

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРЕГИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ

Дружинин П. В.

(Петрозаводск)

Определяется влияние структурных сдвигов на параметры агрегированной производственной функции комплекса отраслей, приводятся результаты расчетов по народному хозяйству страны и промышленности Карельской АССР, описывается трехуровневая модель промышленности и предлагаются методы определения оптимального распределения ресурсов по уровням производства.

1. РАЗЛОЖЕНИЕ ФАКТОРНЫХ ЭЛАСТИЧНОСТЕЙ И ЭЛАСТИЧНОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ

Рассмотрим комплекс из N отраслей. Важнейшие показатели его развития — выпуск продукции Y , стоимость основных производственных фондов (ОПФ) K , численность занятых L — выражаются суммой аналогичных показателей отраслей [1—4]. Каждую из них и комплекс в целом опишем двухфакторной производственной функцией (ПФ)

$$Y_i = F_i(K_i, L_i, t), \quad Y = F(K, L, t), \quad (1)$$

где i — индекс отрасли.

Для оценки влияния структурных сдвигов на параметры ПФ запишем ее через темпы прироста (логарифмическую производную) [5]

$$\delta_Y = \varepsilon_K \delta_K + \varepsilon_L \delta_L + \varepsilon_0, \quad (2)$$

$$\delta_Y^i = \varepsilon_K^i \delta_K^i + \varepsilon_L^i \delta_L^i + \varepsilon_0^i, \quad (3)$$

где $\varepsilon_0, \varepsilon_0^i$ — темп нейтрального научно-технического прогресса (НТП); $\varepsilon_K, \varepsilon_K^i$ — факторная эластичность по фондам; $\varepsilon_L, \varepsilon_L^i$ — факторная эластичность по труду. Из (2) и (3) получаем, что для дифференцируемых функций $F_i(K_i, L_i, t)$ факторные эластичности агрегированной ПФ и темп нейтрального НТП, эквивалентного росту выпуска, представимы в виде [3, 4]

$$\varepsilon_K = \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_K^i, \quad \varepsilon_L = \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_L^i, \quad (4)$$

$$\varepsilon_0 = \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_0^i + \sum_{i=1}^N \theta_i [\varepsilon_K^i (\delta_K^i - \delta_K) + \varepsilon_L^i (\delta_L^i - \delta_L)] = \varepsilon_1 + \varepsilon_2,$$

где $\theta_i = Y_i/Y$, ε_2 — учитывают влияние структурных сдвигов на темп нейтрального НТП.

Аналогично и при количестве факторов M , большем двух

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_j^i, \quad (5)$$

$$\varepsilon_0 = \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_0^i + \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_j^i (\delta_j^i - \delta_j).$$

Разложение эластичности замещения определяется на основе введенных в [6] соотношений. Для однородных степени $\gamma_i, i = 1, \dots, N$, дважды дифференцируемых ПФ (1), эластичность замещения агрегированной функции [4]

$$\frac{1}{\sigma} = 1 + \sum_{i=1}^N \frac{Y_i \varepsilon_K^i [\delta_Y - \delta_Y^i - \delta_Y^i \gamma (1 - \varepsilon_K^i / \gamma_i)]}{Y \varepsilon_K \delta_k (\gamma - \varepsilon_K)} + \sum_{i=1}^N \frac{\gamma \varepsilon_K^i \delta_k^i \theta_i (\gamma_i - \varepsilon_K^i)}{\gamma_i \varepsilon_K \delta_k (\gamma - \varepsilon_K) \sigma_i}, \quad (6)$$

где $k = K/L$ — фондовооруженность, $\delta_k \neq 0$.

Выражение (6) позволяет определить влияние развития отдельных отраслей и структурных сдвигов на динамику эластичности замещения. Анализируя (6), можно сделать вывод, что чем выше эластичность замещения σ_i отрасли i , тем меньше она влияет на общую эластичность замещения σ . Таким образом, отрасли, описываемые линейными ПФ, у которых ресурсы почти полностью взаимозаменяемы, практически не влияют на суммарную эластичность σ .

Даже небольшое изменение эластичности σ_i в отраслях со слабоизменяемыми ресурсами, если темпы прироста фондовооруженности в них отличны от нуля, сильно сказывается на величине суммарной эластичности замещения. Когда в комплексе отраслей не происходит заметных структурных сдвигов, тогда наличие даже одной развивающейся отрасли с низкой эластичностью замещения приводит к ее низкой величине для всего комплекса. В таком случае динамика эластичности σ в значительной степени определяется этим «узким местом».

Формулы (4) и (6) показывают, что агрегированные ПФ могут существенно различаться при сдвигах в распределении ресурсов между отраслями. Изменяя это распределение, при описании отраслей функциями Кобба — Дугласа в результате агрегирования можно получить различные виды ПФ: Кобба — Дугласа, CES, VES, параметры которых определяются из (6) (при $\gamma = \gamma_i = 1$) следующим образом

$$\frac{1}{\sigma} = 1 + \sum_{i=1}^N \frac{Y_i \varepsilon_K^i (\delta_Y - \delta_Y^i)}{Y \varepsilon_K \delta_k (1 - \varepsilon_K)}. \quad (7)$$

В [7] рассмотрены произвольные линейно-однородные ПФ, дающие в сумме при определенных условиях линейную функцию.

2. РАСЧЕТЫ ПО НАРОДНОМУ ХОЗЯЙСТВУ СССР

Рассмотрим взаимосвязь параметров ПФ отраслей сферы материального производства страны (промышленности, сельского хозяйства, строительства, транспорта и пр.) в период 1960—1986 гг. на основании разложения параметров ПФ по (4) и (6). В качестве исходных данных по соответствующим отраслям возьмем объем валовой продукции (ВП), стоимость ОПФ и численность занятых, полученные из статистических ежегодников и приведенные к сопоставимому виду в [5, 8, 9]. Динамику эластичности выпуска по фондам для народного хозяйства, характеризующую эффективность производства, определим по формулам из [5].

Расчеты в предположении $\gamma = 1, \varepsilon_0 = 0$ позволяют выделить три периода: 1961—1966 гг., во время которых рост ε_K происходил от 0,53 до 0,93; 1966—1978 гг., когда эластичность ε_K упала до 0,43, и 1978—1986 гг., в течение которых она возросла до 0,7. Анализ поведения эластичности по фондам для линейно-однородных ПФ, согласно (4), показывает, что ее прирост в первом и третьем периодах обусловлен в основном увеличением эластичности ε_K в промышленности и в меньшей степени в сельском хозяйстве. Во втором же почти 60% снижения эластичности по фондам в народном хозяйстве вызвано ее уменьшением в промышленности и более 1/3 — в сельском хозяйстве. Другие отрасли существенно не воздействовали на динамику общей эластичности по фондам, лишь в последние годы начало сказываться падение ε_K в прочих отраслях.

Влияние изменения структуры занятых в народном хозяйстве на темп нейтрального НТП, определяемое по (4), убывает с небольшими колеба-

ниями. Изменение отраслевой структуры фондов было определяющим в 60-е годы, а затем резко уменьшилось. В результате, если до 1971 г. величина структурной составляющей темпа нейтрального НТП была приблизительно равна 0,003—0,004, то после 1975 г. она колеблется от 0 до 0,001. Наибольшего значения темп нейтрального НТП достигал в 1962—1964 и 1968—1970 гг., когда происходили заметные сдвиги в отраслевой структуре фондов.

Исследование эластичности замещения по народному хозяйству в [10] показало, что до 1965 г. она стремилась к бесконечности, потом быстро убывала при небольшом подъеме в начале 70-х годов. Новый период роста σ начался в 80-х годах. Анализ результатов расчетов, произведенных согласно (6), позволяет заключить, что эти колебания связаны в основном с изменением эластичности замещения в промышленности (ее вклад в прирост $1/\sigma$ составляет 50—90% от суммарного). Наряду с этим в 60-х и 80-х годах небольшое влияние оказало быстрое изменение эластичности σ в сельском хозяйстве, а в начале 70-х — рост эластичности замещения в прочих отраслях.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проведем соответствующие расчеты по промышленности на примере Карельской АССР. Выделим 11 отраслей, в том числе 5 ведущих — лесозаготовительную, деревообрабатывающую, целлюлозно-бумажную промышленность (ЦБП), машиностроение и черную металлургию. Воспользуемся данными за 1965—1985 гг. [11]. За эти годы вырос удельный вес черной металлургии, машиностроения и ЦБП главным образом за счет уменьшения доли лесозаготовительной и деревообрабатывающей отраслей (из-за ограниченности сырьевой базы).

Факторные эластичности для промышленности и отраслей

$$\varepsilon_K = (\delta_y - \varepsilon_0) / \delta_K, \quad \varepsilon_L = \gamma - \delta_K, \quad y = Y/L, \quad (8)$$

при степени однородности $\gamma = 1$ и нулевом темпе нейтрального НТП [5]. По промышленности ε_K убывает до 1979 г. от 1,0 до 0,02, а затем возрастает до 0,61 в 1985 г. Анализ графиков показал, что в 1965—1979 гг. взаимосвязь показателей развития промышленности Карельской АССР хорошо описывается CES-функцией (коэффициент корреляции $R = 0,998$, коэффициент Дарбина — Уотсона $DW = 1,42$)

$$Y = \exp(0,0095t) [0,665K^{-4,61} + 0,335L^{-4,61}]^{-1/4,61}, \quad (9)$$

с эластичностью замещения $\sigma = 0,18$. Второй период описывается ПФ с отрицательной эластичностью замещения ($R = 0,997$, $DW = 3,12$)

$$Y = \exp(1,13k + 0,0066t) K^{-0,51} L^{1,51}. \quad (10)$$

В машиностроении эластичность ε_K почти постоянна. Эластичность замещения в 1965—1978 гг. превышает единицу, затем несколько убывает, но в среднем за 1965—1985 гг. близка к единице. Анализ графиков и статистических характеристик показал, что поведение показателей развития машиностроения описывается ПФ Кобба — Дугласа с положительным темпом нейтрального НТП.

В отраслях лесопромышленного комплекса (ЛПК) в 1965—1979 гг. выпуск продукции увеличивался медленно при быстром росте затрат ресурсов. ε_K убывает, и взаимосвязь показателей описывается CES-функцией с эластичностью замещения $\sigma = 0,1—0,2$ или VES-функцией (10) с убывающей эластичностью σ в пределах от 0,2 до 0,05.

В 1979—1985 гг. ε_K в отраслях ЛПК резко возрастает. На основе анализа графиков построены ПФ типа (10) с растущей эластичностью замещения σ . Расчеты по (4) и (6) показывают, что именно отрасли ЛПК определяют изменение параметров ПФ промышленности. Высокая эластичность замещения в машиностроении и черной металлургии слабо сказывается на общей эластичности σ .

4. МОДЕЛЬ, УЧИТЫВАЮЩАЯ КАЧЕСТВЕННУЮ СТРУКТУРУ ФОНДОВ

В [12] рассмотрена модель, описывающая влияние технического перевооружения и реконструкции на динамику основных показателей развития региональной экономики. Модель позволяет оценить влияние изменения структуры капитальных вложений на качественную структуру ОПФ и на темпы роста выпуска продукции. Эффективность производства повышается и за счет строительства новых предприятий, оснащенных высокопрогрессивным оборудованием, и за счет повышения технического уровня действующих предприятий вследствие технического перевооружения и реконструкции.

В качестве ключевой характеристики степени прогрессивности ОПФ примем степень механизации и автоматизации производства. В промышленности выделим три уровня производства (*A, B, C*), полагая, что объем перетоков ОПФ на более высокий уровень определяется воспроизводственной и технологической структурой капитальных вложений. При этом уравнение динамики ОПФ в промышленности, ориентированное на проводимые раз в два года обследования предприятий по степени механизации и автоматизации, имеет вид

$$K_j(t+1) = K_j(t)(1 - \mu_j - \psi s_{jl}) + \beta^T I_j^T(t+1) + \beta^H I_j^H(t+1) + \beta^P I_j^P(t+1) + (\psi - 1 + v_{mj}) s_{mj} K_m(t), \quad m, l = A, B, C, \quad (11)$$

где $K_j(t)$ — ОПФ уровня j в год t ; $I(t+1)$ — капитальные вложения; T — техническое перевооружение; P — реконструкция; H — новое строительство и расширение; μ — коэффициент выбытия при техническом перевооружении; s — коэффициент перетока; $\psi = 2$ для четных t , $\psi = 0$ — для нечетных t ; β — коэффициент освоения; v — доля невыбывающих ОПФ для реконструкции.

Расчеты по промышленности СССР на основе этой модели показали, что динамику развития уровней производства в 1970—1984 гг. можно описать ПФ Кобба — Дугласа со следующими параметрами: $\varepsilon_K^A = 0,85$; $\varepsilon_L^A = 0,41$; $\varepsilon_K^B = 0,53$; $\varepsilon_L^B = 0,47$; $\varepsilon_K^C = 0,47$; $\varepsilon_L^C = 0,53$.

Модель может быть использована для прогнозирования развития промышленности. В таком случае экспертами задаются стратегии технического развития через распределение капитальных вложений. На основе их нынешней структуры формируется экстраполяционная стратегия. Верхняя граница возможных стратегий получается при таком распределении ОПФ и численности занятых по уровням, которое максимизирует темпы роста выпуска продукции. В модели не затрагивается отраслевая структура производства, поэтому можно изменять распределение ресурсов между подразделениями (уровнями) в достаточно широких границах.

5. ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

Рассмотрим подразделения, слабо взаимосвязанные между собой по выпускаемой продукции (изменение ВП в одних не приводит к изменению ВП в других) [2]. При ограничении по сумме ресурсов их можно перераспределять так, чтобы максимизировать выпуск продукции или темпы его роста [13]

$$Y = \sum_{i=1}^N Y_i = \sum_{i=1}^N F_i(K_i, L_i, t) \rightarrow \max, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N K_i = K, \quad \sum_{i=1}^N L_i = L, \quad K_i, L_i \geq 0,$$

$$\varepsilon_K^i > 0, \quad \varepsilon_L^i > 0, \quad i = 1, \dots, N.$$

В [2] показано, что для функций Кобба — Дугласа решение задачи (12) существует при $\varepsilon_K^i + \varepsilon_L^i < 1$, $i = 1, \dots, N$. Построим функцию Лагранжа

для ПФ в темпах

$$\delta_Y = \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_K^i \delta_K^i + \sum_{i=1}^N \theta_i \varepsilon_L^i \delta_L^i \quad (13)$$

и получим условия, при которых возможен максимальный темп прироста выпуска продукции

$$\theta_i \varepsilon_K^i / \theta_K^i = \theta_j \varepsilon_K^j / \theta_K^j, \quad \theta_i \varepsilon_L^i / \theta_L^i = \theta_j \varepsilon_L^j / \theta_L^j, \quad i, j = 1, \dots, N. \quad (14)$$

Из (14) найдем

$$y_i = y_j \varepsilon_L^j / \varepsilon_L^i, \quad (15)$$

$$q_i = q_j \varepsilon_K^j / \varepsilon_K^i, \quad (16)$$

$$k_i = k_j \varepsilon_L^j \varepsilon_K^i / (\varepsilon_L^i \varepsilon_K^j), \quad (17)$$

где q — фондоотдача.

Из (12) и (14) определим систему двух нелинейных уравнений с двумя неизвестными. При одинаковых степенях однородности оптимальное распределение ресурсов рассчитывается путем последовательного решения этих уравнений.

Задача (12) также может решаться с ограничениями на структуру ресурсов или выпуска продукции. При задании структуры фондов сохраняется уравнение (15), структуры занятых — (16), структуры выпуска продукции — (17). Методика получения уравнений не изменяется и агрегирование ПФ при этих условиях сводится к решению нелинейных уравнений.

Расчеты по (11) свидетельствуют о том, что при оптимальной структуре ресурсов объем производства больше на 4—8%, по стоимости фондов доля уровня производства C составляет примерно 1%, а уровня производства A растет с 0,3 до 18% за 1970—1984 гг.

6. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНА

Основные показатели развития подразделений промышленности (производительность труда, фондоотдача, фондовооруженность) при оптимальном распределении ресурсов определяются только через соотношение факторных эластичностей. Для отраслевой структуры эти показатели заметно отличаются от реальных, а при расчетах без ограничений не остается ресурсов в низкоэффективных отраслях. В реальности переток ресурсов между отраслями незначителен.

В то же время для отдельных уровней производства промышленности соотношения производительности труда, фондоотдачи, фондовооруженности (15)—(17) приближенно соответствуют получаемым при оптимальном распределении ресурсов [12]. Между уровнями возможно перераспределение фондов, поэтому предложенные методы агрегирования ПФ используются для трехуровневой модели промышленности.

При прогнозировании задается начальное распределение ресурсов и проводится расчет оптимальных стратегий последовательно по годам следующим образом: 1) задаются капитальные вложения и общая численность занятых; определяются объемы ОПФ; 2) задается структура ОПФ или требуемого выпуска продукции; рассчитываются варианты структуры ресурсов и объема выпуска продукции.

Описанные методы позволяют изучать влияние структурных сдвигов на темпы роста экономических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов Э. Б., Левченко Н. Г. Структурная пропорциональность народного хозяйства и ее макроэкономический анализ // Экономика и мат. методы. 1981. Т. XVII. Вып. 4.
2. Левченко Н. Г. Проблема агрегирования производственных функций (критический обзор) // Малоразмерные модели экономического роста. М.: ИМЭМО АН СССР. 1978.

3. Суворов Н. В., Суворов А. В. Методологические вопросы измерения эффективности общественного производства//Экономика и мат. методы. 1988. Т. XXIV. Вып. 3.
4. Дружинин П. В. Связь параметров производственных функций народного хозяйства и его отраслей//Всесоюз. конф. «Проблемы и методы ускорения научно-технического прогресса на основе применения вычислительной техники и автоматизированных систем». М.: ВНИИПОУ, 1985.
5. Иванилов Ю. П., Положищников В. Б., Рассадин В. Н. Народнохозяйственная производственная функция. М.: ВЦ АН СССР, 1983.
6. Клейнер Г. Б. Методы анализа производственных функций. М.: Информэлектро, 1980.
7. Овсиенко В. Ю. Об агрегации двухфакторных линейно-однородных производственных функций//Экономика и мат. методы. 1986. Т. XXII. Вып. 3.
8. Цодиков С. Д. Соизмерение показателей инвестиционной деятельности//Рук. деп. в ИНИОН АН СССР № 26730 от 03.09.86.
9. Народное хозяйство СССР за 70 лет. Юбилейный стат. ежегодник. М.: Финансы и статистика, 1987.
10. Иванилов Ю. П., Ланец С. А. Анализ и построение производственных функций с переменной эластичностью замещения. М.: ВЦ АН СССР, 1984.
11. Народное хозяйство Карельской АССР в XI пятилетке. Петрозаводск: Карелия, 1986.
12. Макаров В. Л., Торжевский А. П. Влияние сдвигов в техническом уровне производства на макропоказатели развития экономики. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1986.
13. Канторович Л. В., Жиянов В. И. Влияние превращаемости фондов и физического износа оборудования на экономическое развитие//Математическое моделирование и статистический анализ научно-технического прогресса. Сб. трудов ВНИИСИ. 1982. № 8.

Поступила в редакцию
17 X 1988