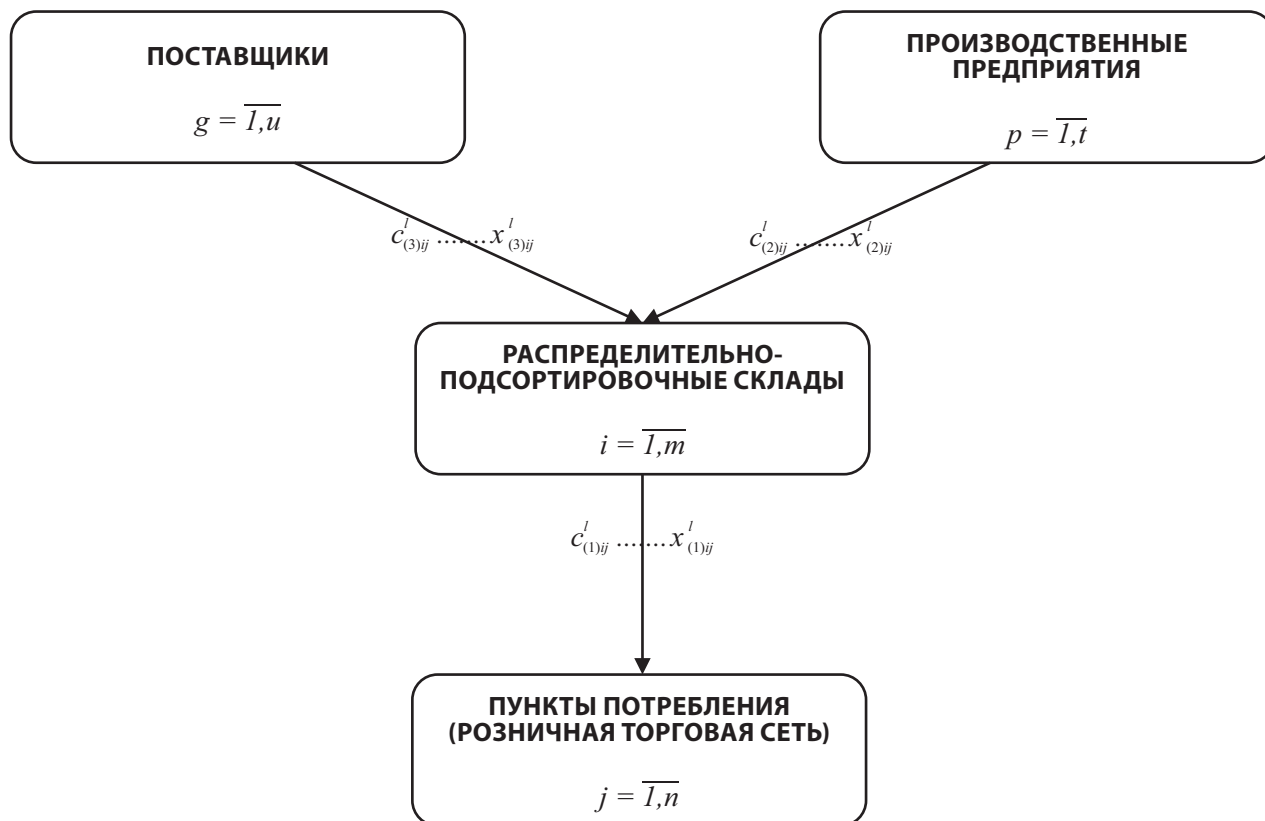


Схема распределения гетерогенных товаров

При определении затрат на транспортировку товаров на различных типах товароносителей считаем известными следующие величины:

- 1) $c_{(1)ij}^l$ — транспортные затраты по доставке l -го товара ($l = \overline{1, r}$) из i -го склада общего назначения в j -й пункт потребления;
- 2) $c_{(2)pi}^l$ — транспортные затраты по перевозке l -го товара ($l = \overline{1, r}$) со склада производственного предприятия в i -й склад общего назначения (для каждого вида товара имеются ограничения по объему производства в единицу времени);
- 3) $c_{(3)gi}^l$ — транспортные затраты по перевозке l -го товара ($l = \overline{1, r}$) от g -го поставщика в i -й склад общего назначения.

Соответствующие искомые величины есть объемы перевозок и $x_{(3)gi}^l$.

Далее считаем известным (заранее определенным) множество $M_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{s_i}\}$ — набор возможных мощностей для i -го распределитель-

но-подсортировочного склада общего назначения. Каждому набору типовых мощностей M_i ставится в соответствие набор объемов грузопереработки $d(a_i^1), d(a_i^2), \dots, d(a_i^{s_i})$.

Рассмотрим теперь m пунктов, в которых возможно строительство распределительно-подсортировочных складов общего назначения. В каждом из этих пунктов ($i = \overline{1, m}$) осуществляется переработка r видов товаров на множестве типов товароносителей $A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{is_i}\}$, где h -й вариант товароносителя i -го пункта задается r -мерным вектором $A_{ih} = (v_{ih}^1, v_{ih}^2, \dots, v_{ih}^r)$. Компоненты v_{ih}^l ($l = \overline{1, r}$) вектора A_{ih} задаются типами товароносителя в i -м пункте размещения. Для каждого варианта товароносителя A_{ih} заданы затраты на его переработку $\varphi_i(A_{ih})$, связанные с реализацией этого варианта в i -м складе общего назначения.

Наконец, потребность j -го магазина розничной торговли задается вектором:

$$B_j = (b_j^1, b_j^2, \dots, b_j^r),$$

где b_j^l — потребность j -го магазина в l -м продукте, $l = \overline{1, r}$.

Задача состоит в определении для каждого i -го распределительно-подсортировочного склада общего назначения такой мощности x_i из заданного набора мощностей M_i , таких типов товароносителей из заданного набора A_i и такого плана перевозок готовой продукции $x_{(1)ij}^l$ и товаров на склад $x_{(2)pi}^l$ и $x_{(3)gi}^l$ ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, r}$, $p = \overline{1, t}$, $g = \overline{1, u}$), чтобы общие затраты на содержание, грузопереработку и транспортировку товаров:

$$Z = \sum_{i=1}^m f_i(x_i) + \sum_{i=1}^m \varphi_i(x_i) + \sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n c_{(1)ij}^l x_{(1)ij}^l + \sum_{p=1}^t c_{(2)pi}^l x_{(2)pi}^l + \sum_{g=1}^u c_{(3)gi}^l x_{(3)gi}^l \right)$$

были минимальны и удовлетворялся спрос B_j ($j = \overline{1, n}$) каждого потребителя.

В указанной функции Z затрат слагаемые имеют следующий смысл:

$\sum_{i=1}^m f_i(x_i)$ — суммарные приведенные затраты, связанные с размещением в i -м пункте распределительно-подсортировочного склада мощности x_i ;

$\sum_{i=1}^m \varphi_i(x_i)$ — суммарные затраты, связанные с грузопереработкой гетерогенных товаров на распределительно-подсортировочных складах мощности x_i (при оптимальном выборе варианта товароносителя);

$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^r c_{(1)ij}^l x_{(1)ij}^l$ — суммарные транспортные затраты по доставке гетерогенных товаров с распределительно-подсортировочных складов в розничную торговую сеть;

$\sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^t c_{(2)pi}^l x_{(2)pi}^l$ — суммарные транспортные затраты по доставке гетерогенных товаров со складов производственных компаний на распределительно-подсортировочные склады;

$\sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^m \sum_{g=1}^u c_{(3)gi}^l x_{(3)gi}^l$ — суммарные транспортные затраты по доставке гетерогенных товаров

от поставщиков на распределительно-подсортировочные склады.

Функцию Z требуется минимизировать при следующих ограничениях.

1. Мощности распределительно-подсортировочных складов могут принимать значения только из заданного набора:

$$x_i \in M_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{s_i}\}, i = \overline{1, m},$$

причем, возможно, с конкретизацией x_i^l ($l = \overline{1, r}$) под вид товара, так что:

$$\sum_{l=1}^r x_i^l = x_i, x_i^l \geq 0.$$

2. Выбор товароносителей может принимать значение только из заданного набора:

$$h_i \in A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{i s_i}\}, i = \overline{1, m}.$$

3. Объем ввозимых на склад товаров не должен превышать его мощности ни по одному из видов товара:

$$\sum_{p=1}^t x_{(2)pi}^l + \sum_{g=1}^u x_{(3)gi}^l \leq x_i^l, i = \overline{1, m}, l = \overline{1, r}.$$

4. Потребность каждого магазина розничной торговли в товарах должна быть полностью удовлетворена:

$$\sum_{i=1}^m x_{(1)ij}^l = b_j^l, l = \overline{1, r}.$$

5. Количество продукции, вывозимой с каждого производственного предприятия, не должна превосходить его объемов производства:

$$\sum_{i=1}^m x_{(2)pi}^l \leq b_p, p = \overline{1, t}.$$

6. Количество продукции, вывозимой от каждого поставщика, не должна превосходить его запасов:

$$\sum_{i=1}^m x_{(3)gi}^l \leq b_g, g = \overline{1, u}.$$

7. Объемы поставок товаров на склады и со складов магазинам розничной торговли должны быть неотрицательными:

$$x_{(1)ij}^l \geq 0, x_{(2)pi}^l \geq 0, x_{(3)gi}^l \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, p = \overline{1, t}, g = \overline{1, u}.$$

Разработанная модель позволяет решить задачу размещения складов на территории региона, которая обеспечит минимальные затраты на их содержание, транспортировку и грузопереработку товаров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 16-12-34015).

Литература:

1. Корпоративная логистика в вопросах и ответах / Под общ. и науч. ред. проф. В. И. Сергеева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2013. — 634 с.
2. Попов, П. В., Мирецкий, И. Ю., Полковников, А. А. Формирование опорной сети складов общего пользования на территории Волгоградской области / П. В. Попов, И. Ю. Мирецкий, А. А. Полковников // Логистика. — 2014. — № 4. — С. 36–39.
3. Попов, П. В. Формирование сети распределительно-подсортировочных складов на территории Волгоградской области / П. В. Попов, А. В. Сопит // Известия ВолгГТУ, серия: «Актуальные проблемы реформирования российской экономики (теория, практика, перспективы)», том 20. — 2014. — № 17 (144). — С. 107–111.
4. Емеличев, В. А. Метод построения последовательности планов для решения задач дискретной

оптимизации / В. А. Емеличев, В. И. Комлик. — М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1981. — 208 с.

5. Бахтин, А. Е. Методы решения задач территориально-производственного планирования / А. Е. Бахтин. — Новосибирск: Наука, 1976.

6. Емеличев, В. А. Применение динамического программирования к решению задачи размещения / В. А. Емеличев, В. И. Комлик. — ДАН БССР, 1966. — № 10.

7. Емеличев, В. А. К задачам дискретной оптимизации / В. А. Емеличев. — ДАН СССР, 1970. — № 5.

8. Алексин, Р. В. Исследование взаимодействия элементов в транспортно-складском комплексе / Р. В. Алексин. Автореферат. Кандидатская диссертация. — Л.: ЛНИЖТ, 1984.

9. Рубенс, М. Математическое моделирование и управление распределением. / М. Рубенс. — Брюссель: Бельгийский институт кадров, технического содействия и трансфера технологий, 1993.

10. Пурлик, В. М. Рынок инвестиционных товаров и логистика: Монография / В. М. Пурлик. — М.: Международный университет бизнеса и управления, 1997.

11. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой: Пер. с англ. / Дж. Р. Сток, Д. М. Ламберт. — 4-е издание. — М.: ИНФРА-М, 2005.

12. Catheder, M. Logistik — Das Ruckgrat der New Economy / Studie der Hypovereinsbank, 2002; S.3, 11 f.