ЭКОНОМИКА
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

1970
ТОМ VI, ВЫП. 5

ОБ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМАХ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ *

М. КАЛЕЦКИЙ

(Польша)

УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ

1. Имеется замкнутое народное хозяйство, состоящее из отраслей, представляющих различные стадии производства конечного продукта. Для каждой отрасли существует определенный план развития на длительный период 0, T при постоянных темпах прироста r (T одинаково для всех отраслей). Темпы прироста r, как правило, различны для разных отраслей. Кроме того, план предусматривает для каждой отрасли постоянную норму выбытия a: в интервале t, $t + dt$ в результате выбытия старого оборудования, характеризующегося самыми высокими затратами живого труда. Объем производства P_t сокращается на aP_tdt, где P_t — производство данной отрасли в момент t. До модернизации в существующем производственном аппарате не происходит никаких изменений за исключением тех, которые вызваны выбытием старого оборудования. Итак, прирост производства на rP_tdt является результатом нового производства $(r + a)P_tdt$ вследствие капиталовложений и выбытия старого оборудования, сокращающего производственную мощность на aP_tdt.

Общий объем производства на новых мощностях $(r + a)P_t$ может быть достигнут за счет различных вариантов капиталовложений, представляющих различную технику, т. е. за счет различных сочетаний капиталовложений (выраженных в постоянных ценах) и затрат на живой труд (выраженных в постоянных зарплатах). Варианты, из числа которых производится выбор, подвергаются, конечно, изменениям в результате технического прогресса: новые варианты вытесняют старые, которые становятся абсолютно неэффективными, т. е. в которых капиталовложения выше, а затраты живого труда не ниже, чем в других вариантах или наоборот.

В потреблении материалов технический прогресс не учитывается. Сопоставляемые в данный период времени варианты не отличаются друг от друга затратой материалов. Это отвечает предпосылке относительно определенной программы развития всех отраслей, из которых одни производят материалы для других. (Будем считать, что план сбалансирован с точки зрения потребления материалов.) **

Величина капиталовложений, вытекающая из выбора вариантов, будет, как правило, отличаться от производства инвестиционных товаров принятого в исходном плане. Однако мы допустим, что, полностью используя прирост рабочей силы, мы можем произвести необходимые изменения

* Данная статья является попыткой автора рассмотреть один из возможных путей развития теории эффективности капиталовложений и ее применения к решению практических задач.

** Это несовместимо полностью с принятым выше равномерным ростом отдельных отраслей в темпах, которые, как правило, различны. Мы принимаем это как первое приближение к материально сбалансированному плану.

пропорций между капиталовложениями и потреблением, не нарушая серьезно планов развития отдельных отраслей.

2. Обозначим через i_t капиталоемкость производства $(r + a)\, P_t dt$, а трудоемкость через c_t. В момент t отдельные варианты можно представить как различные сочетания i_t, c_t. Пусть самая высокая трудоемкость продукции, производимой на существующем оборудовании, равна x_t, а прирост затрат труда во всей отрасли — $\rho_t P_t dt$. Тогда

$$(r + a) P_t dt \cdot c_t - a P_t dt \cdot x_t = \rho_t P_t dt \tag{1}$$

или

$$P_t c_t dl - a P_t (x_t - c_t)\, dt = \rho P_t dt. \tag{1'}$$

Первый член левой стороны уравнения (1′) представляет затраты на живой труд, которые вместе с соответствующими капиталовложениями позволяют увеличить производство отрасли P_i на $r P_t dt$; второй член представляет экономию затрат на живой труд, достигнутую за счет капиталовложений $a P_t i_t dt$, которые возмещают выбывшие производственные мощности.

Капиталовложения на единицу прироста производства равны i_t $((r + a)\,/\,r)$, а затраты труда во всей отрасли на единицу этого прироста в соответствии (1)

$$\frac{\rho_t}{r} = c_t \frac{r + a}{r} - x_t \frac{a}{r}. \tag{1''}$$

Следует заметить, что пока выбытие касается лишь объектов, существующих в момент 0, величина x_t при данном исходном состоянии отрасли определена темпом прироста производства r и коэффициентом выбытия a. Наоборот, i_t, c_t можно выбрать из числа вариантов, существующих в момент t. Однако, когда начинается выбывание оборудования, установленного в период $0, \ldots, T$, величина x_t *неполностью* определена вышеупомянутыми факторами, ибо она зависит также от выбора техники производства, уже сделанном раньше в периоде $0, T$.

Обозначим сумму $\Sigma (r + a) P_t i_t dt$ для всех отраслей через $I_t dt$. I_t является, таким образом, совокупными производственными капиталовложениями всей системы в интервале $t, t + dt$ в единицу времени. Сумма $\Sigma \rho_t P_t dt$ — дополнительный спрос всех отраслей на рабочую силу, равный приросту совокупных затрат на живой труд (выраженных в постоянных зарплатах) в интервале $t, t + dt$. Обозначим эту величину на единицу времени через W_t.

3. Приступим теперь к рассмотрению проблемы минимизации совокупных капиталовложений I_t при данном приросте рабочей силы в момент t периода $0, T$. На первом этапе анализа принимается, что известна величина x_t. На следующем этапе доказывается, что при некоторых дальнейших упрощениях это условие не является необходимым. При этом показывается, что объем капиталовложений, определяемый по предлагаемому нами методу, будет, по-видимому, приближенно равен минимуму по всем t периода $0, T$ при заданных для всех отраслей коэффициентах r и a и данной динамике совокупного прироста рабочей силы.

В качестве первого шага примем, что показатель эффективности капиталовложений есть линейная функция капиталовложений и затрат на живой труд на единицу прироста производства $r P_t dt$

$$E_t = \varepsilon \cdot i_t \frac{r + a}{r} + \left(c_t \frac{r + a}{r} - x_t \frac{a}{r} \right), \tag{2}$$

где ε — положительный параметр, одинаковый для всех отраслей. Далее при заданном ε вариант i_t, c_t выбирается по критерию

$$E_t = \min, \tag{3}$$

причем в случае равенства E_t для двух вариантов выбирается тот, для которого i_t меньше. Этот критерий при заданных x_t, a и r является эквивалентным критерию

$$\varepsilon i_t + c_t = \min. \tag{4}$$

Обозначим оптимальный вариант через i_t', c_t' и соответствующий показатель эффективности E_t'. Имеем

$$E_t' \leqslant E_t. \tag{5}$$

Суммируя по отраслям

$$\sum E_t' r P_t dt \leqslant \sum E_t r P_t dt,$$

согласно (1″) и (2), следует

$$\varepsilon \sum (r+a)\, P_t i_t' + \sum \rho_t' P_t \leqslant \varepsilon \sum (r+a)\, P_t i_t + \sum \rho_t P_t$$

или

$$\varepsilon I_t' + W_t' \leqslant \varepsilon I_t + W_t, \tag{6}$$

где I_t' и W_t' соответствует вариантам, оптимальным для каждой отрасли по критерию (3) или (4).

4. Изменение параметра ε влияет на выбор инвестиционных вариантов. Если данному ε соответствует в некоторой отрасли E_t', равное E_t для другого более капиталоемкого варианта, произвольно малое уменьшение ε вызовет выбор этого последнего варианта. Действительно, показатели эффективности тогда равны $E_t' - \Delta\varepsilon i_t'$ и $E_t - \Delta\varepsilon i_t$. Так как $E_t' = E_t$ и $i_t' < i_t$, второй показатель ниже первого.

Поэтому для некоторых значений ε_k, расположенных по возрастающему ряду, I_t' и W_t' изменяются при малейшем уменьшении ε: если ε_k соответствует $I_{t,k}'$ и $W_{t,k}'$, то $E_k - \Delta\varepsilon$ соответствует уже $I_{t,k-1}' > I_{t,k}'$ и $W_{t,k-1}' < W_{t,k}'$. Отсюда следует, что $I_{t,k}'$ — убывающий ряд, а $W_{t,k}'$ — возрастающий.

Из (6) следует

$$(\varepsilon_k - \Delta\varepsilon)\, I_{t,k-1}' + W_{t,k-1}' \leqslant (\varepsilon_k - \Delta\varepsilon)\, I_{t,k}' + W_{t,k}'$$

и

$$\varepsilon_k I_{t,k}' + W_{t,k}' \leqslant \varepsilon_k I_{t,k-1}' + W_{t,k-1}'.$$

Учитывая $I_{t,k-1}' > I_{t,k}'$, получаем

$$\varepsilon_k - \Delta\varepsilon \leqslant \frac{W_{t,k}' - W_{t,k-1}'}{I_{t,k-1}' - I_{t,k}'} \leqslant \varepsilon_k,$$

а так как $\Delta\varepsilon$ произвольно малая величина, то

$$\frac{W_{t,k}' - W_{t,k-1}'}{I_{t,k-1}' - I_{t,k}'} = \varepsilon_k. \tag{7}$$

Отсюда $I_{t,k}'$, $W_{t,k}'$ можно представить как точки убывающей вогнутой ломаной. Наклон отрезка $I_{t,k}'$, $W_{t,k}' \to I_{t,k-1}'$, $W_{t,k-1}'$ равен (по абсолютной величине) ε_k (см. рис. 1).

5. Ордината точки ломаной определяет спрос на рабочую силу W_t', соответствующую совокупным капиталовложениям I_t', которые при данном W_t' являются минимальными. Можно предположить, что точки ломаной

расположены достаточно тесно. С другой стороны, можно принять, что предложение рабочей силы (выраженное в затратах в постоянных заработных платах) в ограниченном размере следует за спросом. Поэтому мы не сделаем серьезной ошибки, если примем, что предложение «новой» рабочей силы S_t равняется ординате одной из точек F ломаной (см. рис. 2).

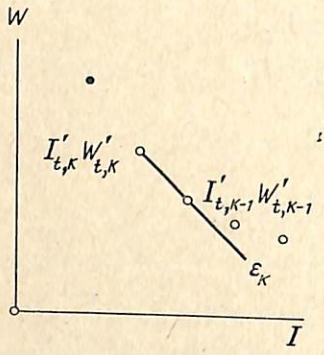

Рис. 1

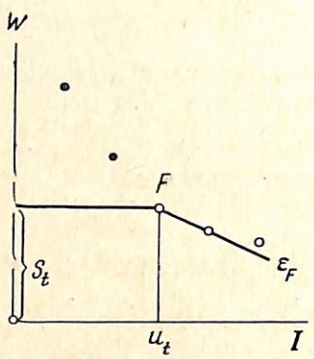

Рис. 2

Из (6) *следует, что абсцисса этой точки* $I_{t,F}$ *является самым нижним уровнем капиталовложений, совместимым с приростом рабочей силы* S_t *при заданных для каждой отрасли: темпе прироста* r, *норме выбытия* a *и самой высокой трудоемкости продукции, производимой на существующем оборудовании* x_t. Обозначим этот уровень совокупных капиталовложений U_t (см. рис. 2).

Наклон отрезка ломаной, начинающегося в точке F, равняется величине параметра ε_F. Это определяет выбор вариантов в отдельных отраслях. Однако, если ломаная точно определена для момента t, то знание ε_F не является необходимым для этой цели, так как выбранные в отдельных отраслях варианты, соответствующие ε_F, т. е. отраслевые компоненты величин $I_{t,F} = U_t$ и $W_{t,F} = S_t$ известны непосредственно. Но если пользоваться приблизительной ломаной, например, определенной ранее и смещенной вниз соответственно общему росту производительности труда, то ε_F необходима для выбора вариантов в отдельных отраслях.

6. Таким образом, закончен первый этап нашего анализа, на котором самые высокие единичные затраты труда в существующем основном капитале x_t принимаются заданными. Покажем теперь, что при некоторых дальнейших упрощениях x_t на протяжении периода 0, T определяется исходным состоянием производственного аппарата, темпами прироста производства в отдельных отраслях и отраслевыми нормами выбытия. Примем теперь, что вследствие технического прогресса: (I) c_t' вариантов, оптимальных в период 0, T ниже, чем трудоемкость производства продукции на любом оборудовании, существующем к моменту 0; (II) c_t' вариантов периода 0, T является убывающей функцией времени t. Кроме того, принимается, что (III) выражение $1/r \ln (r+a)/a$ одинаково для всех отраслей (это самое далеко идущее из принятых упрощений).

Из (I) следует, что оборудование, существующее в момент 0, будет списано раньше, чем какие бы то ни было объекты в период 0, T. Нетрудно определить время τ, в продолжении которого это произойдет. Мы имеем

$$P_t = P_0 e^{rt}.$$

Так как в продолжении τ полностью выбывает производственная мощность P_0, получаем

$$P_0 = \int_0^\tau aP_0 e^{rt} dt = P_0 \frac{a}{r}(e^{r\tau} - 1) \tag{8}$$

или

$$\frac{r+a}{a} = e^{r\tau}; \qquad \tau = \frac{1}{r} \ln \frac{r+a}{a}. \tag{9}$$

Из (III) следует, что τ одинаково для всех отраслей.

В период 0, τ величина x_t определяется исходным состоянием основных фондов, темпами прироста данной отрасли и ее нормой выбытия a. Итак, в этот период ломаная во время t определяется коэффициентами r и a и различными техническими вариантами, известными в это время.

Положение в период τ, T более сложно, ибо x_t зависит здесь также от выбора вариантов в период 0, t. Ниже доказывается на основании условий (II) и (III), что ломаная в момент t определяется исходным состоянием оборудования, коэффициентами r и a, динамикой прироста рабочей силы в период 0, t и техническими вариантами в момент t.

Из (9) следует

$$\frac{P_t|}{P_{t-\tau}} = e^{r\tau} = \frac{r+a}{a}$$

или

$$aP_t = (r+a)P_{t-\tau}. \tag{10}$$

Итак, производственные мощности, выбывающие в интервале t, $t + dt$, где $t > \tau$, равны мощностям оборудования, введенного в интервале $t - \tau$, $t - \tau + dt$. Но, согласно условию (II), *фактически* выбранные c_r', которые мы обозначим c_t'', являются убывающей функцией t. Следовательно, x_t — также убывающая функция t в период τ, T. Отсюда и из (10) следует, что оборудование, выбывающее в интервале t, $t + dt$, тождественно введенному в интервале $t - \tau$, $t - \tau + dt$ и значит

$$x_t = c''_{t-\tau}; \qquad aP_t x_t = (r+a)P_{t-\tau}c''_{t-\tau}. \tag{11}$$

Учитывая (1″) и (10), имеем

$$\begin{aligned} S_{t-\tau} &= \sum \rho''_{t-\tau} P_{t-\tau} = \sum (r+a)\, P_{t-\tau} c''_{t-\tau} - \\ &- \sum aP_{t-\tau} x_{t-\tau} = \sum aP_t x_t - \sum aP_{t-\tau} x_t \end{aligned} \tag{12}$$

или

$$\sum aP_t x_t = S_{t-\tau} + \sum aP_{t-\tau} x_{t-\tau},$$

откуда

$$\begin{aligned} W'_t &= \sum \rho'_t P_t = \sum (r+a)\, P_t c'_t - \sum aP_t x_t = \\ &= \sum (r+a)\, P_t c'_t - (S_{t-\tau} + \sum aP_{t-\tau} x_{t-\tau}). \end{aligned}$$

Из этой формулы следует, что для $\tau \leqslant t < 2\tau$ ломаная I'_t, W'_t определена коэффициентами r и a всех отраслей, выбором вариантов по критерию (4), приростом рабочей силы $S_{t-\tau}$ во время $t - \tau$ и величинами $x_{t-\tau}$ для отдельных отраслей. Но так как $0 \leqslant t - \tau < \tau$, эти величины определены исходным состоянием производственного аппарата и коэффициентами r и a. Из этого следует, что ломаная, а также ее точка U_t, S_t, в момент t вполне определена коэффициентами r и a, вариантами, существующими в это время, и совокупным потоком рабочей силы в прошлом.

Теперь уже нетрудно заметить, что это верно для любого момента t

периода 0, T: ломаная I_t', W_t', а, следовательно, также и U_t, S_t зависят только от указанных факторов, которые определяют также величины x_t.

Таким образом, доказано, что при соблюдении условий (I), (II), (III) объем капиталовложений, определенный по методу, описанному в параграфах 3, 4, 5, оказывается минимальным не только при данном состоянии системы в момент t, но одновременно для всех t периода 0, T. Условия, из которых вытекает, что срок службы τ одинаков для всех отраслей, как правило, не выполняются (особенно III). Однако доказательство нашей теоремы указывает, что, вероятно, минимальный уровень капиталовложений будет хотя бы приблизительно достигаться в продолжении всего периода плана 0, T.

7. После анализа поставленной задачи необходимо сделать замечания об определении норм выбытия. Одна возможность — это сохранить их на уровне, имевшемся в момент 0, другая — принять решение о вводе новых отраслевых норм a. Во втором случае наступит, как правило, смещение ломаной I_0', W_0' в момент 0 и соответственно изменится минимум совокупных капиталовложений U_t.

Даже если «новый» уровень не ниже прежнего, это отнюдь не означает, что «реформа» непременно целесообразна, потому что изменение a может привести к обратному положению для какого-то $t > 0$. Действительно, это изменение влияет на динамику самых высоких трудоемкостей производства на старом оборудовании. Каждой совокупности отраслевых норм выбытия соответствует приблизительно оптимальная кривая капиталовложений во времени в период 0, T, которую мы получаем посредством вышеописанных методов. Но в общем эти кривые пересекаются, так что не должна непременно существовать кривая, которая для всех t периода 0, T лежала бы ниже других. Поэтому необходимо решение центральных планирующих органов во всех случаях, в которых возникает несоответствие между объемом капиталовложений, а стало быть, и потреблением в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В связи с нормами выбытия возникает еще одна проблема. Из п. 3 следует, что выбор инвестиционных вариантов в момент t основан на критерии (4), где ε определяется (согласно пп. 4 и 5) ломаной I_t', W_t' и приростом рабочей силы в момент t. Ясно, что фактор «долговечности» оборудования не оказывает никакого влияния на такой процесс выбора вариантов капиталовложений. Не следует, однако, упускать из виду, что проблема «долговечности» тесно связана с «устарением» вследствие технического прогресса и поэтому она является экономическим, а не техническим фактором, подлежащим решению центральными планирующими органами. Если подход к этой проблеме состоит в том, что для данной отрасли принимается определенная норма выбытия, то ежегодно выбывает постоянная доля производственных мощностей, характеризующихся самой высокой трудоемкостью, независимо от того, отвечает это или нет принятому представлению о «долговечности».

Во избежание недоразумений, следует еще заметить, что затраты на ремонты, заменяемые элементы и другие сравнительно быстро изнашивающиеся объекты рассматриваются не как капиталовложения, связанные с выбытием старого оборудования, а как текущие издержки, аналогичные затратам на материалы.

8. До сих пор мы принимали, что единственные изменения существующего основного капитала состоят в выбытии устарелого действующего оборудования. Теперь мы учтем в общих чертах проблему модернизации, состоящую в снижении затрат на рабочую силу в различных элементах действующего производственного аппарата благодаря капиталовложениям, видоизменяющим в некоторой степени этот аппарат.

Как уже указано в п. 2 при анализе (1′), цель восстановительных капиталовложений $aP_t i_t dt$ состоит в экономии живого труда $aP_t(x_t - c_t)dt$. Отношение этой экономии к капиталовложениям, ценой которых она получается, равно $(x_t - c_t) / i_t$.

Представим себе, что существуют некоторые возможности модернизации производственного аппарата данной отрасли, для которых отношение экономии живого труда к капиталовложениям, посредством коих она достигается, больше $(x_t - c_t) / i_t$. (Следует заметить, что $(x_t - c_t) / i_t$ зависит от варианта i_t, c_t новых капиталовложений.)

В таком случае будет правильно заменить частично или в целом «восстановительные» капиталовложения модернизационными (причем величина капиталовложений, предпринятых для снижения затрат на живой труд, а также и капиталовложений в целом не меняется). Действительно, мы тогда сэкономим непосредственно больше живого труда, чем в случае выбытия и замены оборудования с самыми высокими единичными затратами на живой труд x_t. Кроме этого, мы улучшаем возможности экономии живого труда путем выбытия устарелого оборудования в будущем.

При данном состоянии действующих основных фондов возможности модернизации выше для тех вариантов, для которых $(x_t - c_t) / i_t$ меньше. Следовательно, прирост затрат на живой труд при данном варианте с учетом модернизации равен уже не (1′)

$$\rho_t = rc_t - a(x_t - c_t),$$

а

$$\rho_t = rc_t - af_t\left(\frac{x_t - c_t}{i_t}\right), \tag{13}$$

где f_t — убывающая функция и $f_t((x_t - c_t) / i_t) \geqslant x_t - c_t$ (равенство выступит в том случае, когда возможности целесообразной модернизации отсутствуют).

Показателем эффективности будем теперь называть по аналогии с (2)

$$E_t = i_t\frac{r+a}{r} + c_t - \frac{a}{r}f_t\left(\frac{x_t - c_t}{i_t}\right). \tag{14}$$

При заданном ε вариант i_t, c_t выбирается по критерию $E_t = \min$, причем в случае равенства E_t для двух вариантов опять выбираются менее капиталоемкие. Выбор, в противоположность выводу п. 3, зависит здесь от значения $f_t((x_t - c_t) / i_t)$, величина которой будет различна для разных вариантов. Суммируя по отраслям, имеем

$$\sum E_t' r P_t dt \leqslant \sum E_t r P_t dt,$$

где E_t' относится к оптимальным вариантам. Отсюда, тем же путем, что в п. 3, получаем

$$\varepsilon I_t' + W_t' \leqslant \varepsilon I_t + W_t,$$

где

$$I_0' = \sum i_t' \,(r+a)\, P_t$$

как в п. 3, но

$$W_t' = \sum rc_t' P_t - \sum af_t\left(\frac{x_t - c_t'}{i_t'}\right).$$

Мы можем теперь начертить ломаную I_t', W_t' во время t, которая вместе с приростом рабочей силы в это время S_t определяет минимальные ка-

питаловложения U_t. Их уровень будет ниже или тот же как в случае экономии рабочей силы, достигаемой только посредством восстановительных капиталовлежений *.

УЧЕТ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЗАТРАТ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ И РОЛИ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ

1. До сих пор мы принимали, что варианты вложений в данной отрасли отличаются только капиталоемкостью i (в постоянных ценах) и трудоемкостью c (в постоянной заработной плате). Если учесть характеристики различных вариантов в отношении затрат материалов, возникает задача расчета затрат на материалы в сравниваемых вариантах капиталовложений, а также на выбывающих объектах.

В уравнения, соответствующие (1) и (2), нельзя включать в материальные затраты соответственных полных капиталовложений и затрат на живой труд, ибо тогда при суммировании этих уравнений они учитывались бы два или больше раз, так как часть отраслей производит материалы для других. Для того чтобы надлежащим образом решить этот вопрос, нужны более детальные сведения о плане, на продолжительный период $0, T$.

Так как план балансирован с точки зрения затрат сырья и материалов, в нем приняты некоторые нормы их затрат в отдельных отраслях во время t. Выбирая один из вариантов вложений, мы должны учитывать *отклонения,* положительные или отрицательные, от этих норм. (Та же проблема появится, как мы увидим, по отношению к затратам на материалы на выбывающих объектах, где общие затраты на живой труд и материалы на единицу продукции — самые высокие. Затраты материалов на этих объектах могут отличаться от принятых в плане и тогда надо опять учитывать *отклонение* от плана.)

Теперь, казалось бы, надо поступить следующим образом. Кроме капиталовложений и затрат на живой труд той стадии производства, которую представляет собой данная отрасль, надо учитывать еще «сопряженные» капиталовложения и затраты на живой труд, соответствующие затратам материалов, но лишь в размерах отклонения этих затрат от принятых в плане норм. (Поэтому для варианта, в котором затраты материалов сырья совпадают с их величиной, принятой в плане, надо учитывать лишь капиталовложения и затраты на живой труд данной фазы.)

Такой подход был бы правилен только в случае замкнутой экономики. Если учесть внешнюю торговлю, то мы придем к другим выводам. Можно различать «валютные», т. е. сбываемые во внешней торговле виды материалов, и «невалютные» материалы, т. е. несбываемые в этой торговле из-за высокой стоимости перевозок (например, кирпич) или из-за других трудностей сбыта (например, электроэнергии, элементы машин). По отношению к «невалютным» материалам уместен вышеупомянутый метод учета соответствующих им «сопряженных» капиталовложений и затрат на живой труд в размерах отклонений от принятых в плане норм. Если дело идет о валютных материалах, то такой подход как правило не удовлетворителен.

Действительно, план развития экономики включает более или менее определенный план внешней торговли, т. е. известна структура как экспорта, так и производства, направленного на уменьшение импорта. На основа-

* Может возникнуть вопрос, как при наличии модернизации определить существующую норму выбытия для данной отрасли a. Ее легко найти, сравнивая производство на новом оборудовании $(r+a)P_t dt$ и прирост продукции отрасли $rP_t dt$, т. е. таким же образом, как в случае полной замены устарелого оборудования.

нии этой информации найдем такую экспортную или антиимпортную товарную группу, для которой выполняется следующее условие: если от валютной стоимости ее производства отнять валютную стоимость потребляемых валютных материалов и обозначить через j капиталовложения, а через k затраты на труд, приходящиеся на один валютный рубль этой чистой валютной стоимости, то при данном ε для этой товарной группы критерий выражается в виде $\varepsilon j + k = \max$.

Теперь, если один вариант вложений экономнее другого в отношении затрат на валютные материалы на d валютных рублей, то сэкономленная валюта может быть использована для того, чтобы сократить прирост экспорта или увеличить прирост импорта указанной выше товарной группы и таким образом получить максимальную экономию «приведенных затрат» при данном ε, а именно в размере $d(\varepsilon_j + k)$. (Следует заметить, что j и k должны быть выбраны с технологической точки зрения по критерию (4).)

2. Можно теперь построить формулы, аналогичные (2) и (4), учитывая возможности различных вариантов потребления материалов, как и технического прогресса в этой области. Для упрощения будем пока абстрагироваться от затрат невалютных материалов (а также от модернизации).

Обозначим валютную стоимость отклонения прямых затрат материалов от норматива во время t через δ_t. Тогда «приведенные затраты» на единицу продукции равняются

$$\varepsilon i_t + c_t + \delta_t(\varepsilon j_t + k_t).$$

При данном ε должно выбыть оборудование, для которого достигает максимума выражение

$$x_t + \lambda_t(\varepsilon j_t + k_t),$$

где x_t — трудоемкость продукции для выбывающего оборудования, а λ_t — валютная стоимость отклонения от норматива затрат материалов для этой продукции, принятого в плане.

Следовательно, (2) будет соответствовать

$$E_t = [\varepsilon i_t + c_t + \delta_t(\varepsilon j_t + k_t)]\frac{r+a}{r} - [x_t + \lambda_t(\varepsilon j_t + k_t)]\frac{a}{r} \qquad (15)$$

или

$$E_t = \varepsilon\left[i_t\frac{r+a}{r} + j_t\left(\delta_t\frac{r+a}{r} - \lambda_t\frac{a}{r}\right)\right] - \left[(c_t + \delta_t k_t)\frac{r+a}{r} - (x_t + \lambda_t k_t)\frac{a}{r}\right], \qquad (15')$$

где j_t, k_t одинаковы для всех отраслей. Как в первой части, отраслевые варианты будут выбираться по критерию $E_t = \min$, причем опять в случае равенства E_t для двух или более вариантов выбирается менее капиталоемкий (тот, для которого первое выражение в квадратных скобках формулы (15′) меньше). Так как r, a, j_t, k_t одинаково для всех вариантов данной отрасли, а при данном ε это верно также по отношению к λ_t, можем записать критерий отбора вариантов в момент t в форме $\varepsilon(i_t + \delta_t j_t) + (c_t + \delta_t k_t) = \min$.

Если же обозначить норму валютной стоимости материалов, затрачиваемых на единицу продукции, принятую в плане через n_t, то $n_t + \delta_t = \sigma_t$ будет валютной стоимостью полной удельной затраты материалов в данном варианте. Так как n_t одинаково для всех вариантов, то при данном ε критерий можно написать

$$\varepsilon(i_t + \sigma_t j_t) + (c_t + \sigma_t k_t) = \min. \qquad (16)$$

В случае равенства для двух вариантов выбирается тот, для которого $i_t + \sigma_t j_t$ меньше.

Обозначая оптимальные варианты через i_t', c_t', δ_t' и соответствующие показатели эффективности через E_t', имеем $E_t' \leqslant E_t$.

Для совокупности всех отраслей получаем $\Sigma E_t' r P_t dt \leqslant E r P_t dt$ и аналогично, как в п. 3, части первой $\varepsilon I_t' + W_t' \leqslant \varepsilon I_t + W_t$, где капиталовложения и затраты на живой труд учитывают также и те, которые являются результатом отклонений потребления сырья от норм, принятых в плане. I_t' и W_t' соответствуют вариантам, выбранным для данного ε по критерию (16).

Таким образом, возникает ломаная I_t', W_t' для момента t, у которой те же свойства, что у линии на рис. 1. Наряду с приростом рабочей силы она определяет самый низкий уровень капиталовложений U_t, совместимый с этим приростом. Одновременно определяются наиболее эффективные варианты отдельных отраслей.

3. В предыдущем пункте для упрощения не учитывались затраты невалютных материалов. Раньше мы заметили, что по отношению к таким материалам уместно применение метода учета в данном варианте сопряженных капиталовложений и затрат на живой труд в размерах, соответствующих отклонению затрат материалов от нормативов, принятых в исходном плане. Определение самых высоких затрат на живой труд и сырье в существующем производственном аппарате происходит следующим образом. При данном ε при вычислении затрат на живой труд и материалы, учтем наряду с валютными материалами также капиталовложения и живой труд, соответствующие отклонению от плана затраты невалютных материалов на существующем оборудовании. После этого устанавливаем на основании вычисленных таким образом общих затрат на живой труд и материалы в данной стадии производства, какие объекты общей мощностью aP_t должны выбыть в единицу времени.

Не будем, однако, усложнять (15) и (16′) включением элементов, связанных с различными вариантами потребления невалютных материалов, но примем, что капиталовложения, связанные с невалютными материалами в рассматриваемом варианте или в выбывшем оборудовании учтены в i_t, а соответственные затраты на живой труд в c_t. Отсюда точки ломаной I_t', W_t' показывают затраты с учетом затрат на невалютные материалы в размерах отклонения от плана.

Для формулы, соответствующей критерию (16), можно принять что i_t и c_t включают *полные* капиталовложения и затраты на живой труд, связанные с затратой невалютного сырья. Для того чтобы избежать путаницы между значением i_t и c_t в критерии по (16) и (15), при этом новом толковании можно заменить в (16) эти символы на i^* и c_t^*, записав

$$\varepsilon(i_t^* + \sigma_t j_t) + (c_t^* + \sigma_t k_t) = \min. \qquad (17)$$

4. В первой части (п. 6), где мы абстрагировались от проблемы вариантов потребления материалов, было доказано, что при некоторых довольно значительных упрощениях план развития экономики (включая нормы выбытия) наряду с исходным состоянием основного капитала и динамикой прироста рабочей силы, определяет полностью ломаную I_t', W_t' для момента t. Тем самым определен также выбор вариантов в каждый момент периода 0, T, минимизирующий на протяжении всего этого периода капиталовложения I_t. Условия, на которых основано доказательство этой теоремы, в общем не выполнены, поэтому она только указывает на вероятность положения, приблизительно ей соответствующего.

Для того чтобы можно было доказать эту теорему, при учете различных вариантов потребления материалов, надо ввести еще одно упрощение,

а именно: для выбывающих объектов характерна самая высокая трудоемкость производства в данной отрасли x_t. (Как следует из двух предыдущих пунктов, это условие, как правило, не выполнено.) Однако это упрощение гораздо менее опасно, чем три «специальные» предпосылки доказательства теоремы в п. 6 первой части — в связи с относительно малым удельным весом экономии материалов в техническом прогрессе. Поэтому учет прогрессивной экономии сырья не уменьшает значительно вероятности приблизительной пригодности нашей теоремы для практики.

5. Перейдем к рассмотрению совершенно другого вопроса, а именно: проблемы изменения первоначально планированной отраслевой структуры нового производства в момент t в результате оптимального выбора вариантов вышеописанным образом. Мы уже указывали, что минимизация капиталовложений может вызвать такие изменения в отраслевой структуре: экономия капиталовложений употребляется для увеличения потребления в такой степени, чтобы прирост рабочей силы был полностью использован.

Учет вариантов потребления материалов еще более усложняет эту проблему, вызывая одновременно изменение структуры прироста внешней торговли (как в новом экспортном, так и в антиимпортном производстве).

В отношении внешней торговли нужно еще «проверить» структуру экспортного или антиимпортного нового производства на основе полученного выше параметра ε_t. Действительно, выбор технологических вариантов для данной товарной группы не отличается коренным образом от выбора между экспортным или антиимпортным производством различных товарных групп, в результате которого получается один валютный рубль. Поэтому надо сравнить на момент t значение $\varepsilon_t i_t^* - c_t^*$ для различных товарных групп. i_t^* — здесь капиталовложения, необходимые для производства в данной товарной группе чистой валютной стоимости (т. е. после вычета стоимости валютных материалов) одного валютного рубля. (В этих капиталовложениях, следовательно, не учитываются те, которые служат для производства валютного сырья.) c_t^* — это аналогичные затраты на живой труд на один валютный рубль.

Сравнение выражений $\varepsilon_t i_t^* - c_t^*$ для различных вариантов экспортного или антиимпортного производства на новом оборудовании не поведет к выбору одной или нескольких товарных групп. Дело в том, что «лучший» экспортный вариант имеет вообще только довольно узкие возможности применения в связи с ограниченной емкостью внешних рынков сбыта. Но во всяком случае сравнение этих значений позволит внести некоторые очевидные коррективы в план роста внешней торговли. Это явится еще одним фактором изменения структуры производства.

На основании результатов всех этих вычислений для времени t определяется «корректный» уровень капиталовложений, «новое» потребление сырья и «новая» структура внешней торговли. Самые большие трудности реконструкции плана могут вытекать из «корректного» уровня капиталовложений.

Мы уже упоминали о том, что, например, экономия на капиталовложениях может быть использована для увеличения потребления в такой степени, чтобы рабочая сила продолжала полностью потребляться. В общем случае, однако, разные отрасли производят инвестиционные и потребительские товары. Допустим, что «корректные» капиталовложения в момент 0, т. е. U_0, значительно ниже производства конечных инвестиционных товаров на внутренний рынок в этот же момент. Это создает трудное положение, потому что немедленный сдвиг в отраслевой структуре от инвестиций к потреблению невозможен.

Самым разумным подходом будет, по-видимому, следующий: необходимо экспортировать «излишки» продукции фондопроизводящих отраслей, обменяв их на потребительские товары (сверх«нормальной» внешней торговли). Этот обмен, возможно, окажется не очень выгодным, но, во всяком случае, потребление возрастет. Одновременно быстро расширится производственный потенциал потребительских товаров и не расширится потенциал для инвестиционных товаров. Таким образом, за сравнительно короткий срок t' производство этих товаров будет соответствовать $U_{t'}$, а «чрезвычайный» их экспорт перестанет быть необходимым.

Для $t > t'$ разница между U_t и производством инвестиционных товаров уже порядка dt и может быть преодолена в короткое время.

То же относится к потреблению сырья и структуре внешней торговли для всего периода 0, T, поскольку здесь речь идет всегда о вариантах в интервале t, $t + dt$ (например, о затратах угля или нефти на *новых* заводах).

Таким образом, получается план с новыми отраслевыми темпами роста для момента t и поэтому, применяя к нему вышеописанные методы, в общем получается другая ломаная кривая для этого момента. Если оно мало отличается от первоначально установленной, то нашу задачу выбора вариантов (технологических и внешнеторговых) можно считать законченной. В противном случае процесс постепенного приближения будет продолжаться.

Вероятно этот процесс будет сходимым и даже скоро сходимым, но полной уверенности в этом нет. Надо здесь предостеречь от сходимости, вытекающей из недостатка во многих случаях технологических вариантов, существенно отличающихся друг от друга (это является основной проблемой практического применения теории эффективности капиталовложений, которая сама по себе не может *создавать* новые варианты вложений).

Надо еще отметить, что, следуя вышеописанному методу, мы нарушаем исходное предположение о равномерности развития, хотя с различными темпами, отдельных отраслей. Легко убедиться, что это по существу не изменяет построения ломаной I_t', W_t' в момент t; вместе с тем, достижение минимума капиталовложений на протяжении всего периода 0, T принимает еще более приближенный характер.

6. Выше мы отвлекались от модернизации. Вернемся к (15) и введем обозначения

$$\begin{aligned} h_t &= i_t + \delta_t j_t, \\ b_t &= c_t + \delta_t k_t, \\ v_t &= x_t + \lambda_t(\varepsilon j_t + k_t). \end{aligned} \tag{18}$$

Теперь (15) можно переписать

$$E_t = \varepsilon h_t \frac{r+a}{r} + b_t - \frac{a}{r}(b_t - v_t).$$

Отсюда путем, аналогичным тому, которому мы следовали в п. 8 части первой, учитывая возможности модернизации, получаем

$$E_t = \varepsilon h_t \frac{r+a}{r} + b_t - \frac{a}{r} f_t\left(\frac{v_t - b_t}{h_t}\right),$$

где f_t — убывающая функция и $f_t[(v_t - b_t)/h_t] \geqslant v_t - b_t$. При данном ε избираем вариант по критерию $E_t = \min$. Теперь можно построить ломаную I_t', W_t' и получить для данного прироста рабочей силы значение U_t и отраслевые варианты, минимизирующие совокупные капиталовложения в в момент t.

Поступила в редакцию
21 VIII 1969