МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ОПТИМИЗАЦИИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ РОССИИ

(По данным 1991 г.)*

© 1995 г. Беленький В.З., Арушанян И.И.

(Москва)

Предложен подход к оптимизации структуры экспортного сальдо России на основе открытой модели стационарной экономики. При заданных технологической матрице и индексах внешнеторговых цен находится наиболее эффективное направление изменения сложившихся народнохозяйственных пропорций.

В связи с интеграцией России в мировую экономическую систему и переходом к открытой экономике актуальными становятся вопросы оптимизации внешнеторговой деятельности. На современном этапе эта деятельность еще во многом не упорядочена, хаотична и, более того, зачастую связана с криминалом. Совершенствование законодательства и механизма управления в этой сфере составляет одну из главных забот правительства РФ. Три взаимосвязанные проблемы требуют решения:

1. Совершенствование законодательства и форм предпринимательской и инвестиционной активности внутри страны.
2. Совершенствование законодательства и форм, регулирующих процессы внешнеторговой деятельности.
3. Оптимизация структуры народного хозяйства и, в частности, экспортно-импортных потоков.

Данная статья посвящена последней из названных проблем. Здесь рассматривается задача оптимизации экспортно-импортного сальдо с точки зрения максимального ускорения темпа роста всего народного хозяйства. На первый взгляд может показаться, что в условиях децентрализованной экономики задача оптимизации на уровне хозяйства в целом лишена смысла, однако, это не так. Его технологическая структура практически не зависит от форм собственности, и знание этой структуры (выраженное в коэффициентах матрицы прямых затрат) позволяет провести оптимизационные расчеты, выявляющие направления оптимальных сдвигов и границы принципиально возможного. Будут ли эти границы реально достигнуты, определит механизм управления, т.е. решение двух первых из названных проблем. Эти вопросы в статье не рассматриваются; главным в ней является методология анализа проблемы оптимизации.

В основе анализируемых ниже расчетов (разд. 2) лежит открытая стационарная модель развития экономики, построенная на схеме межотраслевого баланса (МБ). Модель предложена в [1], ее уточненная модификация, несколько отличающаяся по постановке, дается в разд. 1. Выбор 1991 г. в качестве базового объясняется тем, что это последний год, на который имеется достаточно надежная информация**.

---

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 93-06-10909).

** В подготовке информации принимала участие Н.А. Трофимова, авторы благодарны ей за помощь.

1. ОТКРЫТАЯ МОДЕЛЬ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СДВИГА В СТРУКТУРЕ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЭКСПОРТНО-ИМПОРТНОГО САЛЬДО

В основе идеологии модели лежит консервативный принцип Гегеля "все действительное разумно", а если намечаются какие-то перемены, то они должны вводиться осторожно и так, чтобы отдача была наиболее эффективной. Отсутствие перемен можно трактовать как способность экономической системы сохранять сложившуюся "традиционную" структуру z^0, воспроизводя ее с некоторым темпом α_0.

Поясним сказанное пока в общей форме. Под структурой $z = (z_i)$ понимается вектор с неотрицательными компонентами, в сумме составляющими единицу; через Z обозначим множество экономически реализуемых структур. Состояние экономической системы будет задаваться парой (V, z), где положительный скаляр V характеризует общий уровень производства.

Скажем, что структура $z \in Z$ допускает темп воспроизводства α, если экономическая система, находящаяся в начальный момент $t = 0$ в состоянии (V, z), может развиваться в режиме стационарного сбалансированного роста с темпом α, т.е. (в дискретном времени t) по закону

$$z(t) \equiv z \equiv \text{const}, \quad V(t) = V(1 + \alpha)^t, \quad t = 0, 1, \ldots . \tag{1}$$

Максимальный темп $\alpha(z)$, достижимый в состоянии z, можно считать мерой "разумности" этого состояния по Гегелю.

Если, далее, в Z введена некоторая метрика ρ, с помощью которой можно измерять отклонение от начальной – *базовой* структуры z^0, то задача об оптимальном смещении в общей форме имеет вид

$$\frac{\rho(z, z^0)}{\alpha(z) - \alpha_0} \to \inf_{z \in Z,\ z \neq z^0}, \quad \alpha_0 := \alpha(z^0). \tag{2}$$

В самом деле, если $\rho(z, z^0)$ интерпретировать как степень структурной перестройки хозяйства (переход $z^0 \to z$), то задача (2) минимизирует интенсивность перестройки при ускорении темпа экономического роста.

Воплотим общую формулировку задачи (2) в терминах конкретной модели. Применительно к проблеме оптимизации внешнеэкономических связей предлагаемая ниже модель уточняет и углубляет стационарную динамическую модель открытой экономики, описанную в [1]. Вкратце напомним ее.

1.1. Отправная модель. Отправной является динамическая модель МБ

$$\begin{aligned} &\text{а)}\ x_t = Ax_{t+1} + B\Delta M_t + L_t b,\\ &\text{б)}\ x_t \leqslant M_t,\\ &\text{в)}\ L_t = lx_{t+1} + l^0 L_t, \end{aligned} \tag{3}$$

где x_t – вектор валовых выпусков отраслей в году t; $A(n \times n)$ – квадратная матрица прямых материальных затрат (матрица Леонтьева; n – число отраслей); M_t – вектор мощностей (фондов); ΔM_t – приращение мощностей ($\Delta M_t = M_{t+1} - M_t$); $B(n \times n)$ – матрица (приростных) фондоемкостей; L_t – объем трудовых ресурсов; b – удельный на единицу трудовых ресурсов вектор конечного продукта; l – вектор удельных трудозатрат по отраслям; l^0 – удельные затраты труда в непроизводственной сфере.

В соответствии с общей идеей принимаем гипотезу стационарного сбалансированного роста (мы следуем подходу, использованному в [2]), т.е. полагаем $x_t = M_t = (1 + \alpha)^t x$, $L_t = (1 + \alpha)^t L$, где темп роста α и x, L подлежат определению. Тогда (3) приводится к виду

$$X = C(\alpha)X, \tag{4}$$

где $X := (x, L)$ – вектор сбалансированного состояния (в $(n + 1)$-мерном пространстве R^{n+1} с учетом компоненты L трудовых ресурсов); $C(\alpha)$ – $[(n + 1) \times (n + 1)]$-матрица репродукции

$$C(\alpha) = \begin{vmatrix} \boxed{(1+\alpha)A + \alpha B} & \boxed{b} \\ \boxed{(1+\alpha)l} & l^0 \end{vmatrix}; \tag{5}$$

коэффициенты C_{ij} показывают удельные затраты, необходимые для расширенного воспроизводства (репродукции) с темпом $\alpha (\alpha \geqslant 0)$.

1.2. Описание внешнеэкономических связей. Модель (3) и соответственно стационарное уравнение (4) описывают функционирование *замкнутой* экономики. С переходом к открытой системе в правой части (3,а) необходимо добавить еще вектор-сальдо внешнеторгового обмена $Y \in R^{n+1}$, поэтому балансовое соотношение принимает вид

$$X = C(\alpha)X + Y. \tag{6}$$

Положительные компоненты вектора Y соответствуют экспортирующим отраслям, отрицательные – импортирующим.

Для адекватного отображения реальной ситуации учтем следующее. Имеется ряд отраслей, таких как "Транспорт", "Связь", "Торговля" и т.п., которые по своему характеру "привязаны к месту действия", и их продукция не является объектом внешнеторговой деятельности. Кроме того, может оказаться целесообразным или необходимым исключить из сферы внешней торговли и ряд других отраслей.

В связи с этим введем понятие внешнеторговый *пул*. Пул – это подмножество I тех отраслей из общего их списка, которые допускаются к внешнеторговым операциям; для отраслей i, не включенных в пул, сальдо внешней торговли должно быть нулевым

$$Y_i = 0, \quad i \notin I. \tag{7}$$

1.3. Формулировка оптимизационной задачи. Теперь мы можем конкретизировать оптимизационную задачу, сформулированную в общей форме (2). С этой целью необходимо дополнить исходную информацию, описанную в п. 1.2. Для участников пула должны быть заданы индексы внешнеторговых цен, т.е. отношения (по отраслям) цен внешнеторговых операций к базовым ценам внутреннего рынка. Информация об этих индексах получена из [3]. Обозначим их q_i, $i \in I$.

Перейдем в (6) от абсолютных векторов X, Y к относительным. Обозначим через e вектор с единичными компонентами $e := (1, 1, \ldots 1) \in R^{n+1}$ и через σ единичный симплекс в R_+^{n+1}

$$\sigma := \left\{ \xi \in R_+^{n+1} : e\xi = \sum_{i=1}^{n+1} \xi_i = 1 \right\}. \tag{8}$$

Положим далее

$$V := eX = \sum_{i=1}^{n+1} X_i, \quad z := \frac{1}{V} X, \quad y := \frac{1}{V} Y, \tag{9}$$

здесь V – валовой внутренний продукт (ВВП); по построению вектор z – структурного типа; $z \in \sigma$. Структура $z \in \sigma$ будет экономически реализуемой ($z \in Z \subset \sigma$), если существуют темп роста $\alpha \geqslant 0$ и вектор y внешнеторгового сальдо такие, что выполняются соотношения

$$\begin{aligned} &\text{а)}\ z = C(\alpha)z + y, \quad z \in \sigma, \\ &\text{б)}\ y_i = 0, \quad i \notin I, \\ &\text{в)}\ s := \sum_{i \in I} q_i y_i \geqslant 0. \end{aligned} \tag{10}$$

Смысл а) и б) разъяснен в п. 1.2 (см. (6), (7)). Соотношение в) – условие неотрицательности *финансового* сальдо внешней торговли, означающее, что валюта для закупки импортируемой продукции должна обеспечиваться за счет экспортных поставок.

Таким образом, соотношения (10) описывают множество *допустимых* планов в терминах тройки (α, z, y). Отметим, что план (α_0, z^0, y^0), где z^0, y^0 получаются по (9) из базовых данных X^0, Y^0, допустим по построению.

В качестве меры отклонения ρ, фигурирующей в (2), возьмем относительное изменение структуры отраслей – участников пула

$$\rho(z, z^0) := \max_{i \in I} \left| \frac{z_i}{z_i^0} - 1 \right|. \tag{11}$$

Такая метрика позволяет свести (2) к параметрической задаче линейного программирования (ЛП). При фиксированном $\alpha \geqslant \alpha_0$ поставим вспомогательную задачу

$$\rho(z, z^0) \to \min_{z \in \sigma,\ (z, y) \in (10)} =: \nu(\alpha) \tag{12}$$

(легко видеть, что (12) может быть записано как ЛП-задача). Здесь $\nu(\alpha)$ – оптимальное значение функционала, т.е. минимальная степень перестройки, связанной с достижением темпа роста экономики α. Тогда основная задача (2) принимает вид

$$J(\alpha) := \frac{\nu(\alpha)}{\alpha - \alpha_0} \to \min_{\alpha \geqslant \alpha_0}. \tag{13}$$

Функция $J(\alpha)$ характеризует интенсивность перестройки при переходе $\alpha_0 \to \alpha$; задача (13) решается путем прямого построения графика функции $J(\alpha)$ или таблицы ее значений. Оптимальное решение (12), (13) обозначается ($\hat{\alpha}$, $\hat{z}$, $\hat{y}$); абсолютные значения искомых величин получаются обращением формул (9): $\hat{X} = V\hat{z}$, $\hat{Y} = V\hat{y}$.

Для решения задачи (12) разработан простой алгоритм, существенно более эффективный, чем стандартные методы решения ЛП-задач; он кратко описан в Приложении.

2. РАСЧЕТЫ ПО ДАННЫМ 1991 г.

2.1. Исходные данные. Базовая исходная информация – A, B, b, l, l^0 и соответственно базовое начальное состояние (α_0, X^0; Y^0) подготовлены (в разрезе 14 отраслей, $n = 14$) на основании данных МБ Госкомстата РФ за 1991 г. Все объемные величины используются в денежном выражении в ценах 1991 г. (трудовые ресурсы – в форме полной оплаты труда). В качестве базового темпа роста принято $\alpha_0 = 0{,}04$, и матрица $C(\alpha_0)$ сбалансирована так, что сумма элементов каждого ее столбца (кроме (n + 1)-го) равна единице. В соответствии с формой (5) это означает, что каждая отрасль строго удовлетворяет условию самофинансирования:

1 руб. – затраты на расширенное (с темпом α_0) воспроизводство + капитальные вложения на прирост мощностей + полная стоимость труда (включающая заработную плату и стоимость государственных услуг, равную ставке налога).

Таблица 1

№	Отрасли и ресурсы	Вектор	
		выпуска X^0, млрд. руб.	структуры z^0, %
1.	Электроэнергетика	45,05	1,19
2.	Нефтегазовая промышленность	127,26	3,36
3.	Угольная промышленность	38,54	1,02
4.	Металлургия	132,86	3,50
5.	Химия и нефтехимия	95,98	2,53
6.	Машиностроение	380,10	10,02
7.	Лесная деревообрабатывающая промышленность	82,66	2,18
8.	Строительство	289,03	7,44
9.	Легкая промышленность	226,36	5,97
10.	Пищевая промышленность	400,85	10,57
11.	Сельское хозяйство	328,39	8,66
12.	Транспорт	109,34	2,88
13.	Торговля	226,10	5,96
14.	Прочие отрасли	88,66	2,34
15.	Трудовые ресурсы	1227,86	32,38
	Всего ВВП = V^0 =	3792,04	100,00

В полной $(n + 1)$-мерной номенклатуре отраслей исходное состояние системы характеризуется данными, приведенными в табл. 1.

Замечание 1. В матрице B, формально квадратной, реальны лишь две ненулевые строки, соответствующие фондообразующим отраслям "Машиностроение" и "Строительство".

Замечание 2. В нашем понимании ВВП отличается от обычного тем, что, согласно (9), мы включаем в V полную оплату труда (отрасль $(n + 1)$). Это следует учитывать при сопоставлении приводимых расчетов с другими источниками.

Расчеты были проведены для двух вариантов, которые можно назвать "Большой пул" и "Малый пул". В первом варианте внешнеторговый пул состоит из максимально широкого списка отраслей (см. табл. 2). Вариант "Малый пул" включает более узкий круг из пяти главных участников, объем внешнеторговых операций которых наибольший; они помечены в таблице звездочкой (то же и в других таблицах).

2.2. Результаты. В обобщенной форме результаты расчетов представлены в табл. 3 значениями функции интенсивности $J(\alpha)$ (см. (13)). Из табл. 3 хорошо видно, что при "Большом пуле" интенсивность перестройки ниже, чем при "Малом" (это вполне естественно), и в обоих вариантах минимум интенсивности достигается при малом приращении $\Delta\alpha$, т.е. при $\alpha \to \alpha_0 = 0{,}04 = 4\%$ в год. Таким образом

$$J_{\text{опт}} = J(\alpha_0 + 0) = \left.\frac{d\nu}{d\alpha}\right|_{\alpha=\alpha_0} \cong \begin{cases} 1{,}58 \text{ " Большой пул"}, \\ 1{,}91 \text{ " Малый пул"}. \end{cases} \tag{14}$$

Это означает, что приращение темпа роста на 1% (переход $\alpha_0 = 4\% \to \alpha = 5\%$) требует изменения в структуре вектора выпуска в смысле метрики ρ (см. (11)) на 1,58% при "Большом пуле" и 1,91% – при "Малом". Векторы отклонений, отвечающих этому переходу, приводятся к табл. 4; более точно в этой таблице даются значения

$\delta z_i := \left(\dfrac{z_i}{z_i^0} - 1\right) 100\%$, $\Delta Y_i := Y_i - Y_i^0$, а также компоненты самого вектора Y.

Поясним, что для участников пула значения δz_i не могут превосходить величины $J_{\text{опт}}$, приведенной в (14); в табл. 4 эти значения выделены жирным шрифтом, и все они

Таблица 2

Отрасль	Вектор-сальдо Y^0, млрд. руб	Индексы внешнеторговых цен, q_i
2*. Нефтегазовая промышленность	29,26	2,44
5. Химия и нефтехимия	7,20	0,72
6*. Машиностроение	15,40	1,41
7. Лесная, деревообрабатывающая промышленность	8,27	0,66
9*. Легкая промышленность	–18,37	0,29
10*. Пищевая промышленность	–37,11	0,39
11*. Сельское хозяйство	–14,83	0,43

Таблица 3

Пул	Функция $J(\alpha)$			
	0,05	0,06	0,07	0,08
"Большой"	1,58	1,68	3,13	4,02
"Малый"	1,31	3,32	4,34	5,26

совпадают с $J_{\text{опт}}$. Это значит, что max в (11) достигается на всех участниках пула. Для отраслей, не входящих в пул, δz_i оказываются в тех же границах (т.е. $|\delta z_i| < J_{\text{опт}}$). Исключение составляет только "Строительство", и это объясняется тем, что именно на эту отрасль ложится основная нагрузка по наращиванию фондов, требуемых повышением темпа роста; вторая фондообразующая отрасль. "Машиностроение" входит в оба пула и реагирует на повышенную нагрузку отказом от экспорта и даже переходом к импорту (начальный экспорт этой отрасли составляет 15,40 млрд. руб., (см. табл. 2.).

В целом в табл. 4 обращает на себя внимание то обстоятельство, что повышение темпа роста достигается во всех случаях снижением экспортного сальдо $\Delta y_i < 0 \quad \forall i \in I$ и долей участников пула в структуре производства $\delta z_i < 0 \quad \forall i \in I$. Возможность такого снижения обусловлена тем, что в исходном состоянии вектор-сальдо Y^0 имел значительную положительную величину экспортной выручки: абсолютное финансовое сальдо (16) составляет (в млрд. руб)

$$S_0 = \begin{cases} 77,57 & \text{" Большой пул" ,} \\ 66,90 & \text{" Малый пул" .} \end{cases} \tag{15}$$

В списке участников пула (п. 2.1) даже отрасли 5 и 7, имеющие индекс внешнеторговых цен меньше единицы (и которые поэтому должны были быть импортерами), выступают как экспортеры. Объяснить это можно только одним – стремлением государства иметь по возможности большое положительное финансовое сальдо внешней торговли S. Цель такой политики – использование S для создания государственных валютных резервов. Согласно (15), начальный резерв S_0 составляет около 2% от ВВП $\cong$ 3,8 трлн. руб. Варианты расчетов, приведенные в табл. 4, "проедают" валютный резерв, сокращая его примерно вдвое; именно этим объясняются сплошные минусы в компонентах вектора ΔY.

2.3. Дополнительная параметрическая задача с валютным резервом. Указанные наблюдения выявляют определенную некорректность в постановке задачи оптимизации (10). В связи с этим имеет смысл несколько модифицировать ее, заменив условие неотрицательности финансового сальдо (10,в) более сильным ограничением

в′) $s \geqslant \delta$,

Таблица 4

№	Отрасли и ресурсы	Векторы отклонения				Новый вектор внешнеторгового сальдо Y, млрд. руб.	
		в структуре производства δz, %		в объемах внешнеторгового сальдо ΔY, млрд. руб.			
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2
1.	Электроэнергетика	0,79	1,12	–	–	–	–
2★.	Нефтегазовая	**–1,58**	**–1,91**	–2,70	–3,21	26,56	26,05
3.	Угольная промышленность	1,21	1,24	–	–	–	–
4.	Металлургия	1,37	1,34	–	–	–	–
5.	Химия	**–1,58**	0,89	–1,61	–	5,60	–
6★.	Машиностроение	**–1,58**	**–1,91**	–17,44	–18,56	–2,05	–3,17
7.	Лесная, деревообрабатывающая промышленность	4,12	4,12	–	–	–	–
8.	Строительство	4,12	4,12	–	–	–	–
9★.	Легкая промышленность	**–1,58**	**–1,91**	–3,75	–4,16	–22,12	–22,52
10★.	Пищевая промышленность	**–1,58**	**–1,91**	–8,84	–9,77	–45,94	–46,88
11★.	Сельское хозяйство	**–1,58**	**–1,91**	–5,68	–6,20	–20,51	–21,03
12.	Транспорт	0,65	0,75	–	–	–	–
13.	Торговля	–0,15	–0,11	–	–	–	–
14.	Прочие отрасли	0,70	0,67	–	–	–	–
15.	Трудовые ресурсы	0,87	0,83	–	–	–	–
	Финансовое сальдо S, млрд. руб.					37,20	25,33

Примечание. Здесь и далее мы используем финансовое сальдо в абсолютном выражении

$$S := \sum_{i \in I} q_i Y_i \qquad (16)$$

в отличие от (10, в) где s – относительное, $s = S/V$ (см. (9)).

где $\delta \geqslant 0$ – сценарный параметр, задающий долю ВВП, которая должна быть обеспечена внешнеторговой деятельностью для создания валютного резерва.

Данные табл. 3, 4 соответствуют случаю $\delta = 0$. В табл. 5 приводятся результаты расчетов для "Большого пула", отвечающие повышению темпа роста на 1% ($\alpha = 0{,}05$) при $\delta = 0{,}01$, $0{,}02$, $0{,}03$.

Основным в табл. 5, и вообще во всех приведенных расчетах, следует считать вариант $\delta = 0{,}02$, который соответствует сохранению валютного резерва, имевшегося в исходном состоянии. Так как в этом варианте $S \cong S_0$, то вектор ΔY не может иметь все отрицательные компоненты (как это было ранее); здесь снижение экспорта в "Химии" и увеличение импорта в отраслях 9–11 компенсируются ростом экспорта отраслями 2, 6, 7, которые и так были ведущими экспортерами в исходном состоянии. Интенсивность перестройки структуры производства довольно значительна ($J = 6{,}88$), при этом на величину J возрастают доли лидирующих экспортеров – "Нефтегазовая промышленность" и "Машиностроение", доля же "Лесной и деревообрабатывающей" отрасли хотя и увеличивается, но в меньшей степени (4.30); у остальных участников пула доли снижаются на величину J.

Вариант 5 ($\delta = 0{,}03$) еще более усиливает поляризацию "экспортеры – импортеры"

Таблица 5

№	Отрасли и ресурсы	Вариант 3 δ = 0,01		Вариант 4 δ = 0,02		Вариант 5 δ = 0,03	
		δz	ΔY	δz	δY	δz	δY
	Интенсивность J	1,62		6,88		14,77	
1.	Электроэнергетика	0,81	–	2,33	–	6,96	–
2.	Нефтегазовая промышленность	–1,12	–2,24	6,88	5,52	14,77	11,72
3.	Угольная промышленность	1,21	–	1,78	–	2,64	–
4.	Металлургия	1,35	–	6,39	–	12,37	–
5.	Химия	–1,62	–1,63	–6,88	–5,58	12,44	7,29
6.	Машиностроение	–1,62	–17,64	6,88	4,24	14,77	23,01
7.	Лесная, деревообрабатывающая промышленность	1,62	–1,78	4,30	1,66	14,77	7,25
8.	Строительство	4,15	–	4,51	–	4,98	–
9.	Легкая промышленность	–1,62	–3,79	–6,88	–9,02	–14,77	–17,27
10.	Пищевая промышленность	–1,62	–8,96	–6,88	–24,93	–14,77	–48,50
11.	Сельское хозяйство	–1,62	–5,74	–6,88	–13,82	–14,77	–25,66
12.	Транспорт	0,76	–	3,44	–	7,05	–
13.	Торговля	–0,15	–	–0,86	–	–1,49	–
14.	Прочие отрасли	0,69	–	–0,21	–	–1,37	–
15.	Трудовые ресурсы	0,86	–	0,75	–	0,35	–
	Валютный резерв $\delta V = \delta V = S_{опт}$		37,92		75,84		113,76

Здесь вариант 3 практически совпадает с вариантом 1 табл. 4, ибо соответствующие финансовые сальдо близки: $S = 37{,}20 \cong \delta V = 37{,}92$.

Таблица 6

№	Отрасль	"Большой пул"	"Малый пул"
2*.	Нефтегазовая промышленность	1,15	1,13
5.	Химия и нефтехимия	–0,19	–
6*.	Машиностроение	0,42	0,38
7.	Лесная, деревообрабатывающая промышленность	–0,16	–
9*.	Легкая промышленность	–0,20	–0,22
10*.	Пищевая промышленность	–0,20	–0,23
11*.	Сельское хозяйство	–0,34	–0,37

и соответственно интенсивность перестройки J. Теперь уже и "Химия" не снижает экспорт, как в вариантах 3, 4, а наращивает его, правда не до максимальной границы: $\delta z = 12{,}44 < 14{,}77 = J$.

2.4. О чистой прибыльности отраслей – участников пула. С точки зрения прибыльности внешнеторговых операций участники внешнеторгового пула имеют различную эффективность для народного хозяйства. Вектор индексов внешнеторговых цен q дает первичное представление об этом, фактическая *чистая* прибыльность отраслей определяется с учетом необходимых производственных затрат. Чистые (конечные) прибыльности участников пула даются компонентами вектора g, определенного в Приложении формулой (18). Вектор чистых прибылей g зависит от темпа роста α, но не зависит от δ. Кроме того, прибыльность каждого участника определяется составом пула в целом, что также вполне естественно (на это обращается внимание и в [1]). В табл. 6 приводятся прибыльности участников пула для основного значения $\alpha = 0{,}05$.

Чистый доход приносят только две отрасли: в нефтегазовой промышленности каждый рубль экспортируемой продукции дает 1,15 руб. прибыли в "Большом пуле" и 1,13 руб. – в "Малом"; в машиностроении – соответственно 0,42 и 0,38 руб. Остальные участники пула имеют отрицательную прибыльность, и поэтому выгодно наращивать их импорт. Наибольшую экономию приносит импорт продукции сельского хозяйства: 0,34 руб. в "Большом пуле" и 0,37 руб. – в "Малом" на каждый рубль ввозимой продукции.

Эффективность экспорта выше в "Большом пуле", а эффективность (экономия) импорта – в "Малом".

Наконец, вектор g убывает по α, но слабо, и его значения при других α мы не приводим, так как они мало отличаются от данных табл. 6.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные расчеты показывают, что предложенная оптимизационная модель достаточно реалистично отражает специфику внешнеэкономических связей в структуре народного хозяйства России. Важным дополнением при этом является необходимость учета государственного валютного резерва. Поэтому основным следует признать вариант 4: "Большой пул" с параметрами $\delta = 0{,}02$, $\alpha = 0{,}05$. Основания к такому выводу следующие.

1. "Большой пул" предпочтительнее "Малого", так как предоставляет системе больше возможностей для маневра, и поэтому перестройка происходит мягче: $J_{\text{"Б. пул."}} < J_{\text{"М. пул."}}$.

2. Значение $\delta = 0{,}02$ соответствует сохранению валютного резерва на базовом (исходном) уровне, и поэтому искомое направление оптимального сдвига δz в перестройке структуры определяется в этих условиях наиболее чисто, без посторонних эффектов.

3. При $\alpha = 0{,}05$ приращение $\Delta\alpha = 0{,}01 = 1\%$ в год. Это число методологически удобно, поскольку является единицей смещения по основному параметру модели, и поэтому получаемые в расчете цифры имеют непосредственную интерпретацию. В частности, δz выступает именно как направление сдвига, а все характеристики отклонений как относительные – на единицу сдвига по α.

Конкретный анализ полученных цифр требует привлечения специальных знаний экономической конъюнктуры России 1991 г.; это выходит за рамки статьи.

ПРИЛОЖЕНИЕ

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

Значение α фиксировано и поэтому в последующем опускается. Расположим участников пула в начале списка, а остальные отрасли – в конце. Матрицу C и векторы z, y представим в виде

$$C = \begin{pmatrix} \boxed{A_1} & \boxed{A_2} \\ \boxed{A_3} & \boxed{A_4} \end{pmatrix} \qquad \begin{array}{l} z = (z_1, z_2), \\ \\ y = (y_1, 0), \end{array}$$

где индекс "1" соответствует участникам пула. Система уравнений, отвечающая (10,а)

$$\begin{cases} (E - A_1)z_1 - A_2 z_2 = y_1, \\ -A_3 z_1 + (E - A_4)z_2 = 0, \end{cases}$$

после исключения z_2 приводится к виду

$$(E - A_5)z_1 = y_1, \quad A_5 := A_1 + A_2(E - A_4)^{-1}A_3.$$

Рассматриваются достаточно малые значения α, так что матрица $(E - A_4)^{-1}$ положительна; при этом, поскольку $C(\alpha)$ возрастает по α, то A_5 растет по α. Оставляя в качестве основных неизвестных вектор z_1, запишем условие нормировки $z \in \sigma$ и условие (10,в) (см. п. 1.3)

$$1 = ez = e_1z_1 + e_2z_2 = (e_1 + e_2(E - A_4)^{-1}A_3)z_1, \ (e_1, e_2) = e,$$
$$s = q(E - A_5)z_1 \geqslant \delta.$$

Мы получили задачу с двумя ограничениями и критерием минимизации (12) (заметим, что он также зависит только от z_1).

Вводя новые переменные $\xi_i := \frac{z_i}{z_i^0} - 1, i \in I$, и обозначая

$$u_i := (e_1 + e_2(E - A_4)^{-1}A_3)_i z_i^0,$$
$$\upsilon_i := (q(E - A_5))_i z_i^0,$$
$$\gamma := \sum_{i \in I} u_i - 1, \quad \mu := -\sum_{i \in I} \upsilon_i + \delta,$$

сводим (12) к ЛП-задаче относительно вектора ξ и скаляра ν

$$\left.\begin{array}{ll} \text{а)} & -\Sigma u_i\xi_i = \gamma, \\ \text{б)} & \Sigma \upsilon_i\xi_i \geqslant \mu, \\ \text{в)} & \nu + \xi_i \geqslant 0, \\ \text{г)} & \nu - \xi_i \geqslant 0, \\ & \nu \to \min \end{array}\right| \begin{array}{l} \pi, \\ \tau, \\ r_i, \\ s_i, \\ \\ \end{array} \quad i \in I. \tag{17}$$

Так как u возрастает по α и при $\alpha = \alpha_0$ решением является $\xi = 0$, то $\gamma = 0$ при $\alpha = \alpha_0$ и $\gamma > 0$ при $\alpha > \alpha_0$; величина μ может иметь любой знак.

Примечание. Компоненты вектора

$$g := q(E - A_5) \tag{18}$$

показывают чистую (конечную) прибыль во внешнеторговых ценах, приносимую народному хозяйству России при экспортно-импортных операциях. Если $g_i > 0$, то выгоден экспорт, при $g_i < 0$ – импорт.

Двойственная задача относительно неизвестных (π, τ, r_i, s_i) имеет вид

$$\left.\begin{array}{ll} \text{а)} & -\pi u_i + \tau\upsilon_i + r_i - s_i = 0, \\ \text{б)} & \sum_{i \in I}(r_i + s_i) = 1, \\ & \gamma\pi + \mu\tau \to \max. \end{array}\right| \begin{array}{l} \xi_i, \\ \nu, \\ \\ \end{array} \tag{19}$$

При $\gamma > 0$ из (17,а) следует, что $\xi = 0$ не является допустимым вектором, поэтому в силу соотношений (17,в, г) $\nu > 0$, причем по крайней мере в одном из них будет строгое неравенство. Поэтому в двойственной задаче в каждой паре чисел (r_i, s_i) хотя бы одно из них равно нулю, и из (19,а) имеем $r_i + s_i = |r_i - s_i| = |\pi u_i - \tau\upsilon_i|$, т.е. задача (19) приводится к виду

$$\sum_{i \in I} |\pi u_i - \tau\upsilon_i| = 1, \quad \tau > 0, \quad \gamma\pi + \mu\tau \to \max.$$

Полагая $\vartheta := \pi/\tau$, $\vartheta_i := \upsilon_i/u_i$, получим

$$\tau \Sigma u_i | \vartheta - \vartheta_i | = 1, \quad \tau(\gamma\vartheta + \mu) \to \max,$$

или $\psi(\vartheta) := \dfrac{\gamma\vartheta + \mu}{S(\vartheta)} \to \max\limits_{\vartheta}, \quad S(\vartheta) := \sum\limits_{i \in I} u_i | \vartheta - \vartheta_i |.$

Функция $S(\vartheta)$ – положительная, выпуклая вниз, $\psi(\vartheta)$ – кусочно-дробно-линейная. Несложный анализ показывает, что при $\gamma > 0$ максимум $\psi(\vartheta)$ достигается либо в одном из узлов $\vartheta = \vartheta_i$, $i \in I$, либо при $\vartheta = \infty$. Поэтому последняя задача решается на ПЭВМ простым перебором. После того как оптимальное значение ϑ найдено, решение строится легко

$$\tau := \frac{1}{S(\vartheta)}, \quad \nu := \psi(\vartheta), \quad \pi := \begin{cases} \tau\vartheta, & \vartheta \neq \infty \\ 1/(1+\gamma), & \vartheta = \infty. \end{cases}$$

Далее,

$$\begin{array}{llll} \text{если} & \vartheta_i < \vartheta, & \text{то} & s_i := 0, \quad \xi_i := -\nu, \\ \text{если} & \vartheta_i > \vartheta, & \text{то} & r_i := 0, \quad \xi_i := \nu, \\ \text{если} & \vartheta_i = \vartheta, & \text{то} & r_i = s_i := 0, \quad \xi_i := -\dfrac{1}{u_i}\left(\gamma + \sum\limits_{j \neq i} u_j \xi_j\right). \end{array}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беленький В.З., Арушанян И.И.* Оценка возможностей активной экспортно-импортной политики на основе открытой стационарной модели // Экономика и мат. методы. 1995. Т. 31. Вып. 1.
2. *Ефимов М.Н., Мовшович С.М.* Анализ сбалансированного роста в динамической модели народного хозяйства // Экономика и мат. методы. 1973. Т. IX. Вып. 1.
3. Народное хозяйство РСФСР в 1990 г. Стат. ежегодник. М.: Финансы и статистика, 1991.

Поступила в редакцию
17 XI 1994