ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ 1990 Том 26, вып. 4

ЛОКАЛИЗОВАННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ

Поманский А. Б., Трофимов Г. Ю.

(Москва)

В статье рассматривается локализованный прогресс в монопродуктовой отрасли. Описываются деформации производственной функции, происходящие при локализованном сдвиге структуры мощностей отрасли. Предлагается способ аналитической аппроксимации возникающих деформаций и строятся долгосрочные производственные функции.

Традиционный подход к описанию технологических сдвигов (ТС) базируется на концепции производственной функции (ПФ), включающей время в качестве одного из независимых аргументов. Вводя те или иные ее деформации, исследователи принимают в качестве гипотезы некоторый (нейтральный или ненейтральный) тип технического прогресса. Сравнение расчетов, полученных на основе подобной гипотетической модели, с реальными данными позволяет сделать вывод о соответствии принятой гипотезы реальным связям в рассматриваемой производственной системе.

Данный подход не принимает во внимание два существенных обстоятельства. Во-первых, тип ТС определяется не только изменением общих условий производства, в равной мере затрагивающих все элементы данной системы, но и структурными сдвигами, которые осуществляются в ней. Во-вторых, сами эти сдвиги могут носить локализованный характер, т. е. распространяться лишь на отдельные элементы производственной системы.

Впервые идея локализованных ТС была сформулирована в [1]. Авторы ставят под сомнение традиционный взгляд на технический прогресс, игнорировавший такую его черту, как неравномерность. Исходя из этого, они предлагают принципиально иную картину реализации нововведений. Деформации ПФ не являются глобальными, а относятся лишь к какой-то конкретной технологии. Для иллюстрации своей точки зрения в [1] предлагается графическая картина локализованного сдвига (рис. 1). На этом рисунке y — производительность труда, k — фондовооруженность, $y=f(k)$ — ПФ. Локальная деформация ПФ представлена пунктирной линией.

Фактически та же позиция относительно характера технологических изменений изложена в [2], где рассматривается эволюция нововведений.

В данной статье понятие локализованного технического прогресса изучается с более традиционных, устоявшихся представлений в отличие от [2] или работ представителей неошумпетерианского направления (например, [3]). В них ставится под сомнение не только большинство поведенческих постулатов классической теории, но и правомерность использования ПФ как инструмента теоретического анализа.

Предлагаемое ниже исследование опирается на концепцию краткосрочной отраслевой ПФ, разработанную в [4]. При этом предполагается, что в основе локализованного сдвига ПФ лежит локальная деформация функции плотности распределения мощностей отрасли по технологическим способам. Иначе говоря, исследуется локальное изменение в структуре производственных мощностей отрасли. Найденные деформации ПФ отличаются от той картины, которая предполагалась в [1, 2], поскольку различны концептуальные представления о ПФ, используемые здесь, и неявно принимаемые авторами [1, 2].

В статье изучается деформация ПФ для локализованного сдвига, определяемого увеличением наиболее эффективных мощностей; вводится ПФ, аппроксимирующая такую деформацию. Далее находится ПФ, инвариантная относительно рассматриваемого сдвига, и строится долгосрочная отраслевая ПФ.

Приведенный ниже анализ ограничивается лишь наиболее простым случаем — монопродуктовой и моноресурсной отрасли. Однако, основные его идеи и результаты могут применяться и в более общих ситуациях.

Описание локализованных технологических сдвигов и деформаций производственных функций. Рассмотрим отрасль, включающую предприятия с различным уровнем эффективности технологий. Если в качестве измерителя этой эффективности выбрана, например, производительность труда, то соответствующий разброс предприятий характеризуется функцией плотности распределения мощностей по величине удельных трудозатрат ξ—$p_0(\xi)$.

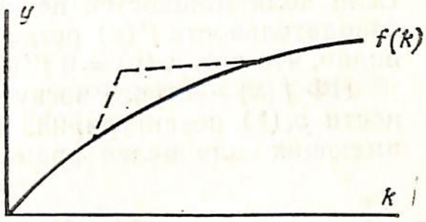

Рис. 1

Для заданной функции плотности распределения мощностей $p_0(\xi)$ может быть построена краткосрочная отраслевая ПФ $f(x)$, где x — общие затраты труда. Согласно подходу, разработанному Л. Йохансеном [4], $f(x)$ определяется как решение задачи на максимум суммарного выпуска

$$f(x) = \max m \int_0^\infty p_0(\xi)\, u(\xi)\, d\xi, \tag{1}$$

$$m \int_0^\infty \xi p_0(\xi)\, u(\xi)\, d\xi \leqslant x, \tag{2}$$

$$0 \leqslant u(\xi) \leqslant 1, \tag{3}$$

где $u(\xi)$ — интенсивность загрузки мощностей с трудоемкостью ξ; m — предельно возможный выпуск в отрасли: $m = \lim\limits_{x\to\infty} f(x)$. В дальнейшем m интерпретируется как общая производственная мощность в отрасли.

Легко видеть, что построенная на основе (1) — (3) ПФ $f(x)$ является функцией с насыщением: $f(x) \leqslant m \forall x$. Причем если средняя трудоемкость по отрасли конечна, т. е. $\int_0^\infty \xi p(\xi)\, d\xi < \infty$, то насыщение ПФ достигается при конечном значении ресурса.

Таким образом, краткосрочная ПФ отрасли выражает зависимость между максимально возможным выпуском и общеотраслевым объемом трудовых ресурсов. Решения задачи (1) — (3) имеют достаточно простую структуру. Если объем ресурса в отрасли равен x, то с единичной интенсивностью в оптимальном плане используются технологии, для которых $v \leqslant \xi \leqslant R(x)$, где $R(x)$ — трудоемкость предельной технологии, вошедшей в оптимальный план; v — удельные трудозатраты наиболее эффективной из существующих технологий: $v = \inf\{\xi\colon p(\xi) > 0\}$. Если же $\xi > R(x)$, то соответствующая технология не применяется, $u(\xi) = 0$. Отсюда следует, что ПФ $f(x)$ может быть выражена в неявном виде через соотношения [4, 5]

$$f(x) = m \int_v^{R(x)} p_0(\xi)\, d\xi, \tag{4}$$

$$m \int_v^{R(x)} \xi p_0(\xi)\, d\xi = x. \tag{5}$$

ПФ $f(x)$ является непрерывно дифференцируемой, если область значений аргумента функции плотности $p_0(\xi)$, для которых $p(\xi)>0$,— связное множество. Будем считать, что данное свойство функции плотности выполнено.

Дифференцируя (4) и (5) по x, имеем

$$f'(x)=mR'(x)p_0(R(x)), \tag{6}$$

$$mR'(x)R(x)p_0(R(x))=1, \tag{7}$$

откуда

$$f'(x)=1/R(x). \tag{8}$$

Смысл (8) очевиден: предельная производительность труда в масштабах отрасли равна производительности труда, соответствующей предельному технологическому способу, вошедшему в оптимальный план. Если доля мощностей передовых технологий мала, то предельная производительность $f'(x)$ резко падает с ростом x. В частности, из (6)—(7) видно, что при $p_0(v)=0$ $f''(0)=-\infty$.

ПФ $f(x)$ — строго вогнутая, если соответствующая ей функция плотности $p_0(\xi)$ несингулярна. Чтобы избежать технических трудностей, не имеющих для целей нашего анализа существенного значения, будем предполагать непрерывную дифференцируемость функции плотности $p_0(\xi)$. Это предположение гарантирует существование третьей производной у $f(x)$, которое нам потребуется в дальнейшем.

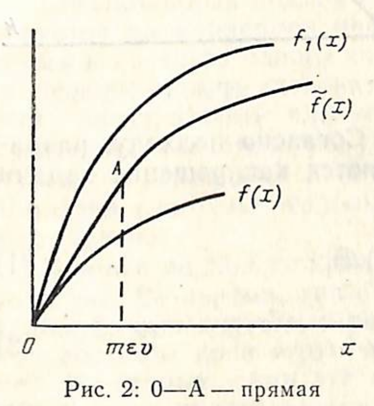

Рис. 2: 0—А — прямая

Описание локализованного структурного сдвига и деформация ПФ. Предполагаемый подход к моделированию локализованного сдвига в структуре мощностей заключается в следующем. Считается, что увеличивается производственная мощность какого-то микрообъекта, использующего технологический способ с коэффициентом трудозатрат ξ_0. При этом данное увеличение настолько существенно, что способно привести к изменению оптимальной программы отраслевого выпуска, т. е. к изменению функции интенсивности $u(\xi)$. Происходящее перераспределение ресурсов считается сопоставимым с общим объемом используемых ресурсов x, хотя оно может приниматься достаточно малым по сравнению с x.

Такого рода изменения в структуре мощностей отрасли удается описать, переходя от несингулярной функции плотности к сингулярной [5]. Последняя может быть выражена соотношением

$$\widetilde{p}(\xi)=[p_0(\xi)+\varepsilon\delta(\xi-\xi_0)]/1+\varepsilon, \tag{9}$$

где ε — константа, $0<\varepsilon<1$; $\delta(\xi-\xi_0)$ — дельта-функция ($\delta(\xi-\xi_0)=0$ для $\xi\neq\xi_0$, $\int_0^\infty \delta(\xi-\xi_0)\,d\xi=1$). Величина $1/1+\varepsilon$ представляет собой нормировочный множитель. Если увеличение мощности незначительно по сравнению с общеотраслевой мощностью m, то $\varepsilon\ll 1$.

Ниже рассматривается наиболее простой случай локализованного технологического сдвига, когда происходит увеличение мощности на объектах, использующих самый эффективный из существующих технологических способов (с минимальными трудозатратами). Иначе говоря, считается, что $\xi_0=v$ и при этом $v>0$.

В результате такого сдвига происходит деформация ПФ $f(x)$

$$\widetilde{f}(x)=\begin{cases} x/v, & x\leqslant m\varepsilon v, \\ f(x-m\varepsilon v)+\varepsilon m, & x>m\varepsilon v, \end{cases} \tag{10}$$

где $\widetilde{f}(x)$ — ПФ, соответствующая функции плотности $\widetilde{p}_1(\xi)$; $\widetilde{f}(x)$ — непрерывно дифференцируемая, однако уже не строго вогнутая: на интервале $[0;\ m\varepsilon v]$ она линейна (см. рис. 2). Функции $\tilde{f}(x)$ и $f(x)$ имеют одинаковый угол в точке 0: $\tilde{f}'(0)=f'(0)=1/v$.

Экономический смысл (10) — следующий: при малом значении ресурса «заполняется» новая, наиболее эффективная мощность; далее, с увеличением x сверх предельного значения $m\varepsilon v$ в оптимальный план отрасли включаются менее эффективные технологии аналогично решению задачи (1)—(3).

Утверждение 1. *Пусть $p(v)>0$. Тогда ПФ (10) может быть аппроксимирована с точностью до ε^2 функцией*

$$f_1(x)=f(x)+\varepsilon m(1-vf'(x)). \tag{11}$$

Доказательство.

Для $x>\varepsilon mv=x^*$ имеем разложение $\tilde{f}(x)$

$$f(x-\varepsilon mv)+\varepsilon m=f(x)-\varepsilon mvf'(x)+\varepsilon m+o(\varepsilon)=$$
$$=f(x)+\varepsilon m(1-f'(x)v)+o(\varepsilon).$$

Для $x\leqslant x^*$ близость функций $f_1(x)$ и $\tilde{f}(x)$ устанавливается следующим образом. Перепишем $\Phi(x)=f_1(x)-x/v$ в виде

$$\Phi(x)=f(x)-f'(0)x+\varepsilon m(f'(0)-f'(x))/f'(0)$$

или, используя теорему о среднем,—

$$\Phi(x)=f(x)-f'(0)x+\varepsilon mxf''(\theta)/f'(0),$$

где $0\leqslant\theta\leqslant x$.

Поскольку $p(v)>0$, разность между первыми двумя членами в выражении для $\Phi(x)$ есть $O(x^2)$ в силу существования и ограниченности второй производной у $f(x)$; третий член — $O(\varepsilon mx)$. Условие $x<x^*$ обеспечивает близость $\Phi(x)$ нулю с точностью до малых второго порядка.

Аппроксимация (11) более удобна для анализа свойств локализованных структурных сдвигов, чем деформация ПФ $f(x)$, выраженная в виде (10).

Значение производной функции $f_1(x)$ в каждой точке x больше производной исходной функции $f(x)$: $f_1'(x)=f'(x)-\varepsilon vmf''(x)>f'(x)$. В частности, функции $f_1(x)$ соответствует наиболее эффективная технология с коэффициентом трудозатрат, меньшим, чем v: $f_1'(0)>f'(0)=1/v$. По мере увеличения $x f_1'(x)$ сходится к $f'(x)$. Это следует из строгой вогнутости исходной функции $f(x)$.

Для строгой вогнутости $f_1(x)$ достаточно, чтобы $f'''(x)>0$. Данное условие может быть объяснено с точки зрения рассматриваемой концепции ПФ. Обозначим $e(\xi)=p_0'(\xi)\xi/p_0(\xi)$ — эластичность функции плотности распределения мощностей в точке ξ.

Утверждение 2. $f'''(x)>0$ *тогда и только тогда, когда*

$$e(\xi)>-3. \tag{12}$$

Доказательство. Продифференцируем дважды обе части равенства (8)

$$f'''(x)=[-R''(x)R(x)^2+2R(x)\,(R'(x))^2]/R(x)^4 \tag{13}$$

Из (7) следует, что

$$R''(x)R(x)p_0(R(x))+(R'(x))^2p_0(R(x))+(R'(x))^2R(x)\cdot$$
$$\cdot p_0'(R(x))=0. \tag{14}$$

Подставляя (14) в (13), имеем

$$f'''(x)=\frac{(R'(x))^2}{R(x)^3}\left(3+\frac{p_0'(R(x))\,R(x)}{p_0(R(x))}\right).$$

Следовательно, $f'''(x)>0$ тогда и только тогда, когда $e(\xi)>-3$.

Утверждение 2 следует понимать в том смысле, что для вогнутости ПФ $f_1(x)$ достаточно, чтобы исходная функция плотности $p_0(\xi)$ не имела участков резкого падения. Напротив, интервалы быстрого увеличения функции $p_0(\xi)$ являются вполне допустимыми. На рис. 3 представлены примеры допустимой (рис. 3, *а*) и недопустимой (рис. 3, *б*) формы функции плотности с точки зрения условия вогнутости.

Тип унимодальной плотности $p_0(\xi)$ с левой ассимметрией, изображенный на рис. 3, *а*, в большей мере соответствует реальным процессам формирования отраслевой структуры мощностей, чем тип с правой асимметрией (рис. 3, *б*). Резкое возрастание функции плотности при малых ξ отражает воздействие процессов инновации, тогда как относительно плавное убывание функции $p_0(\xi)$ может быть объяснено влиянием процессов имитации нововведений [3], а также старением и выбытием действующих мощностей.

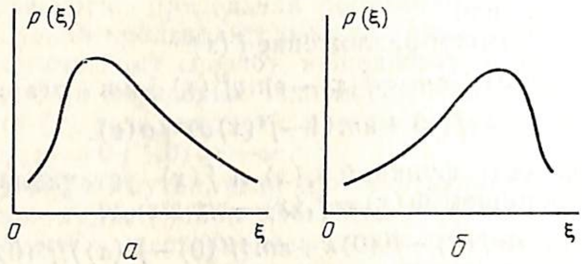

Рис. 3

Все это позволяет считать ограничение (12) на эластичность плотности $p_0(\xi)$ достаточно естественным. Тем не менее представляет интерес эмпирическая проверка данного условия на основе реальных данных.

Вогнутость функции $f_1(x)$, аппроксимирующей деформацию (10) исходной ПФ $f(x)$, имеет содержательный смысл. А именно, факт вогнутости $f_1(x)$ позволяет утверждать, что рассматриваемая деформация $\tilde{f}(x)$ может быть аппроксимирована функцией, являющейся решением задачи (1)—(3) на максимум отраслевого выпуска с несингулярной функцией плотности $p_1(\xi)$. Последняя представляет собой некоторую деформацию исходной плотности $p(\xi)$. В соответствии с данной деформацией происходит, в частности, уменьшение значения v. Для $p_1(\xi)$ $v_1 = \inf\{\xi\colon p_1(\xi) > 0\}$ меньше, чем v, так как $f_1'(0) > f'(0)$. Это в свою очередь означает, что рассматриваемая форма структурного сдвига, выражаемая соотношением (9), с определенной степенью точности эквивалентна сдвигу в структуре мощностей $p(\xi) \to p_1(\xi)$, при котором: а) отсутствуют сингулярные возмущения вида $\varepsilon\delta(\xi - \xi_0)$; б) происходит изменение (уменьшение) минимального коэффициента ресурсоемкости; означающее вовлечение в производство технологий более эффективных, чем существующие.

Следующий пример иллюстрирует приведенные выше результаты.

Пример экспоненциальной производственной функции. Рассмотрим ПФ вида

$$f(x) = m(1 - e^{-\gamma x}), \tag{15}$$

где $m = \lim\limits_{x\to\infty} f(x)$ — величина мощности; γ — параметр, отражающий эффективность передовой технологии: $f'(0) = m\gamma = 1/v$.

Функция плотности распределения мощностей, соответствующая ПФ (15), имеет вид

$$p_0(\xi) = \begin{cases} 0, & \xi < 1/m\gamma, \\ 1/m\gamma\xi^2, & \xi \geqslant 1/m\gamma. \end{cases}$$

В результате возникновения новой мощности, соответствующей наиболее эффективной технологии, ПФ (15) претерпевает деформацию, которая аппроксимируется функцией

$$f_1(x) = m(1+\varepsilon)(1 - e^{-\gamma x}), \tag{16}$$

где $m\varepsilon$ — величина новой мощности.

Таким образом, действие структурного сдвига в этом случае оставляет неизменным вид экспоненциальной ПФ (15), увеличивая лишь значение параметра мощности m. Поэтому функция (15) может быть определена как ПФ, инвариантная относительно рассматриваемого структурного сдвига. Решая уравнение $f(x)+\varepsilon[1-vf'(x)]=\lambda f(x)$, легко показать, что функции типа (16) образуют класс инвариантных (относительно исследуемых сдвигов) ПФ.

Функция (16) является строго вогнутой, она и ее прообраз (15) имеют положительную третью производную. Эластичность функции плотности распределения мощностей удовлетворяет ограничению (12):

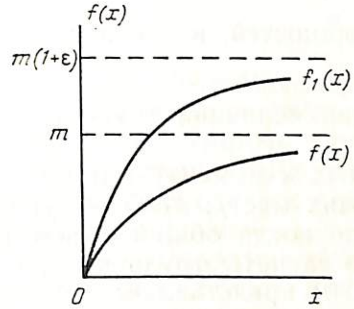

Рис. 4

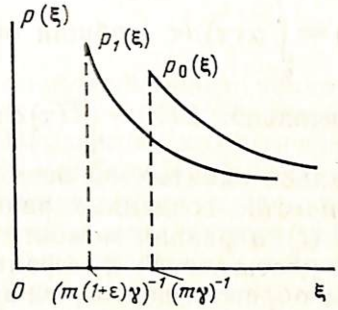

Рис. 5

$e(\xi)=-2$ для $\xi\geqslant 1/m\gamma$. Производственной функции (16), аппроксимирующей структурный сдвиг, соответствует функция плотности

$$p_1(\xi)=\begin{cases}0, & \xi<1/m(1+\varepsilon)\gamma,\\ 1/m(1+\varepsilon)\gamma\xi^2, & \xi\geqslant 1/m(1+\varepsilon)\gamma.\end{cases}$$

На рис. 4 изображена деформация ПФ (15), а на рис. 5 — деформация соответствующей функции плотности.

В данном случае деформация функции плотности выражается в сдвиге влево и одновременном пропорциональном уменьшении исходной плотности $p_0(\xi)$.

Построение долгосрочной производственной функции отрасли, отвечающей локализованному структурному сдвигу. Рассмотренные выше деформации ПФ могут быть представлены в виде долгосрочной ПФ $f(x, t)$, включающей время t в качестве независимой переменной.

Предположим, что в каждый момент времени увеличивается наиболее эффективная из действующих мощностей. Прирост мощности является экзогенной функцией времени $\alpha(t)$. Значение наименьшего коэффициента трудоемкости $v(t)$ — также экзогенная функция времени. Кроме того, в отрасль в каждый момент времени t поступает поток дополнительных трудовых ресурсов $e(t)$, направляемых на обслуживание новых мощностей.

Обратимся к формуле (11), приближенно описывающей рассматриваемую деформацию. Переходя к непрерывному времени, можно представить соотношение (11) в виде уравнения в частных производных первого порядка

$$f_t'(x,t)=\alpha(t)(1-f_x'(x,t)\,v(t)). \tag{17}$$

Экзогенная переменная $v(t)$ — наименьший коэффициент трудоемкости, должна удовлетворять условию оптимальности

$$v(t)=1/f_x'(0,t), \tag{18}$$

которое является граничным условием на производную функции $f(x, t)$.

Специфика уравнения (17) состоит в том, что оно включает экзогенную переменную $v(t)$, связанную с граничным условием (18). Чтобы избежать затруднений, вызванных такой специфической формой данного уравнения, воспользуемся принятым предположением об экзогенном характере притока трудовых ресурсов в отрасль $l(t)$. Тогда в каждый момент t должно быть выполнено соотношение

$$\alpha(t)v(t)=l(t). \tag{19}$$

Это означает, что изменение переменных $\alpha(t)$, $v(t)$ и $l(t)$ происходит взаимосогласованно. А именно, поток трудовых ресурсов $l(t)$ регулируется таким образом, чтобы в точности соответствовать требованию полного использования вводимых мощностей.

Общее решение уравнения (17) имеет вид

$$f(x, t)=m(t)-m(z(L(t)-x)), \tag{20}$$

где $m(t)=\int_0^t \alpha(\tau)d\tau$ — общий объем мощностей, введенных до момента t включительно: $L(t)=\int_0^t l(\tau)d\tau$ — общая величина трудовых ресурсов, потенциально занятых на всех введенных к моменту t мощностях (общее количество созданных ранее рабочих мест); $z(N)$ — функция, обратная $L(t)$ и равная моменту времени, когда общий объем трудовых ресурсов достигает N; x — фактические затраты труда в отрасли.

Таким образом, долгосрочная ПФ (20) представляет собой разность между текущей суммарной мощностью (максимально возможным выпуском отрасли при $x\to\infty$) и мощностью, приходившейся на момент времени (в прошлом), когда трудовые ресурсы отрасли составляли $L(t)-x$, т. е. равнялись количеству ресурсов, которые оказались неиспользованными в момент t.

Поскольку функция $z(N)$ задана только при неотрицательных значениях аргумента, постольку ПФ (20) определена только для $x\leqslant L(t)$. Для $x=L(t)$ принимается $z(0)=0$. В этом случае в момент t используются все потенциальные ресурсы труда, имеющиеся в отрасли. При этом $f(x, t)=m(t)$, т. е. производственные мощности загружены полностью.

В частном случае, когда поток дополнительных трудовых ресурсов, поступающих в отрасль, постоянен, т. е. $l(t)=l_0$, решение уравнения (17) выглядит более просто. Функция $z(N)$ — линейная: $z(N)=N/l_0$, а долгосрочная ПФ имеет вид

$$f(x, t)=m(t)-m(t-x/l_0). \tag{21}$$

Как и в общем случае, (21) представляет собой разность между значениями суммарной мощности отрасли в текущий момент t и в момент $t-x/l_0$. Последний соответствует количеству неиспользуемых рабочих мест: l_0t-x.

Примеры долгосрочной отраслевой производственной функции. Рассмотренный подход можно применить для эмпирических исследований динамики отрасли. Если на основе ретроспективных данных может быть найден аналитический вид функций потоков мощностей $\alpha(t)$ и труда $l(t)$, поступающих в данную отрасль, то аналитический вид ПФ определяется непосредственно на основе (20). Конкретные значения параметров ПФ также определяются параметрами функций от времени $\alpha(t)$ и $l(t)$.

Приводимые ниже примеры относятся к частному случаю постоянного притока труда $l(t)=l_0$. Тогда экзогенной переменной, рассчитываемой на базе эмпирической информации, остается поток мощностей $\alpha(t)$.

Пример 1. Неограниченно возрастающий поток мощностей $\alpha(t)=\varepsilon m_0e^{\varepsilon t}$, где ε — величина достаточно малая; m_0 — начальное значение мощности. В этом случае $m(t)=m_0e^{\varepsilon t}$. Экспоненциальному росту мощностей соответствует ПФ $f_1(x, t)=m_0e^{\varepsilon t}(1-e^{-\varepsilon x/l_0})$, которая рассмотрена выше. Для данной функции производительность труда на лучшей технологии растет экспоненциально $(\partial f_1'/\partial x)(0, t)=(m_0\varepsilon/l_0)e^{\varepsilon t}$ и пропорциональна величине суммарной мощности: $f_1'(0, t)=(\varepsilon/l_0)m(t)$.

Пример 2. Поток мощности, растущий с насыщением $\alpha(t)=1-e^{-\varepsilon t}$. Здесь $m_0=0$, $m(t)=t+e^{-\varepsilon t}/\varepsilon$, а ПФ имеет вид $f_2(x, t)=x/l_0+ +(e^{-\varepsilon t}/\varepsilon)(1-e^{\varepsilon x/l_0})$. Производительность труда на лучшей технологич для данной функции $f_2'(0, t)=(1/l_0)(1-e^{-\varepsilon t})=\alpha(t)/l_0$.

При неограниченном увеличении t ПФ $f_2(x, t)\to x/l_0$. Линейная ПФ x/l_0 является стационарным решением уравнения (21) и, возможно, она предельна для тех ПФ, которым соответствует ограниченный рост потока мощности $\alpha(t)$. Подобной сходимости ПФ отвечает сходимость функций плотности к δ-функции: $\delta(\xi-l_0)$, т. е. «свертывание» исходного спектра технологических способов в точечное (сингулярное) распределение.

* * *

Рассмотренные простейшие примеры локализованного технического прогресса позволяют исследовать изменения ПФ «йохансеновского» типа, вызванные структурными сдвигами. Найденные аналитические деформации однофакторной ПФ могут быть обобщены на случаи более сложных структурных сдвигов в распределении производственных мощностей, а также на случаи двух и более производственных факторов. При этом понятие «структурный сдвиг» можно трактовать в достаточно широком смысле и включать изменения функции плотности мощности, соответствующие, например, волновым или диффузионным процессам, а также описание процессов выбытия и старения мощностей. Построение деформаций ПФ, обобщающих различные виды структурных сдвигов, а также инвариантных и долгосрочных ПФ, соответствующих этим деформациям, представляет интерес для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Atkinson A., Stiglitz J.* A New View on Technological Change//Econom. J. 1969. V. 79. № 3.
2. *Сахал Д.* Технический прогресс: концепции, модели, оценки. М.: Финансы и статистика. 1985.
3. *Nelson R., Winter S.* An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge, Mass. 1982.
4. *Johansen L.* Production Functions. Amsterdam. 1972.
5. *Краснощеков П. С., Петров А. А.* Принципы построения моделей. М.: МГУ, 1983.

Поступила в редакцию
13 XI 1989