

ОТРАСЛЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

О МОДЕЛИРОВАНИИ ДЛИТЕЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ (на примере поставок шинной продукции)

ХМЕЛЬНИЦКИЙ А. Д., ЯКОВЛЕВ Л. С.

(Москва)

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам установления хозяйственных связей между поставщиками и потребителями на длительный период уделяется много внимания как плановыми органами, так и научно-исследовательскими организациями. Актуальность решения этой проблемы подчеркивал академик Н. П. Федоренко: «Все ясно, что существующая система распределения средств производства нередко приводит к искусственному дефициту, образованию излишних запасов на одних участках хозяйства при недостатке их на других, подчинению потребителя производителю, не способствует повышению качества продукции. Выход из этого положения ясен — переход на прямые хозяйственные связи...» [1].

Опыт, накопленный Госснабом СССР по решению задач оптимального прикрепления потребителей к поставщикам, позволил осуществлять научно обоснованную проверку предложений о переводе предприятий на прямые длительные хозяйственные связи. Основным инструментом, используемым как при решении задач оптимального прикрепления, так и при формировании длительных связей, в настоящее время является комплекс программ для решения транспортных задач, разработанный в ГВЦ Госснаба СССР. Определенную роль в развитии и распространении этого подхода сыграла работа НИИМСа [2].

В [3, 4] при разработке рекомендаций для формирования прямых длительных связей применяются методы выявления стабильных хозяйственных связей в оптимальных планах прикрепления, полученных за ряд плановых периодов. Для учета стохастической природы величин ресурсов и потребностей на перспективу, устойчивости связей по плановым периодам в [5] предложено применение метода статистических испытаний (метода Монте-Карло) в сочетании с двойственным методом потенциалов решения транспортных задач.

Планирование долговременных хозяйственных связей должно рассматриваться в единстве с вопросами развития и размещения производительных сил страны. Уже на стадии разработки перспективных планов развития отраслей формируются будущие схемы хозяйственных связей между производителями и регионами-потребителями. Ошибки, связанные с неточным знанием географии потребления и процессов доставки продукции,

могут привести к нерациональным транспортно-экономическим связям, поэтому важно участие органов материально-технического снабжения, имеющих опыт планирования и оперативного регулирования поставок продукции, в разработке пятилетних планов развития и размещения производства. Представляет интерес предложение о возможности включения в функционал задачи перспективного планирования развития и размещения производства «слагаемых, стимулирующих сохранение связей» [6]. В то же время использование в модели динамической производственно-транспортной задачи размещения и развития производства указанной составляющей связано не только с математическими трудностями, которые отмечают авторы [6], но и сложностью определения величины «штрафа» за появление новой связи, а также несовершенством информационного обеспечения задач развития отрасли и формирования длительных хозяйственных связей (номенклатура продукции, уровень агрегации потребления, стоимостные параметры и др.).

Для обеспечения устойчивых хозяйственных связей необходимо иметь стабильные планы производства по интервалам планового периода в сочетании со стабильным набором поставок по каждому виду продукции. Основные положения этого подхода были разработаны в ЦЭМИ [7]. Данное направление предполагает трехэтапную схему согласования планов поставок и производства на пятилетний период, обеспечивающую получение минимальных затрат на производство и транспортировку продукции с учетом выполнения специальных ограничений. В рамках концепции [7] построены модели планирования ассортиментной загрузки заводов-поставщиков и формирования прямых длительных хозяйственных связей на примере снабжения народного хозяйства шинной продукцией [8]. Учет дискретных ограничений, динамики производственных мощностей заводов-поставщиков и потребления продукции в реальных условиях вызывает трудности вычислительного характера, а также при определении хозяйственных связей, что усложняет применение экономико-математических методов в процессе составления пятилетнего плана поставок продукции, предложенных в [7-11].

Планирование долговременных хозяйственных связей в указанных публикациях сводится к формированию прямых связей. По нашему мнению, их установление является частью более широкой проблемы создания перспективной схемы прикрепления потребителей к поставщикам.

В 1977 г. ЦЭМИ и ГВЦ Госнаба СССР разработали и внедрили в практику систему моделей пятилетнего планирования хозяйственных связей (по поставкам шинной продукции). Особенность методики состоит не в фиксации этих связей, сложившихся в течение ряда прошлых лет между поставщиками и потребителями, а в составлении соответствующих вариантов пятилетнего плана с последующим их согласованием с министерствами, ведомствами и территориальными органами материально-технического снабжения.

Формирование хозяйственных связей на пятилетний период предусматривает решение задач двух типов.

Первый — на основе информации о потребности народного хозяйства по годам пятилетки в групповом ассортименте продукции проводится расчет по согласованию этой потребности с производственными мощностями заводов-поставщиков. Цель расчета — максимизировать удовлетворение народнохозяйственной потребности за счет рационального использования имеющихся и проектируемых к вводу на данный период мощностей. Применительно к рассматриваемому примеру критерий оптимальности интер-

претирруется как максимизация суммарного срока службы * выпускаемой за пятилетку шинной продукции.

Второй — на базе полученных планов производства соответствующего ассортимента по народному хозяйству в целом решается вопрос о степени удовлетворения потребности каждого потребителя в каждом году пятилетки с последующим формированием длительных хозяйственных связей с поставщиками. Цель — минимизация суммарных затрат на производство и поставку продукции за пятилетие. Для продукции, выпускаемой на оборудовании, загрузка которого не влияет существенно на его производительность и себестоимость производства, предлагается решать многоиндексные транспортные задачи. При практической реализации специфика обеспечения народного хозяйства шинами учитывалась следующим образом. На основе экономического анализа, проведенного ЦЭМИ совместно с НИИ шинной промышленности, были сформированы перечни заводов-поставщиков и потребителей. Потребители, получающие продукцию по комплектации, прикреплялись к заводу-поставщику на весь пятилетний период, т. е. должны были устанавливаться жесткие хозяйственные связи на основе разработки оптимального плана поставки. В предлагаемых моделях учитывалась возможность взаимозаменяемости отдельных размеров шин, используемых при эксплуатации имеющегося у потребителя транспорта.

На практике возникает ситуация, когда отдельные заводы начинают выпуск продукции определенного вида не с начала пятилетки или прекращают производство некоторых размеров шин в промежуточный плановый период, что требует построения специального алгоритма. Предлагаемая система моделей ориентирована на формирование схемы пятилетних хозяйственных связей и в отличие от предшествующих разработок (по решениям годовых транспортных или производственно-транспортных задач) обеспечивает получение оптимального плана в целом на пятилетку.

МОДЕЛЬ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОТРЕБНОСТИ В АССОРТИМЕНТЕ ПРОДУКЦИИ (ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД)

Введем обозначения: i — заводы-поставщики, $i=1, \dots, I$; k — размер шин, $k=1, \dots, K$; t — годы, $t=1, \dots, 5$; λ — тип сборочного оборудования, $\lambda=1, \dots, \Lambda'$; ω — тип вулканизационного оборудования, $\omega=1, \dots, \omega'$.

Требуется найти неотрицательные значения x_{ik}^t и x_{ik}^0 (выпуск шин размера k заводом i в году t и соответственно в течение пяти лет), обеспечивающие достижение максимума суммарного срока службы шин

$$F = \sum_{t=1}^5 \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \psi_{ik} x_{ik}^t + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \psi_{ik}^0 x_{ik}^0 = \max, \quad (1)$$

где ψ_{ik} — срок службы шин размера k завода-поставщика i ; $\psi_{ik}^0 = \psi_{ik} + \Delta_{ik}^0$ — срок службы шин с учетом эффективности от устойчивости выпуска шин размера k на заводе i .

Выпишем ограничения задачи. Затраты машинного времени сборочного оборудования λ на заводе i в году t не должны превышать эффективный фонд машинного времени $T_{i\lambda}^t$

$$\sum_{k=1}^K q_{i\lambda}^k (x_{ik}^t + x_{ik}^0) \leq T_{i\lambda}^t. \quad (2)$$

* Срок службы шин измеряется в км пробега.

Здесь q_{iw}^k — удельные затраты машинного времени оборудования λ на заводе i по выпуску шин размера k .

Затраты машинного времени вулканизационного оборудования w на заводе i в году t не должны превышать эффективный фонд машинного времени Φ_{iw}^t

$$\sum_{k=1}^{\pi} q_{iw}^k (x_{ik}^t + x_{ik}^0) \leq \Phi_{iw}^t. \quad (3)$$

Здесь q_{iw}^k — удельные затраты времени оборудования w на заводе i по выпуску шин размера k .

Выпуск y_k^t шин размера k в году t должен находиться между верхней U_k^t и нижней L_k^t границами*.

1. Если по проекту плана производство Q_k^t шин размера k в году t превышает потребность M_k^t народного хозяйства в таких шинах, т. е. $Q_k^t > M_k^t$, расчеты проводятся по двум вариантам границ, когда выпуск продукции: фиксируется на уровне потребности

$$L_{k1}^t = U_{k1}^t = M_k^t, \quad (4)$$

планируется в границах (нижний уровень — величина потребности, верхний — проект плана производства)

$$L_{k2}^t = M_k^t, \quad U_{k2}^t = Q_k^t. \quad (5)$$

2. При

$$M_k^t > \hat{M}_k^t > Q_k^t, \quad (6)$$

где \hat{M}_k^t — потребность в шинах размера k в году t на комплектацию, в качестве нижней границы принимается объем этой потребности, соответственно верхняя граница устанавливается на уровне общей потребности народного хозяйства в шинах данного размера

$$L_k^t = \hat{M}_k^t, \quad U_k^t = M_k^t. \quad (7)$$

3. При $M_k^t > Q_k^t > \hat{M}_k^t$ расчеты проводятся по двум вариантам границ

$$L_{k1}^t = Q_k^t, \quad U_{k1}^t = M_k^t, \quad (8)$$

$$L_{k2}^t = \hat{M}_k^t, \quad U_{k2}^t = M_k^t. \quad (9)$$

Оптимальный выпуск шин размера k в году t равен суммарному выпуску данного размера шин по всем заводам

$$\sum_{i=1}^I (x_{ik}^t + x_{ik}^0) - y_k^t - z_k^t = 0, \quad (10)$$

где z_k^t — вспомогательная переменная для обеспечения совместности системы ограничений (интерпретируется как возможный импорт).

Модель реализуется методом поэтапной оптимизации. При первом расчете максимизируется суммарный срок службы шин (F). В связи с тем,

* Определение границ оптимального выпуска продукции осуществляется органами материально-технического снабжения совместно с министерствами-поставщиками, которые на основе перспективного плана развития отрасли представляют проекты планов производства по ассортименту продукции. Различные модификации этого ограничения позволяют учитывать вариантность в определении оптимального перспективного заказа промышленности (косвенное отражение неопределенности в оценке потребности народного хозяйства).

что при данной величине показателя критерия оптимальности существует множество альтернативных вариантов плана, предлагается зафиксировать F и при втором расчете найти план, соответствующий

максимуму $\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \psi_{ik}^0 x_{ik}^0$, т. е. максимуму суммарного срока службы шин по ста-

бильным вариантам выпуска продукции.

После согласования перспективного заказа по удовлетворению каждого потребителя в объемах и ассортименте продукции предлагается реализация производственно-транспортной или транспортной задач оптимизации хозяйственных связей.

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ

Введем обозначения: p — завод-потребитель по комплектации, $p=1, \dots, P$; j — территориальное управление, $j=1, \dots, J$.

Выпишем ограничения задачи.

Затраты машинного времени сборочного оборудования типа λ на заводе i в году t не должны превысить эффективный фонд машинного времени $T_{i\lambda}^t$

$$\sum_{k=1}^K q_{i\lambda}^k (x_{ik}^t + x_{ik}^0) \leq T_{i\lambda}^t. \quad (11)$$

Затраты машинного времени вулканизационного оборудования типа w на заводе i в году t не должны превысить эффективный фонд машинного времени Φ_{iw}^t

$$\sum_{k=1}^K q_{iw}^k (x_{ik}^t + x_{ik}^0) \leq \Phi_{iw}^t. \quad (12)$$

Суммарный выпуск шин размера k по всем заводам равен суммарному объему поставок по всем потребителям

$$\sum_{i=1}^I (x_{ik}^t + x_{ik}^0) - \left[\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (y_{ikj}^t + y_{ikj}^0) + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I y_{ikp}^0 \right] = 0, \quad (13)$$

где y_{ikj}^t — объем поставки шин размера k с завода i району j в году t ; y_{ikj}^0 — объем поставки шин размера k с завода i району j по длительным связям; y_{ikp}^0 — объем поставки шин размера k с завода i потребителю p (комплектация) по длительным связям.

Суммарный объем поставок шин размера k со всех заводов-поставщиков по длительным связям должен быть равен объему потребления B_{kp}^t шин данного размера автомобильным заводом p в году t

$$\sum_{i=1}^I y_{ikp}^t = B_{kp}^t. \quad (14)$$

Суммарный объем поставки шин размера k со всех заводов-поставщиков в году t (по обычным и длительным связям) должен быть равен объему потребления B_{jk}^t шин данного размера в районе j (на эксплуатацию и широкий рынок)

$$\sum_{i=1}^I (y_{ihj}^t + y_{ihj}^0) = B_{jk}^t. \quad (15)$$

Требуется найти неотрицательные значения переменных x_{ik}^t , x_{ik}^0 , y_{ihj}^t , y_{ihj}^0 , y_{ikp}^0 , приводящие к минимуму суммарные затраты на производство и поставку продукции

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^5 (s_{ik}^t x_{ik}^t + s_{ik}^{t_0} x_{ik}^{t_0}) + \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^5 (c_{ihj} y_{ihj}^t + c_{ihj}^0 y_{ihj}^0) + \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P c_{ikp} y_{ikp}^0 = \min, \end{aligned} \quad (16)$$

где s_{ik}^t — плановая себестоимость шин размера k на заводе i в году t ; $s_{ik}^{t_0}$ — плановая себестоимость выпуска шин размера k на заводе i в году t с учетом эффективности от стабильного производства продукции; c_{ihj} — удельные транспортные затраты по доставке шин размера k с завода-поставщика i району j ; c_{ihj}^0 — то же самое с учетом эффективности длительных хозяйственных связей ($c_{ihj}^0 < c_{ihj}$)*; c_{ikp} — удельные транспортные затраты по доставке шин размера k с завода i потребителю p .

Размерность задачи (11)–(16) определяется в основном количеством ограничений типа (14) и (15). Подобные задачи очень трудоемко решать по общим алгоритмам линейного программирования. Чтобы уменьшить размерность, можно воспользоваться особой структурой матрицы задачи (11)–(16), т. е. тем обстоятельством, что каждая переменная с нулевым коэффициентом в критерии включена не более чем в одно ограничение типа (14) или (15).

Для решения подобных задач имеется специальный алгоритм, называемый в зарубежной литературе методом генерации верхних границ (GUB); его подробное описание см. в [12]. Программное обеспечение для этого метода включено в стандартные пакеты линейного программирования, начиная с 1972 г., однако нам пришлось использовать пакет LP400 для английской ЭВМ «Система 4-50», в котором этот блок до сих пор отсутствует. Потребовалась разработка специальной модели, чтобы получить решение с тем же объемом продукции, поставляемой по длительным связям.

* Эффективность от установления длительных хозяйственных связей принимается экспертами на уровне 10%-ного снижения транспортных издержек.

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА ПЯТИЛЕТКУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТНОГО ТИПА

Требуется найти значения переменных x_{ikj}^t , x_{ikj}^0 и y_{ikj}^0 , обеспечивающие

$$F = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^5 c_{ij} (x_{ikj}^t + x_{ikj}^0 + y_{ikj}^0) = \min, \quad (17)$$

где x_{ikj}^t — объем поставки шин размера k в году t от завода-поставщика i району j ; x_{ikj}^0 — объем поставок шин размера k от завода-поставщика i району j в течение пяти лет; y_{ikj}^0 — объем поставки шин размера k от завода-поставщика i автомобильному заводу j ; c_{ij} — расстояние перевозки от завода-поставщика i до района j .

Выпишем ограничения модели. Сумма поставок по всем видам хозяйственных связей от завода-поставщика i шин размера k в году t должна не превысить план производства A_{ik}^t

$$\sum_{j=1}^J (x_{ikj}^t + x_{ikj}^0 + y_{ikj}^0) \leq A_{ik}^t. \quad (18)$$

Сумма поставок шин размера k от всех заводов-поставщиков в году t должна удовлетворять потребности B_{jk}^t района j

$$\sum_{i=1}^I (x_{ikj}^t + x_{ikj}^0) = B_{jk}^t, \quad j=1, \dots, j'. \quad (19)$$

Сумма поставок шин размера k от всех заводов-поставщиков в году t должна удовлетворять потребности автозавода N_{kj}^t

$$\sum_{i=1}^I y_{ikj}^0 = N_{kj}^t, \quad j=j'+1, \dots, J. \quad (20)$$

Для реализации модели использован двухэтапный метод. На первом этапе осуществляется поиск максимума объемов поставок по пятилетним связям, на втором — минимума суммарной транспортной работы при фиксированном оптимальном значении функции цели первого этапа. Аналогичный метод применялся вместо алгоритма GUB для решения задачи (11) — (16) после ее модификации.

Данная система моделей положена в основу методологии пятилетнего планирования хозяйственных связей, разработанной ЦЭМИ, ГВЦ Госнапланирования хозяйственных связей, НИИ шинной промышленности. Пятилетний план поставок, рассчитанный по системе моделей, рекомендуется рассматривать как прогнозную схему производственно-транспортных связей, на основе которой можно анализировать предложения по переводу потребителей на прямые длительные хозяйственные связи. Методология проверялась при разработке перспективного плана формирования хозяйственных связей по шинной продукции на 1976—1980 гг.

Исследования по оптимизации структуры выпуска легковых шин (модель удовлетворения потребности в ассортименте) с применением ЭВМ выявили наличие дефицита, несмотря на баланс в целом по групповой

номенклатуре. Расчеты по оптимизации перспективного заказа промышленности показали возможность сокращения дефицита по отдельным позициям ассортимента по годам пятилетки*.

Вариантное моделирование перспективного плана поставок продукции позволило повысить удельный вес пятилетних хозяйственных связей с 31,4% (при решении годовых задач на пятилетку) до 86,3% при общем сокращении количества связей между поставщиками и потребителями на 37%. Результаты расчетов показали эффективность предложенной системы моделей пятилетнего планирования хозяйственных связей.

Алгоритмическое и программное обеспечение, разработанное в ГВЦ Госснаба СССР, может быть использовано не только при разработке пятилетнего плана поставок продукции, но и при решении вопросов оптимизации транспортно-экономических связей на длительную перспективу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоренко Н. П. Достигнутые рубежи, новые проблемы.— Экономич. газета, 1974, № 2.
2. Методические указания по планированию и оценке эффективности прямых длительных хозяйственных связей между предприятиями. М.: НИИМС, 1973.
3. Нестеров Е. П. Транспортные задачи линейного программирования. М.: Транспорт, 1971.
4. Селиванов А. И., Садреева А. К. Организация и планирование прямых длительных связей по поставкам химической и резино-технической продукции. М.: ЦНИИТЭИМС, 1972.
5. Проценко О. Д. и др. Планирование долговременных хозяйственных связей. М.: Экономика, 1976.
6. Хруцкий Е. А., Сакович В. А., Колосов С. П. Оптимизация хозяйственных связей и материальных запасов. М.: Экономика, 1977.
7. Геронимус Б. Л. Пути совершенствования планирования материально-технического снабжения народного хозяйства. М.: Наука, 1973.
8. Митрофанов В. А., Хмельницкий А. Д. Экономико-математическая модель формирования длительных планов загрузки заводов-поставщиков.— Применение матем. методов, вычислит. техники и оргтехники в мат.-техн. снабжении, 1976, № 1.
9. Митрофанов В. А. Алгоритм решения задачи формирования длительных планов ассортиментной загрузки заводов-поставщиков.— Применение матем. методов, вычислит. техники и оргтехники в мат.-техн. снабжении, 1976, № 1.
10. Митрофанов В. А., Хмельницкий А. Д. Результаты экспериментальных расчетов длительных планов ассортиментной загрузки производственных мощностей заводов-поставщиков.— Применение матем. методов, вычислит. техники и оргтехники в мат.-техн. снабжении, 1977, № 3.
11. Митрофанов В. А., Хмельницкий А. Д. Экономико-математическая модель планирования прямых длительных хозяйственных связей.— Применение матем. методов, вычислит. техники и оргтехники в мат.-техн. снабжении, 1977, № 3.
12. Лэддон Л. С. Оптимизация больших систем. М.: Наука, 1975.

Поступила в редакцию
11 IV 1979

* Сокращение дефицита по отдельным позициям ассортимента осуществлялось в результате оптимального перераспределения структуры выпуска в рамках наличных ограничений как отраслевого характера, так и по предприятиям. Влияние структурных сдвигов на экономические показатели отдельных предприятий не рассматривалось на этапе формирования пятилетнего заказа промышленности.