

А. ШИПАЙ

**ЗАДАЧА СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ**

211099

Академия наук СССР
Центральный экономико-математический институт
Эстонское отделение

А. Ш и п а й

**ЗАДАЧА СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Издательство "Валгус"
Таллин 1968

В брошюре излагается решение проблемы специализации железобетонной промышленности экономико-математическими методами, в частности, решением задач линейного программирования. Формулирование задачи специализаций изложено в 34 формулах и в I таблице.

Tartu Riikliku Olikooli
Raamatukogu
211099

Ш и п а й Александр Александрович
Задача специализации производства железобетонных
изделий

Издательство "Валгус"

Таллин, Пярнуское шоссе, 10

Редактор И. Розенфельд

Худ. редактор Р. Келу

Подписано к печати 30/XI 1967. Бум. 60x84/16.

Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,67. Тираж 500 экз.

Заказ № 126 МВ 10920.

Типография "Сигнал". Таллин, ул. Маакри 28.

Цена 5 коп.

Рост объема строительного-монтажных работ вызывает необходимость установить научно обоснованные производственные связи со смежными отраслями промышленности, определить оптимальную производственную структуру и улучшить использование производственных мощностей в этих отраслях.

Осуществление указанных задач требует расчета оптимальной структуры производства на основе унификации номенклатуры выпускаемых изделий и специализации заводов при помощи математических методов планирования.

Ниже дается описание части общей модели промышленности железобетонных изделия для решения задачи специализации производства на уровне республики (области), являющейся замкнутой системой производства и потребления.

Железобетонная промышленность представляет собой узко специализированную отрасль промышленности строительных материалов с достаточно высоким уровнем внутривзаводской специализации цехов и пролетов.

Экономически обоснованная специализация производства может быть осуществлена только на основе анализа связей специализируемой отрасли со смежными отраслями и потребителями. Железобетонная промышленность является относительно замкнутой системой, продукция которой потребляется только одной отраслью - строительством. Следовательно, производственная деятельность железобетонной промышленности целиком направляется строительством и подчинена его тре-

бованиям.

Экономическую эффективность специализации следует определить с учетом экономических и производственных интересов производителей и потребителей. С точки зрения промышленного предприятия цель специализации заключается в достижении максимальной экономии затрат в результате сокращения числа выпускаемых изделий. Потребитель заинтересован в получении продукции требуемой номенклатуры при минимальных затратах на перевозку (по действующим оптовым ценам расходы на транспорт франко строительная площадка оплачиваются заказчиком).

Следовательно, необходимо найти оптимальное решение, позволяющее добиться минимальных суммарных затрат у производителей и потребителей и удовлетворения потребностей в нужной номенклатуре железобетонных изделий.

Это достигается решением специальной задачи оптимальной унификации номенклатуры деталей и минимизацией суммы производственных и транспортных расходов в задаче специализации. При этом учитывается следующее:

1. Увеличение транспортных расходов компенсируется экономией, образующейся в результате специализации заводов-изготовителей.
2. Специализация не оказывает существенного влияния на изменение существующих связей с отраслями, снабжающими железобетонную промышленность материалами.
3. Проведение специализации требует создания соответствующих организационных, технических и экономических условий и предпосылок.

Под организационными условиями подразумевается создание единой системы ведомственного подчинения специализируемых заводов в пределах данной территориальной единицы и органа управления для руководства кооперированными поставками.

Технические условия определяют соответствие и приспособленность

производственных мощностей для выпуска специализируемой продукции. Производственную мощь завода определяют в основном пропарочные камеры. Необходимо определить соответствие мощностей пропарочных камер мощностям бетоносмесительных, арматурных и формующих цехов. Съем продукции с 1 м^3 пропарочных камер различен. Производственные мощности рассчитываются по всем специализируемым деталям исходя из требования загрузки всех специализируемых пропарочных камер производством изделий одного наименования. Номенклатура изделий, их объем и поставка определяются заказами строительных организаций.

При установлении приспособленности камер для выпуска тех или иных изделий может возникнуть необходимость в капиталовложениях на реконструкцию, приобретение металлических форм, которые определяются исходя из конкретных условий каждого завода.

Проведение специализации требует методически единого подхода к расчету экономических показателей. В первую очередь это относится к калькулированию себестоимости.

В качестве показателя себестоимости принимается плановая себестоимость единицы продукции по всей номенклатуре специализируемых деталей. При необходимости в капитальных вложениях определяются приведенные затраты с учетом удельных капиталовложений по конкретным заводам и изделиям.

В калькуляциях себестоимости целесообразно выделить три группы калькуляционных статей и изучить влияние на них изменений объема выпуска продукции.

К первой группе относятся прямые затраты (материалы, энергия, основная зарплата), изменяющиеся пропорционально объему продукции.

Вторая группа (расходы по обслуживанию и эксплуатации оборудования) характеризует затраты, частично зависящие от изменения объема продукции. Степень влияния изменений объема выпуска продукции на эту группу калькуляционных статей определяется корреляционным ана-

лизом.

Третья группа (цеховые расходы, общезаводские расходы) условно рассматривается постоянной.

Распределение косвенных расходов при калькулировании себестоимости единицы продукции осуществляется по весовому показателю (1 м^3 железобетона). Этот метод распределения косвенных расходов позволяет легко пересчитать себестоимость единицы продукции в зависимости от общей загрузки завода.

Транспортные расходы от пунктов производства до пунктов потребления рассчитываются по каждому изделию в отдельности. Расчет транспортных расходов отдельно по каждому изделию требуется ввиду различного объема и размеров транспортируемых деталей. Транспортные расходы рассчитываются по каждому маршруту по двум видам транспорта - железнодорожному и автомобильному. Вид транспорта по данному маршруту выбирается сопоставлением транспортных расходов по видам транспорта на 1 м^3 изделия. Железнодорожный тариф увеличивается на величину затрат по перегрузке на автотранспорт и автомобильный тариф по доставке до мест потребления.

В транспортных расходах учитывают только расходы по перевозке, расходы по погрузке входят в себестоимость продукции, а расходы по разгрузке являются неизменными и не оказывают влияния на результаты специализации.

*
*
*

По данным промышленности железобетонных изделий Эстонской ССР была решена задача специализации, охватывающая 4 завода, 12 видов изделий (агрегированных по типоразмерам) и 19 условных пунктов потребления (местонахождения первичных строительных организаций).

Целью решения задачи было получение плана специализации, при котором потребности удовлетворяются минимальными производственными и транспортными затратами. Задача была сформулирована в двух постановках: безвариантной и вариантной.

Безвариантная задача специализации сводится к задаче с кусочной целевой функцией [1,2].

Обозначим:

- x_{ij} - искомое количество продукции j -го вида, производимое в i -м пункте производства ($i = 1, 2, \dots, m$;
 $j = 1, 2, \dots, n$),
- y_{ijk} - искомое количество продукции j -го вида, перевозимое из i -го пункта производства в k -й пункт потребления ($k = 1, 2, \dots, p$),
- p_{jk} - объем потребления продукции j -го вида в k -м пункте потребления,
- $M_i^{w_j}$ - объем пропарочных камер w_j -го типа в i -м пункте производства ($w_j = 1, 2, \dots, \sum_i z_i$; z_i - число однотипных пропарочных камер i -го завода),
- $r_{ij}^{w_i}$ - сьем j -го вида продукции с 1 м^3 пропарочных камер w_i -го типа в i -м пункте производства,
- g_i - существующий уровень выпуска продукции в i -м пункте производства,
- d_{ijk} - затраты на перевозку j -го вида продукции из i -го пункта производства в k -й пункт потребления,
- $c_{ij}(\sum_j x_{ij})$ - затраты на j -й вид продукции в i -м пункте производства (функция объема производства в i -м пункте),
- a_{ij} - затраты на j -й вид продукции, пропорциональные объему продукции в i -м пункте производства,
- $Q_i(\sum_i x_{ij})$ - сумма косвенных расходов, частично зависящих от объема производства в i -м пункте производства (функция объема производства в i -м пункте),
- R_i - сумма условно постоянных косвенных расходов в i -м пункте производства,

λ_i - коэффициент, определяющий ту переменную часть Q_i , которая зависит от изменений объема производства.

Задача состоит в нахождении таких $\{x_{ij}\}$ и $\{y_{ijk}\}$, которые минимизируют целевую функцию (сумма затрат на производство продукции и ее перевозку):

$$F = \sum_{ij} [c_{ij} (\sum_j x_{ij}) \cdot x_{ij}] + \sum_{ijk}^d y_{ijk}, \quad (1)$$

при удовлетворении ограничений:

$$\sum_j \frac{1}{f_{ij}} x_{ij} \leq M_i^{w_i}, \quad (2)$$

$$x_{ij} = \sum_k y_{ijk}, \quad (3)$$

$$\sum_i y_{ijk} = P_{jk}. \quad (4)$$

Коэффициенты целевой функции включают эксплуатационные затраты; в случае строительства новых предприятий или реконструкции существующих в целевую включаются и капитальные затраты с учетом фактора времени.

Себестоимость в целевой функции является функцией объема производства, заданная выражением:

$$c_{ij} (\sum_j x_{ij}) = a_{ij} + \frac{Q_i \sum_j x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} + \frac{R_i}{\sum_j x_{ij}}. \quad (5)$$

Зависимость $Q_i (\sum_j x_{ij})$ определяется корреляционным анализом:

$$Q_i(\sum_j x_{ij}) = Q_i + \lambda_i \frac{Q_i}{\varepsilon_i} (\sum_j x_{ij} - \varepsilon_i). \quad (6)$$

Заменим в (5) Q_i его значением (6):

$$c_{ij}(\sum_j x_{ij}) = a_{ij} + \frac{Q_i + \lambda_i \frac{Q_i}{\varepsilon_i} (\sum_j x_{ij} - \varepsilon_i) + R_i}{\sum_j x_{ij}}. \quad (7)$$

В частности, при $\sum_j x_{ij} = \varepsilon_i$ получим

$$c_{ij}(\sum_j x_{ij}) = a_{ij} + \frac{Q_i + R_i}{\varepsilon_i}. \quad (8)$$

Преобразуем выражение (7):

$$c_{ij}(\sum_j x_{ij}) = a_{ij} + \frac{Q_i(1 - \lambda_i) + R_i}{\sum_j x_{ij}} + \frac{\lambda_i Q_i}{\varepsilon_i} \quad (9)$$

и введем новые обозначения:

$$\frac{\lambda_i Q_i}{\varepsilon_i} = q_i, \quad (10)$$

$$Q_i(1 - \lambda_i) + R_i = D_i. \quad (11)$$

Тогда

$$c_{ij}(\sum_j x_{ij}) = a_{ij} + q_i + \frac{D_i}{\sum_j x_{ij}}. \quad (12)$$

В результате разложения величины Q_i на две части, затраты, зависящие от влияния на них изменений объема продукции, сведены в две группы: пропорционально объему продукции $a_{ij} + q_i$ и постоянные D_i .

После замены в целевой функции (I) $c_{ij}(\sum x_{ij})$ выражением (I2) и модификации при помощи соотношения (3) целевая функция принимает следующий вид:

$$F = \sum_{ijk} (a_{ij} + \varepsilon_i + d_{ijk}) y_{ijk} + \sum_i D_i. \quad (I3)$$

Целевая функция состоит из выражения $(a_{ij} + q_i + d_{ijk})$, пропорционального значению y_{ijk} и постоянной части D_i .

Поскольку при $\sum_{ijk} y_{ijk} = 0$ и $D_i = 0$, то целевая функция (I3) имеет точки разрыва. В экономической интерпретации это означает, что условно постоянные расходы D_i могут образоваться только на действующих предприятиях.

После преобразования задача принимает следующий вид:

минимизировать целевую функцию (I3) при ограничениях:

$$\sum_{jk} \frac{1}{r w_{ij}} y_{ijk} \leq M_i^{w_i}, \quad (I4)$$

$$\sum_i y_{ijk} = P_{jk}, \quad (I5)$$

$$D_i (\sum_{jk} y_{ijk}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{jk} y_{ijk} = 0, \\ D_i, & \text{если } \sum_{jk} y_{ijk} > 0. \end{cases} \quad (I6)$$

Задача в данной модификации является четырехиндексной с кусочной целевой функцией.

Четырехиндексную задачу (I3-I6) можно свести к двухиндексной распределительной задаче [3,4].

Вместо пары индексов (j, k) введем один индекс α и вместо (i, w_i) индекс β , значение которых подсчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \alpha &= k + p(j - 1), & 1 \leq \alpha \leq np; \\ \beta &= i + m(w_i - 1), & 1 \leq \beta \leq m \sum_1 z_i. \end{aligned} \quad (I7)$$

Учитывая сказанное, заменим в задаче (I3-I6):

$$Y_{ijk} = s_{\alpha\beta}, \quad (I8)$$

$$P_{jk} = B_{\alpha}, \quad (I9)$$

$$f_{ij}^{w_i} = l_{\alpha\beta}, \quad (20)$$

$$d_{ijk} = h_{\alpha\beta}, \quad (21)$$

$$q_i = r_{\beta}, \quad (22)$$

$$D_i = H_{\beta}, \quad (23)$$

$$M_i^{w_i} = C_{\beta}, \quad (24)$$

$$a_{ij} = v_{\alpha\beta}, \quad (25)$$

Задача принимает вид:

$$F = \sum_{\alpha\beta} (v_{\alpha\beta} + r_{\alpha\beta} + h_{\alpha\beta}) s_{\alpha\beta} + \sum_{\beta} H_{\beta}, \quad (26)$$

при условиях:

$$\sum_{\alpha} \frac{I}{l_{\alpha\beta}} s_{\alpha\beta} \leq C_{\beta}, \quad (27)$$

$$\sum_{\beta} s_{\alpha\beta} = B_{\alpha}, \quad (28)$$

$$H_{\beta}(\sum_{\alpha} s_{\alpha\beta}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{\alpha} s_{\alpha\beta} = 0, \\ H_{\beta}, & \text{если } \sum_{\alpha} s_{\alpha\beta} > 0. \end{cases} \quad (29)$$

Заменой индексов (j, k, i, w_i) индексами развертки (α, β) четырех-индексная задача с m точками производства, $\sum_i z_i$ типами пропарочных камер, n видами продукции и p точками потребления сведена к двухиндексной распределительной задаче с $m \sum_i z_i$ точками производства и p точками потребления.

Недостатком развертки многоиндексной задачи является значительное увеличение размерности матрицы, что затрудняет реализацию вычислительного процесса.

В задачах специализации производства железобетонных деталей возникает возможность использовать блочную структуру матрицы. Блочность матрицы основывается на разнотипности производственных мощностей. Однако и после разбиения матрицы на блоки их размерность остается чрезмерно большой. Понадобится прибегнуть к объединению наиболее близко расположенных пунктов потребления и другим приемам агрегирования.

В задачах текущего планирования местоположение пунктов производства задано и этим обусловлена фиксация условно постоянных косвенных расходов. Это позволяет решать задачу (26-29) как линейную с целевой функцией $\sum_{\alpha\beta} (v_{\alpha\beta} + r_{\beta} + h_{\alpha\beta}) s_{\alpha\beta}$.

В процессе решения особое внимание уделено вариантной постановке задачи и анализу возможностей упрощения вычислительной схемы.

Основой вариатной постановки задачи принята многоэтапная производственно-транспортная задача [5].

Перечень обозначений дополняется следующим:

z_1^r - интенсивность использования r -го варианта специализации в i -м пункте производства ($r = 1, 2, \dots, t$),

A_{1j}^r - объем выпуска продукции j -го вида на i -м заводе при r -м варианте специализации,

$c_{ij}^r (A_{ij}^r)$ - затраты j -го вида продукции на i -м заводе, при r -м варианте специализации (учитывая фиксированность, в дальнейшем обозначается как c_{ij}^r).

Цель вариантной задачи состоит в нахождении значений $\{y_{ijk}\}$ и $\{z_i^r\}$, которые минимизируют целевую функцию (сумма производственных и транспортных расходов):

$$F = \sum_{ijr} c_{ij}^r A_{ij}^r z_i^r + \sum_{ijk} d_{ijk} y_{ijk}, \quad (30)$$

при ограничениях:

$$\sum_{ir} A_{ij}^r z_i^r \geq \sum_k P_{jk}. \quad (31)$$

$$z_i^r = \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix}; \quad \sum_r z_i^r \leq 1, \quad (32)$$

$$\sum_i y_{ijk} = P_{jk}, \quad (33)$$

$$\sum_r A_{ij}^r z_i^r \geq \sum_k y_{ijk}. \quad (34)$$

Схема решения задачи является двухэтапной. В отличие от общепринятой постановки здесь, наряду с заданием технологических способов по вариантному принципу, используется нелинейность целевой функции, вследствие чего возможно опустить требование целочисленности. Первый этап состоит в нахождении оптимального плана специализации и второй - в установлении оптимальной транспортной схемы.

Блочная структура матрицы позволяет расчленить многопродуктовую задачу на однопродуктовые блоки (n).

Для обеспечения взаимосвязанности критерия первого этапа с критерием оптимальности задачи, число шагов вычислительной схемы увели-

чивается на один и решение реализуется в три стадии. Критерием отбора вариантов специализации в оптимальный план служат коэффициенты экономичности [6].

По коэффициентам экономичности оцениваются варианты специализации с учетом производственных и транспортных расходов.

Оценка вариантов специализации через коэффициенты экономичности характеризует варианты при неполной загрузке производственных мощностей в силу особенности методики расчета этих показателей.

В коэффициентах экономичности преуменьшается влияние транспортных расходов, в результате чего основной составной частью этих показателей являются производственные расходы [5].

Это выявилось и при решении задачи (30 - 34). Решение, полученное с использованием коэффициентов экономичности, полностью совпало с решением на основании одних лишь производственных затрат.

Следовательно, применение коэффициентов экономичности в данном случае не гарантирует того, что отбор вариантов в план будет зависеть от суммы производственных и транспортных расходов.

Решение задачи (30 - 34) проводилось и с помощью других способов отбора вариантов специализации. Результаты приведены в таблице I. Наиболее экономичный план получен методом индивидуальных затрат [1].

На первой стадии решаются открытые транспортные задачи по всем блокам.

На основании полученного плана прикрепления потребителей, производственные мощности вариантов дополняются объемами потребления близлежащих потребителей до полной загрузки. При этом возможно повторение одного и того же потребителя в наборе нескольких вариантов специализации. Расчет оценок - индивидуальных затрат вариантов специализации - состоит в нахождении суммы производственных и средних транспортных затрат на единицу мощности при полной загрузке вариантов.

Определение индивидуальных затрат можно упростить и произвести без предварительного решения транспортных задач. При таком подходе "наполнение" производственных мощностей происходит непосредственно, начиная от потребителя с минимальными совокупными затратами.

Т а б л и ц а I

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ВАРИАНТНОЙ ЗАДАЧИ В РАЗНЫХ ПОСТАНОВКАХ

Завод (i)	Вариант специализации (r)	Значение интенсивности применения варианта (α_{ri})				
		по коэффициентам экономичности	по производственным затратам	по средним совокупным затратам	по индивидуальным затратам	по коэффициентам экономичности + индивидуальные транспортные затраты
1	1					
	2					
2	1					
	2	0,481	0,481	0,633	0,644	0,481
3	1					
	2	0,858	0,858	0,513	0,985	0,858
4	1					
	2	1,000	1,000	0,138	1,000	1,000
Значение целевой функции (тыс.руб.)		3042,3	3042,3	3041,4	3032,6	3042,3
Отклонение от нижней границы целевой функции (%)		+ 0,84	+ 0,84	+ 0,82	+ 0,52	+ 0,84

Значение целевой функции оптимального решения безвариантной задачи (26 - 29) может служить оценкой (нижней границей) для результатов решения задачи в вариантной постановке.

Наименьшее отклонение от этой оценки целевой функции имело решение, при котором в качестве критерия отбора служили индивидуальные затраты (+0,52%), отклонение при использовании средних совокупных затрат составило 0,82% и при коэффициентах экономичности - 0,84% (см. табл. I).

Общий экономический эффект от специализации производства железобетонных изделий в Эстонской ССР составляет свыше 200 тыс. руб., или около 4% к фактическому уровню затрат.

Л и т е р а т у р а

1. И.Каганович, А.Мерессоо. Концентрация и размещение молочной промышленности Эстонской ССР. Академия наук Эстонской ССР, Таллин, 1964.
2. И.Каганович. Экономико-математическая модель концентрации и специализации производства. "Экономико-математические методы", вып. II, М., Изд-во "Наука", 1965.
3. Д.Б.Юдин, Е.Г.Гольштейн. Задачи и методы линейного программирования. М., "Советское радио", 1964.
4. Б.С.Верховский, В.И.Шибалов. Многопродуктовая модель с ограничивающим ресурсом (на примере бумажной промышленности). В кн. Математические методы и проблемы размещения производства. М., Экономиздат, 1963.
5. Методические положения по оптимальному отраслевому планированию в промышленности. Изд-во "Наука", Сибирское отделение АН СССР, 1967.
6. Д.М.Казакевич. Использование коэффициентов экономичности в транспортно-производственных задачах размещения и специализации производства. НГУ, Научные труды, серия экономическая, вып. 7, ч. I, Новосибирск, 1965.

