ЭКОНОМИКА
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

1990
Том 26, вып. 5

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ

Поманский А. Б.

(Москва)

Основная цель статьи — исследовать влияние экзогенных инновационных шоков на производственную систему типа «поставщик — потребитель», находящуюся в состоянии равновесия, обеспечивающем максимум конечного продукта. Выделяются случаи ресурсосберегающего и ресурсововлекающего НТП. Обсуждаются возникающие динамические процессы при переходе к новому состоянию равновесия.

В силу различных обстоятельств, среди которых едва ли не первое место занимают экономическая самостоятельность и ответственность, в последнее время заметно возрос интерес к изучению так называемых технологических цепочек. При этом имеются в виду простейшие экономические структуры (в определенной степени идеализированные), состоящие из нескольких обособленных звеньев, в которых продукция одного является ресурсом для другого, т. е. системы типа «поставщик — потребитель». Здесь каждое звено одновременно выступает в двух ролях: как потребитель и как поставщик. При этом сами цепочки можно рассматривать на различных уровнях, начиная с межотраслевых взаимодействий и кончая связями «поставщик — потребитель» в рамках одного предприятия.

Популярные в настоящее время схемы перехода на хозрасчет и экономическую самостоятельность от предприятий до регионов в большинстве случаев базируются на парадигме равновесных или оптимальных цен. Суть ее состоит в том, что для получения максимального экономического эффекта от цепочки в целом и для согласования экономических интересов ее звеньев, спроса и предложения необходимо использовать взаимные расчеты за промежуточную продукцию по оптимальным или равновесным ценам.

Естественно, что при сомнительности существования глобального критерия или по крайней мере его неопределенности, в условиях изменчивости технологической структуры самой цепочки, неизбежных взаимосвязей и взаимовлияний цепочек оперирование «оптимальными ценами» является своего рода абстракцией. Однако анализ взаимодействий в цепочках, основанных на принципах оптимизационного подхода, позволяет дать качественную оценку воздействию локальных изменений технологических характеристик (например, вследствие НТП) на работу всех звеньев и получить определенные, логически выверенные выводы об эффектах, которые можно ожидать при практическом использовании экономических методов управления, базирующихся на упомянутой парадигме.

В основу анализа нами положена следующая простейшая постановка задачи. Имеются два экономических объекта: поставщик и потребитель. Потребитель выпускает конечную продукцию, цена на которую фиксирована. Вся продукция поставщика направляется потребителю. В ходе производства используются различного рода ресурсы, причем цены на них и технологические способы их применения также фиксированы. Кроме того, считается, что промежуточный продукт и прочие ресурсы не взаимозаменяемы. Это вполне оправдано, если ограничиться краткосрочным аспектом. Затраты прочих ресурсов однозначно определяются объемами производства у поставщика и потребителя. Допустима следующая формализация задачи максимизации эффекта комплекса «поставщик — потребитель»

$$Э = \pi y - u_1(x) - u_2(y) \to \max_{x,y}, \quad (1)$$

$$y \leqslant f(x), \quad (2)$$

где x — выпуск продукции поставщиком за единицу времени (например, год); y — выпуск у потребителя; π — цена единицы его продукции (экзогенная переменная): $u_1(x)$ и $u_2(y)$ — функции затрат поставщика и потребителя; $f(x)$ — производственная функция (ПФ), определяющая максимально возможный выпуск у потребителя в зависимости от объема поставки.

Для упрощения здесь опускается такая важная категория, как запасы промежуточной продукции.

Модели подобного типа рассматривались в [1—3]. Ниже будет дано более детальное обоснование правомерности введения функций затрат $u_i(\cdot)$ и ПФ $f(x)$.

Исходя из принципа оптимальности, задаче (1)—(2) соответствуют оптимальные цены p^*, которые позволяют получить декомпозицию исходной задачи на локальные — поставщика и потребителя

$$Э_1 = p^* x - u_1(x) \to \max_{x}, \quad (3)$$

$$Э_2 = \pi y - u_2(y) - p^* x \to \max_{x,y}, \quad (4)$$

$$y \leqslant f(x),$$

смысл которых состоит в следующем. Поставщик определяет при фиксированной цене на продаваемую продукцию оптимальный объем выпуска x^*. Потребитель при том же условии устанавливает оптимальные объемы покупаемой промежуточной продукции x^{**} и выпуска y^* конечной. Поскольку p^* — оптимальная цена, то спрос совпадает с предложением, т. е. $x^* = x^{**}$ и пара (x^*, y^*) — оптимальный вариант функционирования комплекса. При этом $Э^* = Э_1^* + Э_2^*$, где звездочкой отмечены оптимальные значения соответственно суммарного и локальных эффектов.

Предполагается рассмотреть с помощью базовой модели (1)—(2) два вопроса. Во-первых, при каких условиях допустима экономическая самостоятельность отдельных звеньев комплекса, т. е. достаточность локальных эффектов, чтобы обеспечить нормальное функционирование цепочки. В нашем случае это означает по крайней мере строгую положительность указанных величин. Во-вторых, проанализировать влияние технологических характеристик на основные экономические показатели, т. е. на $Э_1^*$, $Э_2^*$, x^*, y^*, p^*. Суть здесь в следующем. Например, потребитель, освоив новую технологию, стал лучше использовать продукцию поставщика. Что при этом происходит? Каким образом перераспределяется дополнительно возникший эффект?

Обратимся сначала к первому вопросу, сделав некоторые уточнения. Будем полагать, что функции затрат $u_i(\cdot)$ выпуклые, дифференцируемые и комплекс в целом продуктивен, т. е. $f'(0)\pi > u_1'(0) + u_2'(f(0))f'(0)$. Это означает, что оптимальные объемы выпуска у поставщика и потребителя положительны.

Из (1) и (2) следует, что $y^* = f(x^*)$ — нет смысла производить промежуточной продукции больше, чем ее можно использовать,— и

$$\pi f'(x^*) = u_1'(x^*) + u_2'(f(x^*))f'(x^*), \quad (5)$$

т. е. x^* — решение уравнения (5).

Введенная выше оптимальная цена p^*, очевидно, есть двойственная оценка ограничения $\varphi(y) = x$, где φ — функция, обратная $f(x)$, и по крайней мере с экономической точки зрения понятно, что $p^* = u_1'(x^*)$, т. е. цена на промежуточную продукцию равна предельным затратам у поставщика. Стало быть, эффект поставщика $Э_1^* = u_1'(x^*)x^* - u_1(x^*)$.

Легко показать, что при условии строгой выпуклости $u_1(x)$ и $u_1(0)=0$ имеет место неравенство $Э_1^*>0$. Ограничимся графической иллюстрацией (см. рис. 1) этого почти очевидного утверждения.

Прямая II, параллельная касательной к графику $u_1(x)$ в точке x^*, имеет наклон, равный $u_1'(x^*)$, и ясно, что $u_1'(x^*)x^*>u_1(x^*)$ или $Э_1^*>0$.

Аналогично, при строгой вогнутости $u_2(y)$ и условии $f(0)=u_2(0)=0$ эффект потребителя также положителен. Действительно, используя (4) и (5), убедимся, что

$$Э_2^*=\pi\,[f(x^*)-f'(x^*)\,x^*]+[u_2'(f(x^*))\,f'(x^*)\,x^*-u_2(f(x^*))]. \qquad (6)$$

Поскольку по предположению $f(x)$ — вогнутая, то выражение, стоящее в первой скобке (6), будет положительным, как и член, стоящий во второй скобке, если допустить выпуклость сложной функции $u_2(f(x))$. Заметим, что условия вогнутости или выпуклости являются более сильными, чем необходимо для положительности эффектов. Действительно, положительность выражения $[f(x)-xf'(x)]$ эквивалентна убывающей отдаче для ПФ, что слабее условия вогнутости [4].

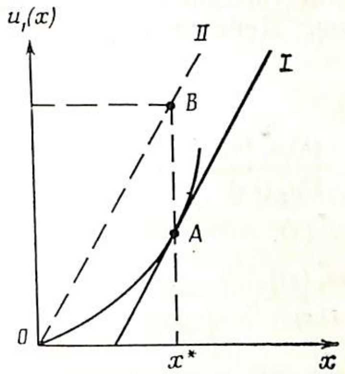

Рис. 1

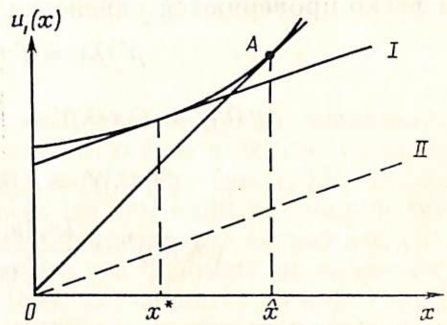

Рис. 2

Таким образом, для рентабельности отдельных звеньев технологической цепочки нужно выполнение ряда дополнительных требований. Наиболее существенное из них — отсутствие условно-постоянных расходов, т. е. равенство $\lim\limits_{x\to+0} u(x)=0$. Из рис. 2 видно, что положительность указанного предела приводит к невыполнению неравенства $u'(x)x>u(x)$. Чем больше постоянная составляющая функций затрат, тем менее вероятна ситуация одновременной рентабельности.

В действительности существенное значение имеет не столько наличие условно-постоянных затрат, сколько невыпуклость технологических множеств. Если при малых объемах производства отдача от используемых ресурсов будет в отличие от классических предположений возрастать, а не убывать, то функция затрат $u_i(\cdot)$ не удовлетворяет условию выпуклости. Это в свою очередь может привести к нерентабельности производства у одного из производителей.

В производствах, сложных по технологическим условиям, когда малые количества ресурсов не обеспечивают нормального процесса функционирования, разбиение комплекса на экономически самостоятельные, рентабельные подсистемы не всегда возможно. При фиксированных технологических условиях, т. е. неизменных функциях $u_i(\cdot)$ и $f(x)$, необходимыми для этого оказываются достаточно большие объемы производства. На рис. 2 это соответствует требованию $x^*>\hat{x}$, где $\hat{x}$ — так называемый оптимальный объем производства поставщика [5].

Теперь перейдем к рассмотрению второго вопроса — анализу влияния технологических характеристик на структуру оптимального решения задачи (1)—(2). Вначале остановимся на наиболее простом случае, когда $f(x)=\lambda x$, где λ — коэффициент ресурсоотдачи. При неизменности всех других параметров решение (1)—(2) является функцией λ. Наша цель — исследование этих зависимостей.

Уравнение (5), определяющее x^*, принимает вид

$$\pi\lambda = u_1'(x) + \lambda u_2'(\lambda x). \tag{7}$$

Считая x функцией от λ и дифференцируя обе части (7) по λ, имеем

$$\pi = u_1''x' + u_2'(\lambda x) + \lambda u_2''(\lambda x)[x + \lambda x'(\lambda)]. \tag{8}$$

Выражая $x'(\lambda)$ из (8), получаем

$$x'(\lambda) = \frac{\pi - u_2'(\lambda x) - \lambda x u_2''(\lambda x)}{u_1''(x) + \lambda^2 u_2''(\lambda x)}. \tag{9}$$

Если по-прежнему считать, что функция затрат строго выпукла, то знак $x'(\lambda)$ определяется числителем правой части (9). В силу условия продуктивности при малых λ числитель (4) обязательно положителен. Следовательно, при малой ресурсоотдаче ее повышение, т. е. лучшее использование ресурса у потребителя, ведет к росту объема производства у поставщика и потребителя при одновременном увеличении цены на промежуточный продукт и локальных эффектов. Действительно, прямым счетом легко проверяются равенства

$$\begin{gathered}
p'(\lambda) = x'(\lambda)\, u_1''(x),\\
(y(\lambda))' = (\lambda x(\lambda))' = \frac{u_1'(x) + x(\lambda)\, u_1''(x)}{u_1''(x) + \lambda^2 u_2''(\lambda x)},\\
(\text{Э}_1(\lambda))' = x(\lambda)\, x'(\lambda)\, u_1''(x),\\
(\text{Э}_2(\lambda))'' = \frac{\lambda u_2''[u_1(x) - \lambda x u_1''(x)]}{u_1''(x) + \lambda^2 u_2''(\lambda x)}.
\end{gathered} \tag{10}$$

Из этих равенств видно, что $y(\lambda)$ и $\text{Э}_2(\lambda)$ растут по λ во всех случаях, а знак $p'(\lambda)$ и $\text{Э}_1'(\lambda)$ определяется знаком $x'(\lambda)$.

Объем выпуска у потребителя $y(\lambda) = \lambda x(\lambda)$ ограничен при всех λ. Действительно, максимум функции $\pi y - u_1(y/\lambda) - u_2(y)$ лежит левее нуля функции $\pi y - u_2(y)$, который не зависит от λ. Следовательно, при больших λ спрос на продукцию поставщика будет падать при увеличении λ и соответственно уменьшаться эффект и цена на его продукцию.

В качестве иллюстрации рассмотрим пример. Пусть $u_1(x) = ax^2/2$ и $u_2(y) = by^2/2$. Тогда (7) примет вид $\pi\lambda = ax + bx\lambda^2$. Отсюда $x(\lambda) = \pi\lambda/(a + b\lambda^2)$. Максимальное значение $x(\lambda)$ принимает при $\lambda = \lambda^0 = \sqrt{a/b}$, определенном пороговом коэффициенте ресурсоотдачи. Для $\lambda < \lambda^0$ НТП, выражающийся в данном случае в повышении указанного коэффициента, положительно сказывается на всех участниках производственного процесса. При этом можно говорить о ресурсововлекающем техническом прогрессе. Поставщик в такой ситуации вследствие произведенной потребителем инновации улучшает свое экономическое положение. Графики зависимостей $x(\lambda)$, $p(\lambda)$, $\text{Э}_1(\lambda)$ и $\text{Э}_2(\lambda)$ для рассмотренного примера изображены на рис. 3.

Насколько общий характер имеют результаты приведенного примера? Точнее, обязательно ли существует единственное пороговое значение λ^0, за которым НТП является ресурсосберегающим? Ответ на этот вопрос оказывается отрицательным.

Сначала возьмем числовой пример. Пусть $u_1(x) = x^2/2$, $u_2(y) = y^4/16 - 2y^3/3 + 11/4y^2$, $\pi = 6$. Функция затрат $u_2(y)$ выбрана так, что необходимые условия $u_2'(y) > 0$ и $u_2''(y) > 0\ \forall y > 0$. Кроме того, $u_2'(y) + yu_2''(y) = y^3 - 6y^2 + 11y$. Следовательно, $x'(\lambda)$ будет обращаться в нуль при значениях y, удовлетворяющих (см. (9)) уравнению $y^3 - 6y^2 + 11y - 6 = 0$, которое имеет три корня $y_1 = 1$, $y_2 = 2$, $y_3 = 3$. Теперь, подставляя их последовательно в (7), можно найти критические значения $\hat{\lambda}$ и $\hat{x}(\hat{\lambda})$.

Например, при $y=\lambda x=1$ (7) примет вид

$$6\lambda=x+\lambda[1/4-2+11/2], \text{ или } 2{,}25\lambda=x.$$

Поскольку $x\lambda=1$, то $\hat{\lambda}_1=2/3$ и $\hat{x}(2/3)=3/2$. Аналогично, при $y=2$ получим $\hat{\lambda}_2=\sqrt{2}$, $\hat{x}(\sqrt{2})=\sqrt{2}$. И наконец, при $y=3$ $\hat{\lambda}_3=2$, $\hat{x}(2)=3/2$.

Таким образом, пока $\hat{\lambda}_1$ не достигнуто, $x(\lambda)$ возрастает до 3/2. Затем происходит снижение $x(\lambda)$, если $\lambda<\sqrt{2}$, до $\hat{x}=\sqrt{2}$. Далее снова наступает фаза роста, которая после $\lambda_3=2$ сменяется фазой падения $x(\lambda)$ до нуля (см. рис. 4).

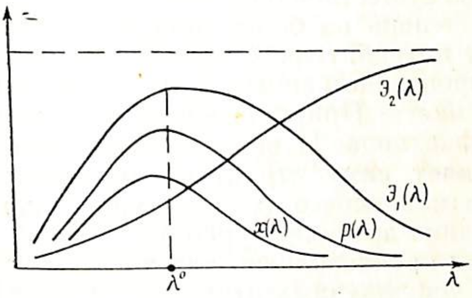

Рис. 3

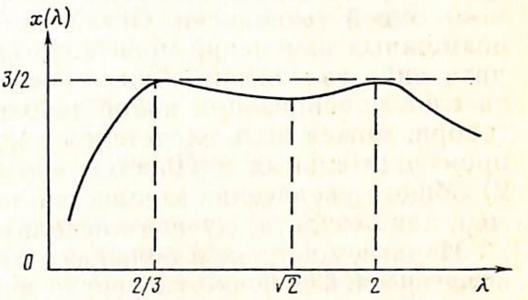

Рис. 4

Может показаться, что приведенный пример носит несколько искусственный характер и плохо проясняет ситуацию в целом. Однако это не так. Если переписать числитель (9) в виде $\pi-(yu_2'(y))'$, то ясно, что возможность его обращения в нуль более чем один раз определяется поведением функции линеаризованных (мгновенных) затрат $yu_2'(y)$. Выше как раз и рассмотрен тот случай, когда эта функция не является выпуклой. Соответственно и ее производная оказывается немонотонной. Следовательно, вообще фаз подъема и снижения спроса на продукцию поставщика может быть несколько.

Представляет интерес, на наш взгляд, более детальное выяснение факторов, определяющих поведение функций затрат. Получим эти функции из более общей модели, когда поставщик и потребитель в процессе производства используют кроме промежуточных продуктов и другие ресурсы, как внутренние для каждого звена системы, так и экзогенные. Обозначим через z^1, z^2 их наборы соответственно для поставщика и потребителя. Далее предположим, что цены на эти ресурсы фиксированы и технологические множества, которые характеризуют связи между возможными объемами выпуска и затрат ресурсов, описываемые ПФ, определены. Тогда задача «оптимального» функционирования комплекса имеет вид

$$\pi y - r^1z^1 - r^2z^2 \to \max_{x,y,z^1,z^2} \tag{11}$$

при

$$x\leqslant F^1(z^1), \tag{12}$$

$$y\leqslant F^2(x, z^2), \tag{13}$$

где r^i — цены на ресурсы; z^i, F^i — ПФ.

Обозначив $u^1(x)=\min\limits_{z^1} r^1z^1$ при условии $x\leqslant F^1(z^1)$ и $u^2(x, y)=\min\limits_{z^2}$ при $y\leqslant F^2(x, z^2)$, представим эту задачу в форме, близкой к основной — (1)—(2). В общем случае функция затрат потребителя определена не при всех возможных комбинациях выпусков поставщика и потребителя. Это существенно зависит от пределов замещаемости промежуточного продукта прочими ресурсами, используемыми в процессе производства. Для монономенклатурного производства введем функцию

$$\varphi(x)=\max_{z^2} F(x, z^2),$$

которая отражает максимальный выпуск у потребителя при объеме поставки x. Функция затрат $u^2(x, y)$ определена, если только $y \leqslant \varphi(x)$. Для унификации можно считать, что в противном случае $u^2(x, y) = \infty$. Если $f^2(x, z^2)$ имеет вид леонтьевской функции, т. е. $f^2(x, z^2) = \min[f^1(x), f^2(z)]$ (промежуточный продукт и прочие ресурсы не взаимозаменяемы), то $\varphi(x) = f^1(x)$. Таким образом, задача (11)—(13) эквивалентна (1)—(2).

Добавим, что в качестве ресурса может рассматриваться и труд, измеренный, например, в человеко-часах. В краткосрочном аспекте допустимо считать ставки оплаты труда фиксированными и включать затраты труда в стоимостном выражении в функцию затрат.

Ситуация изменения коэффициента ресурсоотдачи у потребителя по существу эквивалентна предположению существования (или использования) одной технологии. Остановимся теперь на более общем описании возможных изменений производства у потребителя. Они могут происходить либо вследствие общего роста производственных мощностей, либо за счет модернизации какой-либо их части. Прирост мощностей, грубо говоря, может быть следствием двух факторов: 1) ввода новых, высокопроизводительных мощностей, что меняет саму структуру мощностей; 2) общего увеличения мощностей, не изменяющего их структуру (например, как результат лучшего использования других ресурсов).

Излагаемое ниже в большей степени предназначено для анализа технологической цепочки на уровне двух сопряженных отраслей. Опираясь на оптимизационный подход к построению ПФ, в [6] показано, что при введении малой новой мощности максимальной производительности происходит деформация ПФ. С точностью до малого второго порядка эта деформация описывается как $f(x) \to f(x) + \alpha[1 - f'(x)/f'(0)]$, где α — достаточно мало; $f'(0)$ — ограничено. Когда структура мощностей по ресурсоемкости не меняется, а увеличивается общий объем мощности, деформация ПФ задается формулой $f(x) \to f(x) + \alpha[f(x) - xf'(x)]$.

Деформация первого типа переводит класс ПФ вида $f(x) = Q[1 - e^{-\gamma x}]$ в себя, точнее, $Q[1 - e^{-\gamma x}] \to (Q + \alpha)[1 - e^{-\gamma x}]$. Аналогично функции вида Qx^a, $\alpha < 1$, переходят при деформации второго типа в функции того же вида, а именно $Qx^a \to (Q + \alpha - \alpha a)x^a$.

Обратимся теперь к модели (1)—(2) и рассмотрим, как изменятся ее основные выходные данные, т. е. x^*, y^*, $Э_1^*$ и $Э_2^*$, при деформации первого типа (при вводе у потребителя более производительных мощностей). Анализ проведем для $f(x) = Q[1 - e^{-\gamma x}]$. Параметр Q можно интерпретировать как максимально возможный выпуск у потребителя. Поскольку за счет введения новых, наиболее эффективных мощностей Q несколько увеличивается, деформация первого типа описывается ростом Q. Проследим, как x^* — оптимальный выпуск у поставщика зависит от Q. Так как речь идет лишь о малых изменениях Q, в действительности интерес представляет только знак производной dx^*/dQ. Для определения его подставим в (7) $f = Q[1 - e^{-\gamma x}]$ и для простоты положим $u_1(x) = ax$ и $u_2(y) = by^2$. Кроме всего прочего предполагается выполненным условие $\pi Q y > a$. Тогда можно показать, что $z = e^{-\gamma x^*}$ удовлетворяет уравнению

$$z^2 + (\pi/bQ - 1)z - a/(bQ^2 y) = 0.$$

Когда Q изменяется от минимально допустимого значения $a/\gamma\pi$ до бесконечности $z(Q)$, положительный корень (7) сначала убывает от предельного значения 1, а затем снова возрастает и стремится к единице. Это эквивалентно тому, что $x^*(Q)$ возрастает от нуля при небольших Q и убывает при $Q > Q^* = (\gamma\pi^2 + 4ab)/(2\pi b y)$.

Таким образом, анализ показывает, что влияние технологических сдвигов на функционирование цепочки неоднозначно. В определенных ситуациях оно может вызывать негативные последствия, которые отразятся на предшествующих звеньях. Действительно, если технологический сдвиг у некоторого потребителя вызовет падение спроса на продукцию поставщика, то это в свою очередь скажется на всех предыдущих звеньях, приводя к уменьшению спроса в них. Напротив, для последующих звеньев воздействие позитивно.

Чтобы проследить, каким образом оно проявляется, рассмотрим цепочку из трех звеньев. Пусть x, y, z — выпуски первого, второго и третьего (конечного) звеньев цепочки; $u_i(\cdot)$ — функции затрат; π — цена единицы конечной продукции; λ_1 и λ_2 — коэффициенты ресурсоемкости для второго и третьего звеньев. В этих обозначениях эффект комплекса соответствует $Э=\pi z-u_1(x)-u_2(y)-u_3(z)$ при $y\leqslant\lambda_1 x$ и $z\leqslant\lambda_2 y$.

Как и ранее, в оптимальном решении для комплекса имеем $z^*=\lambda_2 y^*=\lambda_1\lambda_2 x^*$. Цена на продукцию второго звена $p_y^*=u_1'(x^*)/\lambda_2+u_2'(\lambda_1 x^*)$, или $p_y^*=\pi\lambda_2-\lambda_2 u_3'(\lambda_1\lambda_2 x^*)$.

Эквивалентность этих равенств следует из условия первого порядка для задачи максимизации совокупного эффекта комплекса. Затем прямым счетом проверяется справедливость формулы, определяющей зависимость эффекта конечного звена от параметра λ_1.

Если $Э_3^*=\pi z^*-p_y^* y^*-u_3(z^*)$, то $\partial Э_3^*/\partial\lambda_1=-\partial p_y^*/\partial\lambda_1\lambda_1 x$.

Но из второго равенства для p_{y^*} вытекает, что

$$\partial p_y^*/\partial\lambda_1=-\lambda_2 u_3''(z^*)\,[x^*-\lambda_1\partial x^*/\partial\lambda_1].$$

Поскольку снова прямым счетом легко проверяется, что выпуск второго звена растет при увеличении λ_1, то выражение в квадратных скобках положительно и, следовательно, цена на продукцию второго звена падает. А это в свою очередь влечет за собой положительность $\partial Э_3^*/\partial\lambda_1$.

Итак, в состоянии равновесия возрастание λ_1 (экономия ресурсов во втором звене) может привести либо к снижению цен на первый промежуточный продукт и соответственно к падению спроса на него, либо к повышению цены и спроса. При этом независимо от характера таких изменений цена на второй промежуточный продукт должна уменьшаться и тем самым стимулировать больший выпуск конечного продукта. Если же внедрение новшества не будет сопровождаться соответствующим изменением цен, то технологическая цепочка разбалансируется. При сохранении цен второе звено либо станет испытывать недостаток сырья, получаемого от первого производителя, либо будет вынуждено отказываться от него. Если же уровень поставки не изменится, второе звено не сможет реализовать дополнительную продукцию, произведенную за счет экономии сырья. Таким образом, реализация технического новшества тесно связана с гибкостью системы ценообразования.

Еще одно важное обстоятельство. Если цепочка находилась в состоянии равновесия, то небольшое изменение технологических характеристик приведет к временному отклонению от него. В обе стороны от узла, в котором произошло изменение, пойдет «волна» расхождений между спросом и предложением, порождающая сложный динамический процесс. При надлежащем механизме использования информации и корректировки цен рано или поздно цепочка вновь перейдет в равновесие при большем уровне производства конечного продукта. Аналитическое и компьютерное исследование происходящих процессов и оценка времени релаксации представляют, на наш взгляд, серьезный интерес.

Естественно, что проведенный анализ базировался на упрощающих предположениях, одно из которых (быть может, самое существенное) заключается в том, что рассматривалась изолированная технологическая цепочка. В реальности неизбежны разветвления. Однако подобный анализ применим и для этого случая. Важными, на наш взгляд, являются следующие постановки.

Имеются один поставщик и несколько потребителей. Один из них за счет нововведения нашел способ лучше использовать получаемое сырье. Каким образом это скажется на остальных потребителях? Вынуждены ли они заимствовать (имитировать) нововведение? Другая важная постановка связана с возможностями применения различных видов сырья для производства одного и того же конечного продукта. Например, существует несколько принципиально разных способов производства электроэнергии (на угле, мазуте, ядерном топливе и т. д.). Как проявится эффект замещения при усовершенствовании одной из технологий?

Иной круг вопросов касается анализа технологических сдвигов, деформирующих функции затрат. Например, поставщик или потребитель нашел способ снижения ресурсоемкости своей продукции по отношению к прочим ресурсам. Каким образом должен перераспределяться возникающий дополнительный эффект? Это особенно важно в связи с внутренним хозрасчетом. Его организация на предприятии предусматривает введение правил и нормативов распределения эффекта (прибыли или фонда заработной платы). Изменения технологических условий производства вследствие экзогенных и эндогенных возмущений требуют корректировок в распределении эффекта. Изучение влияния указанных возмущений в простых теоретических схемах позволяет выявить по крайней мере направления таких корректировок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Петраков Н. Я., Поманский А. Б.* Модель согласования интересов производителей и потребителей в системе хозяйственных связей//Экономика и мат. методы. 1980. Т. XVI. Вып. 1.
2. *Волконский В. А., Кузовкин А. И., Поманский А. Б.* Об определении дифференцированных по времени тарифов на энергию и услуги//Экономика и мат. методы. 1986. Т. XXII. Вып. 1.
3. *Поманский А. Б.* Декомпозиционный подход к анализу технологической цепочки// Вопросы экономико-математического моделирования механизмов функционирования социалистического предприятия. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1986.
4. *Поманский А. Б., Трофимов Г. Ю.* Динамическое агрегирование в моделях распределения ресурсов//Экономика и мат. методы. 1989. Т. XXV. Вып. 6.
5. *Frish R.* Theory of Production. Princeton-Hall, 1961.
6. *Поманский А. Б.* Моделирование механизмов управления производственными системами: структурно-динамический подход. Дис. ... д-ра экон. наук. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1989.

Поступила в редакцию
22 XI 1989