ЭКОНОМИКА
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

1969
том V. вып. 1

ПРИНЦИПЫ УЧЕТА ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА *

В. Н. ЛИВШИЦ

(Москва)

Будем рассматривать задачу планирования производства однородного продукта ** в ее обычной постановке: заданы места и объемы потребления конкретного продукта, а также возможные пункты и мощности его производства с указанием всех технико-экономических характеристик наличных технологических процессов. Необходимо выбрать такую схему размещения производства, чтобы требуемое потребление продукта было обеспечено при наименьших народнохозяйственных затратах на производство и транспорт.

Особенностям учета в различных условиях транспортных издержек при решении приведенной задачи размещения и развития производства и посвящена настоящая статья.

Выясним прежде всего следующий несложный, но в то же время достаточно важный и все еще весьма спорный вопрос: как следует определять транспортные затраты при оптимизации размещения производства — по полной их величине или учитывая только ту составляющую этих затрат, которая меняется при переходе от одного варианта размещения к другому? В дальнейшем эти методы расчета будем соответственно называть расчетом «по полным» и «по дополнительным».

Обозначим затраты на производство продукции в i-м пункте через $f_i(\Gamma_i)$, где Γ_i — объем производства, а транспортные издержки $З_j$ на j-м элементе сети упрощенно представим в виде

$$З_j = a_j + \varphi_j(\Gamma_j),$$

где Γ_j — загрузка j-го элемента транспортной сети; a_j — не зависящие от величины транспортного потока издержки; φ_j — скалярная функция (в общем случае векторного аргумента Γ_j), определяющая величину дополнительных затрат на j-м элементе.

Тогда расчет по полным затрам сводится к минимизации функционала

$$F_1 = \sum_{(i)} f_i(\Gamma_i) + \sum_{(j)} a_j + \varphi_j(\Gamma_j), \tag{1}$$

а расчет по дополнительным затратам — к минимизации функционала

$$F_2 = \sum_{(i)} f_i(\Gamma_i) + \sum_{(j)} \varphi_j(\Gamma_j) \tag{2}$$

при одной и той же системе ограничений на величины Γ_i и Γ_j — баланс

* В порядке постановки вопроса.

** Рассмотрение группы взаимозаменяемых продуктов не вносит в методику определения транспортных расценок новых существенных моментов.

производства и потребления и непрерывность потока в узлах транспортной сети *.

Уравнения (1), (2) показывают, что функционалы F_1 и F_2 отличаются между собой лишь на постоянную, не зависящую от Γ_i и Γ_j величину $\sum_{(j)} a_j$. Поэтому оптимальные решения, т. е. наивыгоднейшие объемы производства в конкретных пунктах и соответствующие им оптимальные транспортные потоки на звеньях сети, будут одни и те же как при минимизации функционала F_1, так и F_2.

Таким образом, будем ли вести расчет по полным транспортным издержкам или только по дополнительным, мы должны получить один и тот же оптимальный план размещения производства; общая же сумма затрат, естественно, будет разниться на $\sum_{(j)} a_j$.

Как ни странно, это почти очевидное положение среди экономистов вызывает наряду с вполне понятной поддержкой и резкую оппозицию [1].

Противники этого положения обычно выдвигают следующую аргументацию: если считать транспортные затраты «по дополнительным», то при этом их величина меньше, чем при расчете «по полным». Поэтому роль транспорта принижается и оптимальным может оказаться иной план размещения производства, чем при учете транспортных затрат полностью. В качестве доказательства приводится, например, предельный случай: пусть транспортные издержки равны нулю, тогда ведь все производство надо размещать, минимизируя лишь производственные затраты $\sum_{(i)} f_i(\Gamma_i)$, что со всей очевидностью может привести к неправильным выводам. Кроме того, указывают на якобы существующую при расчете «по дополнительным» несопоставимость показателей производства и транспорта, так как по производству берется полная себестоимость, а по транспорту — лишь ее часть. В приведенном рассуждении содержится логическая ошибка: считается, что *всякое* уменьшение абсолютной или удельной величины издержек транспорта приводит к принижению его роли. На самом же деле, как было показано выше, в силу экстремального характера задачи выбора оптимальной схемы размещения производства постоянные составляющие затрат могут быть исключены из рассмотрения, не оказывая влияния на положение точки оптимума. Поэтому должны быть сняты с метода расчета по дополнительным затратам все обвинения в «принижении» роли транспорта, в несопоставимости информации по производству и транспорту и т. д.

Сравнительная оценка эффективности применения различных способов решения конкретной задачи может быть произведена путем анализа требуемых объемов исходной информации, точности получаемых решений и трудоемкости вычислительной процедуры. С этой точки зрения следует отметить, что при использовании для расчетов *удельных* величин транспортных издержек (а именно так обычно и делается) имеют место резко нелинейный характер полных транспортных расходов и гораздо более стабильные значения дополнительных. Поэтому в последнем случае значительно сокращается трудоемкость как подготовки исходной информации, так и проведения расчетов оптимальных планов. Иногда расчет по пол-

* Иногда добавляются еще ограничения по фонду капиталовложений и ряду других ресурсов. Для нас важно, что все эти ограничения общие при обоих методах счета.

ным расходам вообще не может быть практически осуществлен из-за отсутствия требуемой информации (избыточной по отношению к расчету «по дополнительным»).

Установив таким образом целесообразность учета при размещении производства лишь дополнительных транспортных издержек, перейдем к рассмотрению методики их определения в различных условиях. Можно отметить два качественно отличающихся комплекса условий для рассматриваемой нами задачи оптимального отраслевого планирования:

а) определение затрат на перевозку данных грузов в условиях полной информации, т. е. при полностью известных эксплуатационно-технических характеристиках всех звеньев транспортной сети, степени их загрузки различными родами грузов как в рассматривемый момент времени, так и на перспективу и т. д.;

б) определение затрат на перевозку данных грузов при неполной информации, т. е. когда относительно характеристик транспортной сети или величин распределяемых по ней грузопотоков отсутствуют какие-либо существенные сведения, без которых невозможен прямой непосредственный подсчет всех связанных с данной перевозкой транспортных затрат (включая и капиталовложения в развитие сети, если это окажется необходимым или целесообразным). Так как суммарные затраты на транспорт складываются из соответствующих составляющих на отдельных транспортных звеньях, то анализ обоих указанных случаев проводится применительно к отдельному звену.

В случае а) — при полной информации — на рассматриваемом звене считаются известными в каждый год величины потоков не только данного груза, но и всех остальных грузов. Поэтому при дополнительном грузовом потоке и без него могут быть непосредственно рассчитаны соответствующие необходимые дополнительные капитальные вложения и эксплуатационные расходы.

Увеличение объема перевозок в перспективе, в том числе и рассматриваемых грузов, может в одних случаях потребовать строительства новой линии или реконструкции отдельных звеньев существующей сети. Но могут быть и такие случаи, когда перевозки намечаются на звеньях транспортной сети, где имеются настолько значительные резервы пропускной способности, что в течение длительного времени никаких мероприятий по усилению сети не потребуется. Кроме того, перевозки могут осуществляться в порожнем направлении с использованием имеющегося подвижного состава.

Несмотря на относительное многообразие различных ситуаций, в которых возможен расчет транспортных издержек в условиях полной информации, методология таких расчетов практически идентична. Действительно, пусть на некоторой линии грузопоток определяется в функции от времени значениями $\Gamma_1(t)$ и $\Gamma_2(t)$ соответственно для направлений туда и обратно. Тогда, согласно [2], при известном характере изменения на линии грузопотока можно однозначно установить оптимальную технологию освоения на ней перевозок, т. е. определить наивыгоднейшие моменты и уровни изменения технического оснащения линий, способы организации на ней работы в каждый год. Следовательно, по функциям $\Gamma_1(t)$ и $\Gamma_2(t)$ всегда могут быть рассчитаны необходимые капитальные вложения $K_1, K_2, \ldots, K_n, \ldots$ (производимые соответственно в моменты времени $t_1, t_2, \ldots, t_n, \ldots$) и ежегодные эксплуатационные расходы $Э_t$.

При введении на звене дополнительного потока рассматриваемого рода груза загрузка линии увеличится, вследствие чего приблизятся сроки проведения необходимых реконструктивных мероприятий и изменятся эксплуатационные расходы.

Если обозначить величины, соответствующие возросшему грузопотоку, индексом «штрих сверху», то транспортные затраты по перевозке дополнительного потока $\Delta\Gamma(t)$ представятся в виде

$$З[\Delta\Gamma(t)] = \Big[K_1'\frac{1}{(1+E)^{t_1'}} + K_2'\frac{1}{(1+E)^{t_2'}} + \ldots \\ \ldots + K_n'\frac{1}{(1+E)^{t_n'}} + \ldots + \sum_{(t)}\frac{Э_t'}{(1+E)^t}\Big] - \Big[K_1\frac{1}{(1+E)^{t_1}} + \\ + K_2\frac{1}{(1+E)^{t_2}} + \ldots + K_n\frac{1}{(1+E)^{t_n}} + \ldots + \sum_{(t)}\frac{Э_t}{(1+E)^t}\Big], \quad (3)$$

где E — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Таким образом, расчет транспортных затрат при полной информации методически довольно прост, однако сфера его применения довольно ограниченна из-за отсутствия необходимой информации. Следовательно, для выполнения технико-экономических расчетов по оптимизации размещения и развития производства отдельной отрасли наибольший интерес представляет случай б), когда затраты на переводку определяются в условиях неполной информации.

В этом случае методика определения расценки транспортной сети весьма существенно зависит от того, какой класс математических методов применяется для поиска экстремума.

Так как в последние годы при решении задач отраслевого планирования, как правило, применяются методы линейного программирования (причем особенно широко алгоритмы открытой транспортной задачи), то выдвигается требование неизменности (независимости от величины потока) значений удельных транспортных затрат.

Таким образом, возникает задача такой расценки транспортных звеньев, которая каждым отраслевиком могла бы быть использована при отсутствии информации относительно загрузки звеньев потоками других грузов и которая была бы пригодна для применения алгоритмов линейного программирования. Кроме того, желательно, чтобы при определении этой расценки учитывался также динамичный характер загрузки транспортных звеньев. Итак, для каждого конкретного участка сети необходимо определить такую удельную величину дополнительных затрат $\bar{c}$, чтобы транспортные издержки при перевозке грузопотока Γ могли быть приняты равными $\bar{c}\Gamma$ независимо от величины Γ (так как в условиях неполной информации о потоках других грузов общая величина и динамика их изменения каждому отраслевику при планировании на перспективу, естественно, неизвестны). Такая неизменная (и только такая) величина $\bar{c}$ и пригодна для решения задач отраслевого планирования с помощью алгоритмов линейного программирования.

Фактические дополнительные затраты на звене состоят из меняющейся части эксплуатационных расходов и капитальных вложений в реконструкцию, которые осуществляются единовременно, причем зависимость между расходами и грузопотоком носит нелинейный характер. Поэтому при отыскании $\bar{c}$ имеет смысл говорить о некоторой усредненной величине, которая в каком-либо статистическом смысле минимизировала бы погрешность от применения линейных методов расчета.

Можно ставить вопрос так: величина $\bar{c}$ должна быть такой, чтобы при этом минимизировалось наибольшее отклонение расчетных затрат в t год $\bar{c}\Gamma_t$ от их действительного значения $З_t$, т. е. достигалось выполнение условия $\min\limits_{\bar{c}} \max\limits_{1\leqslant t\leqslant T} |З_t - \bar{c}\Gamma_t|$. Если учесть неравнозначность затрат во времени, то более правильно при рассматриваемом подходе добиваться $\min\limits_{\bar{c}} \max\limits_{1\leqslant t\leqslant T} |(З_t - \bar{c}\Gamma_t)\cdot(1+E)^{-t}|$ или, что то же самое, $\min\limits_{\bar{c}} \max\limits_{1\leqslant t\leqslant T} [(З_t - \bar{c}\Gamma_t)\cdot$ $\cdot(1+E)^{-t}]^2$.

Величина расчетного периода Т при этом должна быть взята достаточно большой — такой, чтобы можно было не учитывать характера процессов при $t >$ Т как в силу резкого уменьшения значимости затрат при их отдалении, так и в силу отсутствия каких-либо правдоподобных долгосрочных прогнозов.

Однако, так как принятый план размещения функционирует не только в тот год, по которому ведется расчет, но и в значительный отрезок времени после него, представляется целесообразным определять $\bar{c}$ из условий минимизации отклонений не за какой-либо один год, а за весь расчетный период, т. е. перейти от локальных критериев к интегральному.

Поэтому будем исходить из того, что значение $\bar{c}$ должно быть таким, чтобы совпадали суммы подсчитанных за весь период действительных затрат и рассчитанных по $\bar{c}$ линейными методами. Точнее, надо отыскать такое $\bar{c}$, чтобы при этом минимизировалось $[З_{\text{Т}}^{\text{д}} - З_{\text{Т}}^{\text{р}}]^2$, где $З_{\text{Т}}^{\text{д}}$ и $З_{\text{Т}}^{\text{р}}$ — соответственно действительные и рассчитанные по $\bar{c}$ значения затрат за период Т лет.

Для заданной функции $\Gamma(t)$ и определенного начального технического оснащения рассматриваемой линии величина $\bar{c}$, согласно изложенной концепции, может быть найдена следующим образом: так как $\min[З_{\text{Т}}^{\text{д}} - З_{\text{Т}}^{\text{р}}]^2 = 0$ достигается при условии $З_{\text{Т}}^{\text{р}} = З_{\text{Т}}^{\text{д}}$, то, учитывая равенства

$$З_{\text{Т}}^{\text{д}} = \sum_{t=1}^{T} \frac{З_t^{\text{д}}}{(1+E)^t} \quad \text{и} \quad З_{\text{Т}}^{\text{р}} = \sum_{t=1}^{T} \frac{\bar{c}\Gamma_t}{(1+E)^t} = \bar{c}\sum_{t=1}^{T} \frac{\Gamma_t}{(1+E)^t},$$

величина $\bar{c}$ может быть найдена из соотношения

$$\bar{c} = \sum_{t=1}^{T} \frac{З_t^{\text{д}}}{(1+E)^t} \cdot \left[\sum_{t=1}^{T} \frac{\Gamma_t}{(1+E)^t}\right]^{-1}. \tag{4}$$

Приведенные вывод и структура основной формулы (4) для определения величины транспортных издержек $\bar{c}$ вызвали в свое время (в 1964 г., когда они были предложены автором) ряд возражений, главными из которых являются следующие два.

1. *В основу определения $\bar{c}$ положено приведение по сложным процентам не только разновременных затрат, но и объемов работы (в нашем случае грузопотоков), что необосновано.*

Сомнения такого рода высказывались даже теми, кто признавал правильность применения метода процентирования не только к капитальным затратам, но и к текущим расходам. При этом выдвигались возражения не только против принятой в (4) конкретной формы соизмерения (сложных процентов), но и против самой необходимости уменьшать при суммировании в натуральном выражении значимость отдаленных объемов продукции. Тем не менее тенденция уменьшения во времени оценок всех ограниченных ресурсов и, следовательно, их неравнозначности убедительно доказана теорией оптимального планирования, в частности работами А. Л. Лурье [3, 4]. Следует отметить, что в последнее время в самых различных областях конкретной экономики способ приведения по сложным процентам разновременных объемов продукции получает все более широкое распространение [5—7].

2. *В основу определения $\bar{c}$ по формуле* (4) *положено его отыскание как некоторой средней, а не предельной* (*дифференциальной*) *величины, что противоречит принципам теории оптимального планирования.*

Не противоречит, хотя действительно, согласно теории оптимального планирования, оценка любого ресурса (в том числе и транспортных издержек) должна быть найдена как частная производная экстремума целевой функции (предполагаем дифференцируемость) по соответствующему ресурсу. Однако все это правильно лишь при рассмотрении малых мероприятий, в пределах которых обеспечена устойчивость оптимального народнохозяйственного плана и однозначность всех оценок. Разберем несколько более общий случай, когда изменения ресурса могут быть настолько значительны (хотя, какие они будут на самом деле, неизвестно — неполная информация), что при этом оценки ресурса могут существенно измениться.

Пусть $c(x)$ — оценка ресурса x, т. е. $c(x) = \partial З / \partial x$, где $З$ — экстремум соответствующей целевой функции. Допустим, что на множестве возможных значений x задана вероятностная мера $P(x)$. Тогда естественно за оценку ресурса взять в первом приближении математическое ожидание оценки, т. е. $\int c(x)\,dP(x)$. Если известно, что в процессе поиска решения должно соблюдаться условие $a \leqslant x \leqslant b$ (известная некоторая априорная информация), то будем иметь оценку $\int\limits_a^b \partial З/\partial x\, dP(x)$.

Таким образом, в вероятностном случае оценка уже получается дифференциально усредненная, причем усреднение осуществляется по вероятностной мере от соответствующих предельных величин. Если вся мера сосредоточена в одной точке, то оценка, как и следовало ожидать, становится равной $\partial З / \partial x$.

Если вероятностная мера $P(x)$ неизвестна, а имеется лишь некоторая априорная информация относительно значений случайной величины x или первых ее моментов, то соответствующие веса можно находить на основе имеющегося в теории информации принципа максимума энтропии, минимизирующего необоснованный произвол при выборе распределения [8].

В частности, если известно только, что x находится в пределах от a до b, то следует брать равномерный на этом интервале закон распределения; если, например, x может принимать любое неотрицательное значение при условии сохранения заданного математического ожидания, то этому случаю соответствует показательный закон распределения, и т. д.

Применительно к рассматриваемой задаче определения расценки транспортного звена и распределения всего грузопотока, изменяющегося в пределах от 0 до a (и больше ничего не известно), на основании принципа максимума энтропии нетрудно получить *

$$\bar{c}_{\text{ст}} = \int\limits_0^a \frac{\partial З}{\partial r}\,dP(x) = \int\limits_0^a \frac{\partial З}{\partial x}\,p(x)\,dx = \frac{1}{a}\int\limits_0^a \frac{\partial З}{\partial x}\,dx = \frac{1}{a}[З(a) - З(0)].$$

Если расчет вести по дополнительным затратам, полагая $З(0) = 0$, то получим, что расценка в случае неполной информации является не предельной, а усредненной величиной. Учет динамичности задачи и требо-

* Ограничимся для простоты рассуждения статической постановкой задачи отметив оценку $\bar{c}$ индексом «ст».

ваний линейного программирования приведет к появлению имеющихся в формуле (4) для $\bar{c}$ коэффициентов отдаленности в числителе и знаменателе.

Таким образом, отыскание по формуле (4) величины $\bar{c}$ как усредненной, а не дифференциальной непосредственно следует из применения основных положений теории оптимального планирования в условиях неопределенности.

Для непосредственных расчетов по (4) необходимо знать характер зависимости $\Gamma(t)$.

В действительности же нам обычно известны на линии лишь ее начальное техническое оснащение и начальный грузопоток, вид же функций $\Gamma(t)$ заранее определить нельзя: обоснованных методов экстраполяции на будущее предыстории значений $\Gamma(t)$ в настоящее время пока нет.

Имеются основания рассматривать грузопоток в некоторый расчетный год как случайную величину, а $\Gamma(t)$ — соответственно как случайную функцию. Тогда, если задаваться различными реализациями $\Gamma(t)$, будет получать и разные значения случайная величина $\bar{c}$. Принять же нам надо было бы такое ее значение c, которое минимизировало бы величину $M[З_{\text{т}}^{\text{р}} - З_{\text{т}}^{\text{д}}]^2$, где M — знак математического ожидания. Приближенно можно считать $c = M\bar{c} \cong c_{\text{ср}}$, где $c_{\text{ср}}$ — среднее значение величин $\bar{c}$, полученных при расчете для достаточно представительной совокупности реализаций $\Gamma(t)$.

Начальный грузопоток в грузовом направлении, *т*	Годовые темпы роста потока, *т*			
	$0{,}5 \cdot 10^6$	$1{,}0 \cdot 10^6$	$1{,}5 \cdot 10^6$	$2{,}0 \cdot 10^6$
$5 \cdot 10^6$	$\frac{1{,}12}{1{,}38}$	$\frac{1{,}18}{1{,}44}$	$\frac{1{,}16}{1{,}42}$	$\frac{1{,}14}{1{,}40}$
$10 \cdot 10^6$	$\frac{1{,}21}{1{,}47}$	$\frac{1{,}21}{1{,}47}$	$\frac{1{,}18}{1{,}44}$	$\frac{1{,}15}{1{,}41}$
$14 \cdot 10^6$	$\frac{1{,}26}{1{,}52}$	$\frac{1{,}22}{1{,}48}$	$\frac{1{,}18}{1{,}44}$	$\frac{1{,}15}{1{,}41}$

Исследования, выполненные для существующих линий сотрудниками Института комплексных транспортных проблем при Госплане СССР (ИКТП) И. В. Жуковой (однопутные линии) и М. К. Тихончук (двухпутные линии), показали, что если расчет ведется только по дополнительным затратам, то значения $\bar{c}$ мало меняются (в пределах до 5% от среднего значения) при различных темпах роста грузового потока. Уровень же технического оснащения (однопутная или двухпутная линия, род тяги и т. д.) и значение начального потока оказывают заметное влияние, и поэтому по ним следует дифференцировать значения c.

Для подтверждения этих положений в таблице приведены соответствующие [9] значения величин c (в коп за 10 *ткм*), рассчитанные для однопутной линии при тепловозной тяге с руководящим уклоном 4% (цифры в числителях) и 12% (цифры в знаменателях). Грузопоток принимался растущим от своего начального значения по линейному закону.

Обоснование устойчивости величин $\bar{c}$ (а следовательно, и допустимость применения предлагаемого способа размещения производства при неполной информации) в настоящее время проведено лишь для существующих линий. Правомерность такого подхода применительно к новостройкам требует серьезной проверки.

Отметим, что хотя значения $\bar{c}$ определяются по дополнительным затратам, но, как это следует из методики определения этого показателя, служит он для размещения с помощью методов линейного программирования всего требуемого объема производства и всех, а не только дополнительных (т. е. приростов), грузопотоков по транспортной сети.

Для возможности использования найденных указанным выше способом значений c при решении задачи в условиях неполной информации необходимо еще выяснить следующий вопрос: исходя из каких значений начального грузопотока, технического вооружения и других параметров следует выбирать c для отдельных линий (звеньев)? Иначе говоря, при выборе оптимального размещения производства следует ли считать сеть заданной или же считать ее развивающейся от исходного состояния?

Решение этого вопроса также связано со спецификой условий, в которых осуществляется размещение производства. Если бы (например, при размещении производства на 1980 г.) была заранее и притом независимо от результатов решаемой нами задачи точно известна транспортная сеть 1980 г., то величина c на звеньях должна была бы выбираться исходя из технического оснащения и загрузки звена в 1980 г. Однако в действительности вследствие того, что размещение производства предопределяет структуру транспортной сети, полной информации о ней на планируемый перспективный период заранее никогда быть не может, располагать же мы будем данными о техническом оснащении и загрузке транспортной сети лишь на исходный год периода. Поэтому при расчете размещения на некоторый год $\tau (0 \leqslant \tau \leqslant T)$ конфигурация сети принимается соответствующей этому же году, чтобы учесть экспертно выбранные возможные, но необязательные новостройки. Техническое же оснащение отдельных звеньев этой сети (естественно, кроме новостроек) принимается по состоянию на такой ближайший к τ год t, в который имеется полная информация относительно структуры и загрузки транспортной сети *, практически обычно $t = 0$.

Анализируя методы принятия решений при полной и неполной информации, не следует их противопоставлять и сравнивать: сферы их применения часто не пересекаются. Нельзя делать, например, так: найти оптимальное решение в условиях неполной информации, а затем, соответственно дополнив недостающую информацию, решить задачу вторично и, сопоставив данные расчетов (а они, конечно, необязательно должны совпасть), утверждать, что первый расчет неправилен. Надо иметь в виду, что с увеличением располагаемой информации, т. е. с уменьшением энтропии системы, минимальное значение функционала (суммы затрат на производство и транспорт в оптимальном плане) может только уменьшаться. Однако если необоснованно задать дополнительную информацию, то полученное решение будет в статистическом смысле хуже.

Таким образом, основным в изложенной выше концепции определения транспортных издержек при оптимизации размещения производства является: 1) необходимость согласования структуры и способов определения расценки транспортной сети с характером и условиями решения задачи оптимального отраслевого планирования и применяемыми при этом математическими методами поиска оптимума; 2) информационный подход, позволяющий осуществить указанное согласование, т. е. учесть прямые и обратные связи между основными элементами экономико-математической модели задачи размещения и развития производства и условиями ее функционирования.

Непосредственным выражением этих положений служат следующие основные требования: а) различная методология определения транспортных издержек в условиях полной и неполной информации и соответственно различный характер расценок: дифференциальный (предельный) в случае полной информации и дифференциально-усредненный по вероятностной мере влияния в случае неполной информации; б) правомерность расчета как по полным, так и по дополнительным затратам в слу-

---

* Это соответствует принципу полного использования информации, сформулированному А. А. Фельдбаумом [10].

чае полной информации и необходимость расчета по дополнительным при неполной информации; в) возможность раздельного подсчета требуемых капитальных вложений и эксплуатационных расходов на транспорте в условиях неполной информации и невозможность такого точного разделения в условиях неполной информации: в последнем случае целесообразно представление расценок в виде удельных приведенных величин (например, согласно (4)); г) неизменность удельных величин транспортных издержек и статистический подход к их определению в силу нелинейности и недетерминированности действительного процесса и линейности применяемых алгоритмов оптимизации; д) применение экстремальных информационных принципов (максимума энтропии и полного использования информации) для статистической оптимизации в условиях неопределенности и нелинейности.

Изложенный подход к определению расценки транспорта при размещении производства неоднократно обсуждался в ИКТП и был использован при составлении карто-схем поучастковых показателей удельных приведенных затрат, выпущенных институтом в 1967 году.

Новые карто-схемы, разработанные большим коллективом научных сотрудников ИКТП, предназначены для размещения производства всех отраслей народного хозяйства независимо друг от друга (т. е. в условиях неполной информации). Они являются дальнейшим развитием работ ИКТП по обоснованию нормативной базы и, естественно, кроме приведенных выше принципов при составлении новых карто-схем был использован целый ряд результатов исследований по незатронутым в настоящей статье вопросам (например, по таким важным для оптимизации размещения производства проблемам, как учет порожних направлений [12], дифференциация транспортных показателей в зависимости от рода используемого подвижного состава, погонной нагрузки и других факторов).

В настоящее время проводятся дальнейшие исследования по совершенствованию методики учета транспортных затрат при оптимальном отраслевом планировании, в частности в направлении более полного учета при определении величин c некоторых известных сведений о характере перспективных перевозок на участках сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. О. Чернявский. Эффективность экономических решений. М., «Экономика», 1965.
2. Б. С. Козин, И. Т. Козлов. Выбор схем этапного развития железнодорожных линий. М., «Транспорт», 1964.
3. А. Л. Лурье. О математических методах решения задач на оптимум при планировании социалистического хозяйства. М., «Наука», 1964.
4. А. Л. Лурье. Оптимальные оценки и норма эффективности. Экономика и матем. методы, 1967, т. III, № 2.
5. А. Б. Залесский. Экономическое содержание показателей сравнительной экономической эффективности вариантов хозяйственных решений. Вопр. экономики, 1966, № 6.
6. Методика технико-экономических расчетов в энергетике. М., 1966.
7. Основные положения оптимального планирования развития и размещения производства. Москва — Новосибирск, «Наука», 1968.
8. Ф. П. Тарасенко. Введение в курс теории информации. Томск, Изд-во Томского ун-та, 1963.
9. И. В. Жукова. К вопросу об оценке транспортных затрат на однопутной линии при растущем потоке. Тр. ИКТП, вып. 3. Вопросы развития транспортной сети СССР, 1967.
10. А. А. Фельдбаум. Основы теории оптимальных автоматических систем. М., «Наука», 1966.
11. Методика расчетов и экономические показатели для распределения перевозок между видами транспорта. Под ред. д-ра экон. наук В. И. Дмитриева. М., «Транспорт», 1966.
12. Н. И. Мезенев. Расходы, связанные с пробегами порожних вагонов. Тр. ИКТП, вып. 2. Экономика транспорта, 1966.

Поступила в редакцию
14 XI 1967

ЭКОНОМИКА
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

1969
том V, вып. 1

О СТОХАСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ СО СЛУЧАЙНЫМИ СВОБОДНЫМИ ЧЛЕНАМИ ОГРАНИЧЕНИЙ

Н. И. АРБУЗОВА

(Москва)

В настоящей работе, так же как в [1, 2], под стохастической устойчивостью задачи выпуклого программирования подразумевается постоянство оптимального базиса с вероятностью $1-\varepsilon$. Вопрос об устойчивости решения задачи квадратичного программирования со случайными свободными членами ограничений исследуется в этой работе в параметрическом аспекте — путем выделения области устойчивости в пространстве случайных параметров задачи. Метод выделения области устойчивости в пространстве параметров задачи может быть применен также к вопросам параметрического и марковского программирования, поэтому имеет смысл изложить его отдельно.

Рассмотрим задачу выпуклого программирования

$$\min F(\omega, X), \quad A(\omega)X \geqslant B(\omega), \quad X \geqslant 0, \tag{1}$$

где ω — элемент пространства Ω всех параметров задачи. Компонентами вектора ω являются элементы матрицы $A(\omega)\, a_{ij}$, столбца $B(\omega)\ b_i$ $(i=1, \ldots, m;\ j=1, \ldots, n)$ и все параметры целевой функции $F(\omega, X)$. Целевая функция непрерывна по совокупности аргументов, выпукла и аналитична по X при любом ω. Фиксирована некоторая точка $\bar{\omega}$. Это может быть математическое ожидание вектора ω в стохастической постановке задачи или начальное значение параметров в параметрической постановке. При $\omega = \bar{\omega}$ задача разрешима единственным образом. Ставится вопрос о выделении в пространстве Ω области устойчивости G такой, что при $\omega \in G$ оптимальный базис совпадает с оптимальным базисом при $\omega = \bar{\omega}$.

При каждом $\omega \in \Omega$ существует набор базисных, или меченых, в терминологии [2], индексов

$$i_1(\omega), \ldots, i_{k(\omega)}(\omega); \quad j_1(\omega), \ldots, j_{l(\omega)}(\omega)$$

тех ограничений, которым оптимальный план удовлетворяет как точным равенствам, т. е.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j = b_i, \quad i = i_1(\omega), \ldots, i_{k(\omega)}(\omega);$$
$$x_j = 0, \quad j = j_1(\omega), \ldots, j_{l(\omega)}(\omega).$$

Пусть ограничения и переменные перенумерованы так, что при $\omega = \bar{\omega}$ базисными индексами являются $1, \ldots, k$; $k+p+1, \ldots, n$. Требуется выделить вокруг $\bar{\omega}$ окрестность G, в которой этот набор базисных индексов сохраняется.

Разобьем компоненты вектора X на группы

$$X^* = (z_1, \ldots, z_k, u_1, \ldots, u_p, v_1, \ldots, v_{n-k-p}).$$