МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИЗНОСА ОБОРУДОВАНИЯ

Лившиц В. Н., Смоляк С. А.

(Москва)

В статье рассматриваются методы измерения экономического износа оборудования и обосновываются предложения по установлению норм амортизации и платы за фонды, стимулирующие хозяйствующих субъектов к использованию оборудования в течение оптимальных сроков. Предложенный подход позволяет учесть влияние факторов НТП и морального износа.

1. ВВЕДЕНИЕ

Перевод экономики СССР на рыночные отношения с большей самостоятельностью предприятий, функционирующих в условиях полного хозрасчета, расширение действия различных форм собственности и другие изменения, связанные с проводимой радикальной реформой управления народным хозяйством [1, 2], лишь усиливают требования к эффективности использования всех видов воспроизводимых и невозпроизводимых ресурсов. Необходим при этом учет важнейших факторов, влияющих на результативность вовлечения их в производственный процесс.

Ниже, на примере износа оборудования (машин), анализируется воздействие фактора динамики — изменений во времени основных технических и экономических характеристик объекта и режимов его работы. Объект нашего исследования — парк, состоящий из машин одного назначения (производящих одну и ту же продукцию), но разного возраста. Будем различать категории физического износа, проявляющегося в снижении производительности и росте издержек эксплуатации машин по мере их старения, и экономического износа, отражающегося в уменьшении экономической ценности машин. В то время как количественные показатели физического износа могут быть установлены экспериментально, характер экономического износа можно выявить на практике в результате действия рыночного механизма, а теоретически — путем моделирования рационального поведения экономических субъектов (фирм, предприятий) в условиях сбалансированного рынка (т. е. с помощью изучения соответствующих точек равновесия).

Анализ проведем в предположении рационального поведения владельцев машин, стремления к наиболее эффективному их выбору и использованию.

Традиционный подход к оценке эффективности мероприятий, базирующийся на приоритете народнохозяйственных интересов, сегодня требует пересмотра. В условиях самофинансирования и самокупаемости предприятий их интересы часто могут быть определяющими, и поэтому необходимо оценивать решения с учетом не только народнохозяйственного, но и хозрасчетного эффекта [3], исходя из особенностей их реального функционирования и механизма государственного регулирования рыночных отношений. Это означает, что нужно проанализировать влияние принятой модели хозрасчета, финансово-кредитных отношений, основных экономических параметров (ставки процента за кредит, нормы эффективности капитальных вложений и др.).

Однако можно показать, что учет динамики в расчетах народнохозяйственной и хозрасчетной эффективности использования оборудова-

ния во многом аналогичен, и в этих целях ниже, опираясь на [4—6], будут исследованы динамические модели для стационарного и нестационарного случаев.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим крупную фирму (отрасль или предприятие), выполняющую определенный вид работ (или выпускающую определенную продукцию) с применением некоторого оборудования (далее — машин). В сильно упрощенном виде процесс обновления машинного парка может быть описан следующим образом.

Ежегодно (для простоты — в начале года) фирма приобретает машины данного типа; все они идентичны (хотя и могут отличаться от машин, купленных ранее), имеют одинаковую цену, эксплуатируются в течение одного и того же периода (срока службы) в одном и том же режиме. При этом производительность машины и размер текущих издержек эксплуатации зависят только от ее возраста. По истечении срока службы машина ликвидируется. С этим связано получение дохода — ликвидационного сальдо, которое представляет собой разницу между выручкой от реализации металлолома и запасных частей, пригодных к дальнейшему применению, и затратами на демонтаж машины и доставку лома и запасных частей соответствующим фирмам-покупателям. В СССР величина ликвидационного сальдо машины и оборудования составляет, как правило, 4—10% ее первоначальной стоимости. Количество приобретаемых в каждом году новых машин определяется в общем случае тремя факторами: объемом работ (продукции), который фирма намеревается выполнить в этом году; количеством машин, списываемых в конце предыдущего года в связи с окончанием срока службы; совокупной производительностью всех остальных машин парка, имеющихся в фирме к началу данного года.

Далее предположим, что возможные колебания спроса на производимую продукцию не настолько велики, чтобы могла возникнуть одна из следующих ситуаций; а) совокупная производительность машин, не подлежащих списанию к началу данного года, превышает потребность в работах, которые надо выполнить в этом году, в связи с чем фирма не нуждается в приобретении новых машин; б) спрос на продукцию возрастает настолько, что потребность фирмы в новых машинах не может быть удовлетворена производителем, что вынуждает фирму увеличивать срок службы имеющихся машин сверх установленного.

Применительно к изложенной ситуации рассмотрим проблему выработки рациональной амортизационной политики фирмы, т. е. решение трех взаимосвязанных вопросов: 1) какой размер амортизации целесообразно начислять по каждой машине на каждом году ее эксплуатации; 2) какой должна бы быть «остаточная» цена каждой машины после нескольких лет ее эксплуатации; 3) какова прокатная оценка, т. е. входящая в стоимость создаваемой продукции плата (с позиций предприятия и народного хозяйства) за использование машины в течение года.

Необходимость решения поставленных вопросов может возникнуть при формировании государством централизованной политики начисления амортизации по основным фондам; проведении переоценки основных фондов; введении внутрифирменного хозрасчета, когда требуется установить соответствие между интересами фирмы в целом и интересами ее отдельных хозрасчетных подразделений, руководствующихся в своей деятельности прежде всего текущими (оперативными), а не перспективными экономическими показателями.

Ориентируясь в основном на последний случай, будем считать, что машины используются в фирме в рамках некоторого хозрасчетного подразделения. При этом выполняемые ими работы являются лишь промежуточными операциями в технологическом процессе изготовления конечной продукции (эта ситуация характерна для оборудования металлообработки и строительной техники) и поэтому не имеют самостоятельной рыночной или централизованно установленной цены. В то же время

такая цена может быть определена самой фирмой «для внутреннего пользования» в целях организации нормального хозяйственного расчета в фирме (соответствующие цены, используемые, например, в строительстве, носят наименование «планово-расчетных»). В связи с этим указанные вопросы ниже будут решаться одновременно с проблемой рационального метода формирования таких «внутренних цен». В ситуации, когда работы, выполняемые с применением рассматриваемых машин, имеют централизованно установленную или рыночную цену, полученные результаты могут послужить совершенствованию методов централизованного ценообразования или выявления путей воздействия на их уровень или динамику.

3. СТАЦИОНАРНЫЙ СЛУЧАЙ

Предположим, что для рассматриваемых машин остаются неизменными во времени (по годам), т. е. не зависят от момента ввода в эксплуатацию s и времени их эксплуатации t : цена на однотипные машины — K ; цена (без налога с оборота) на продукцию, производимую с помощью машин — Π ; система и экономические параметры внешней среды (ставки процента за кредит, норматив народнохозяйственной эффективности E и др.); оптимальный срок службы машин — T .

По мере работы (износа) машины изменяются внутренние, присущие ей технические и экономические характеристики, главными из которых, задаваемыми экзогенно, являются производительность $P(t)$ и чистые (без амортизации на реновацию) текущие издержки эксплуатации $I(t)$, включающие также плату за трудовые и природные ресурсы.

Поставим задачу: выявить оптимальную динамику таких необходимых для расчета эффективности величин, как амортизационные (реновационные) отчисления $A(t)$, остаточная стоимость $K(t)$, прокатная (дифференциальная) оценка машины $D(t)$ определенного возраста, т. е. проработавшей t лет.

В основу расчета положим принцип: если в оптимальном плане должно одновременно использоваться как новое, так и проработавшее t лет оборудование, то рассчитываемая исходя из полных издержек (с учетом платы за трудовые и природные ресурсы) цена продукции должна быть одинаковой, т. е. имеет место соотношение

$$\Pi = (rK + k_p(t)K + I(t))/P(t) = (rK + k_p(1)K + I(1))/P(1), \quad (1)$$

где $k_p(t)$ — норма реновационных отчислений в году t , соответствующая оптимальному использованию оборудования; r — норматив платы за фонды (при народнохозяйственном подходе величина r может трактоваться как норма эффективности капитальных вложений, в условиях сбалансированной рыночной экономики — как ставка банковского процента). Нетрудно убедиться, что (1) выражает требование одинаковой рентабельности производственных фондов для машин разного возраста (в пределах оптимального срока службы).

В (1) предполагается: 1) плата за фонды начисляется по установленной норме от их первоначальной (балансовой стоимости); 2) рассматриваемые машины находятся в полном ведении предприятия. Однако рациональный экономический механизм должен обеспечить равновыгодность таких машин с приобретенными в кредит. В таких случаях величина r совпадает со ставкой процента за кредит, выданный на срок службы машины. Кроме того, чтобы эксплуатация машин, находящихся в полном хозяйственном ведении, была столь же выгодна, что и машин, взятых в аренду, сумма $(rK + k_p(t)K)$ должна совпадать с арендной платой. При этом r может интерпретироваться как ставка арендной платы без амортизации («чистой» арендной платы).

Из (1) для стационарного случая нетрудно определить интересующие нас характеристики в виде

$$k_p(t) = k_p(1)(1 - l(t)) - \left(r + \frac{I(1)}{K}\right)l(t) - \frac{\delta I(t)}{K}, \quad (2)$$

где $l(t) = 1 - P(t)/P(1)$ — степень снижения производительности оборудования по мере его износа в году t ; $\delta I(t) = I(t) - I(1)$ — соответствующий прирост издержек эксплуатации.

Входящая в (2) неизвестная величина $k_p(1)$ находится из условия возможности простого воспроизводства

$$\sum_{t=1}^T K k_p(t) \alpha_t = (K - L) \alpha_T, \quad (3)$$

где L — ликвидационная стоимость машины (стоимость металлолома и запасных частей, пригодных к дальнейшей эксплуатации, за вычетом затрат на демонтаж); α_t — взвешивающая функция для соизмерения несинхронных затрат, их приведения к сопоставимому виду в масштабе года $t_0 = 0$, принятого за базу.

Для рассматриваемого стационарного случая

$$\alpha_t = (1+r)^{-t}. \quad (4)$$

Тогда, обозначая

$$\gamma = L/K, \quad (5)$$

из (2) и (4) получаем

$$k_p(1) = \frac{(1-\gamma)(1+r)^{-T} + \sum_{t=1}^T \left[\left(r + \frac{I(t)}{K} \right) l(t) + \frac{\delta I(t)}{K} \right] (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^T (1-l(t)) (1+r)^{-t}}. \quad (6)$$

Соответственно определяемая по первоначальной стоимости прокатная оценка машины в году t

$$D(t) = rK + k_p(t)K. \quad (7)$$

Приведенная к началу рассматриваемого периода (т. е. к году $t_0 = 0$) остаточная стоимость машины после θ , $\theta \leq T$, лет ее работы равна

$$C_{\text{ост}}(\theta) = K - \sum_{t=1}^{\theta} D(t) (1+r)^{-t}. \quad (8)$$

Номинальная (т. е. в масштабе текущего года) остаточная стоимость машины после θ лет работы

$$K(\theta) = C_{\text{ост}}(\theta) (1+r)^{\theta}. \quad (9)$$

Используя (3) и (7)–(9), нетрудно убедиться, что при этом номинальная остаточная стоимость машины по истечению срока ее службы равна ликвидационной: $K(T) = L$.

Естественно, что все характеристики: прокатные оценки, реновационные отчисления и т. д. могут определяться как по первоначальной, так и по остаточной стоимости и соответственно полному T и оставшемуся ($T - \theta$) срокам службы. При этом величина прокатной оценки машины в году t не должна зависеть от способа расчета — это возможно только при выполнении равенства

$$rK + k_p(t)K = rK(\theta) + k_p(t, \theta)K(\theta), \quad (10)$$

где $k_p(t, \theta)$ — норма реновационных отчислений, определяемая по остаточному сроку службы ($T - \theta$).

Из (10) следует

$$k_p(t, \theta) = \frac{(r + k_p(t)) (1+r)^{-\theta}}{(1+r)^{-\theta} - \sum_{t=1}^{\theta} k_p(t) (1+r)^{-t}} - r. \quad (11)$$

Обратим теперь внимание на то, что стоимость машины переносится на производимую продукцию в форме прокатной оценки, включающей

как амортизацию, так и плату за фонды

$$\sum_{t=1}^T D(t) \alpha_t = \sum_{t=1}^T (rK + Kk_p(t)) \alpha_t = \sum_{t=1}^T Kk_p^*(t) \alpha_t + \\ + Kr \sum_{t=1}^T \alpha_t = (K - \mathcal{L}) \alpha_T + K(1 - \alpha_T) = K - \mathcal{L}\alpha_T. \quad (12)$$

Такая запись условия простого воспроизводства в дальнейшем окажется более удобной.

В хозяйственной практике влияние фактора времени достаточно адекватно не учитывается. В частности, условия простого воспроизводства записываются так

$$\sum_{t=1}^T Kk_p(t) = K - \mathcal{L}, \quad (13)$$

а динамика номинальной остаточной стоимости

$$K(\theta) = K - \sum_{t=1}^{\theta} Kk_p(t). \quad (14)$$

Легко видеть, что при этом остаточная стоимость машины в конце срока службы совпадает с ликвидационной $K(T) = \mathcal{L}$, а амортизация на любом году службы — с падением остаточной стоимости за год

$$Kk_p(\theta) = K(\theta - 1) - K(\theta) \quad (15)$$

(при этом $K(0) = K$).

Разумеется, решая систему уравнений (1), (2) и (13), можно определить соответствующие $k_p(t)$, однако полученный результат не будет иметь экономического смысла, поскольку условие простого воспроизводства типа (15) не выполняется.

Положение существенно изменится, если плата за фонды будет начисляться по нормативу r не от первоначальной, а от номинальной остаточной стоимости машины на начало года. Такой порядок естествен по двум причинам:

1) применение его даже в существующей хозяйственной практике позволило бы, пусть частично, сгладить последствия физического износа оборудования предприятий, парк которых давно не обновлялся — размеры платы за фонды по ним оказались бы меньше, зато владельцы более молодых фондов платили бы за них относительно больше;

2) ненормально, чтобы предприятие, купившее по пониженной цене машину, бывшую в эксплуатации, платило бы за нее, как за новую. В то же время плата за фонды не должна зависеть от того, имеют ли они в ходе эксплуатации одного и того же владельца или их продавали другим предприятиям. В наибольшей степени этому отвечает начисление платы за фонды от той («текущей») стоимости, которую эти фонды имеют на начало соответствующего периода (года) их эксплуатации.

При предлагаемом порядке с учетом (14) условие равновыгодности разновозрастных машин может быть записано в виде

$$\Pi = \frac{rK + K - K(1) + \mathcal{I}(1)}{P(1)} = \frac{rK(t-1) + K(t-1) - K(t) + \mathcal{I}(t)}{P(t)}, \quad (16)$$

откуда

$$\Pi P(t) = (1+r)K(t-1) - K(t) + \mathcal{I}(t). \quad (17)$$

Разделив правую и левую части на $(1+r)^t$, получим

$$\Pi P(t) \alpha_t = K(t-1) \alpha_{t-1} - K(t) \alpha_t + \mathcal{I}(t) \alpha_t.$$

Суммируя эти уравнения для $t=1, \dots, \theta$ и учитывая, что $K(0) = K$,

$\alpha_0=1$, имеем

$$\sum_{t=1}^{\theta} \Pi P(t) \alpha_t = K - K(\theta) \alpha_{\theta} + \sum_{t=1}^{\theta} И(t) \alpha_t. \quad (18)$$

Отсюда при $\theta=T$, $K(\theta)=Л$

$$\sum_{t=1}^T [\Pi P(t) - И(t)] \alpha_t = K - Л \alpha_T. \quad (19)$$

Решая это уравнение относительно Π , находим

$$\Pi = \frac{K - Л \alpha_T + \sum_{t=1}^T И(t) \alpha_t}{\sum_{t=1}^T P(t) \alpha_t}. \quad (20)$$

Теперь искомые значения остаточной стоимости, амортизации и прокатной оценки машин могут быть определены из (18) и (15)

$$K(\theta) = \left\{ K - \sum_{t=1}^{\theta} [\Pi P(t) - И(t)] \alpha_t \right\} / \alpha_{\theta}, \quad (21)$$

$$Kk_p(\theta) = K(\theta-1) - K(\theta),$$

$$D(\theta) = rK(\theta-1) + Kk_p(\theta) = (1-r)K(\theta-1) - K(\theta). \quad (22)$$

Обратим внимание на то, что в этом случае сумма платы за фонды и амортизации за срок службы машины, приведенная к базовому году, в силу (19), (15) и (22) оказывается равной

$$\begin{aligned} \sum_{\theta=1}^T D(\theta) \alpha_{\theta} &= \sum_{\theta=1}^T [rK(\theta-1) + Kk_p(\theta)] \alpha_{\theta} = \\ &= \sum_{\theta=1}^T [(1+r)K(\theta-1) - K(\theta)] \alpha_{\theta} = \sum_{\theta=1}^T [\Pi P(\theta) - И(\theta)] \alpha_{\theta} = K - Л \alpha_T. \end{aligned} \quad (23)$$

Таким образом, при предлагаемом методе можно обеспечить согласование традиционного (не учитывающего влияния фактора времени) подхода к исчислению остаточной стоимости с условиями простого воспроизводства, подразумевающими учет этого фактора.

4. НЕСТАЦИОНАРНЫЙ СЛУЧАЙ

Положим, что технические и экономические характеристики машины уже будут зависеть не только от ее возраста, но и от года, в который машина приобретается. Предполагается также, что могут изменяться во времени цена на производимую продукцию и норма дисконта.

Введем следующие обозначения: $P(s, t)$ — производительность машины, приобретенной в году s , на t -м году ее эксплуатации; $И(s, t)$ — чистые (без амортизации) текущие издержки эксплуатации этой машины в году t ; $K(s, t)$ — остаточная стоимость машины, приобретенной в году s , на t -м году ее эксплуатации (точнее — на конец этого года), под $K(s, 0)$ понимается стоимость машины на начало ее эксплуатации, т. е. ее цена $K(s)$; $Л(s)$ — ликвидационная стоимость машины в конце ее эксплуатации; Π_{τ} — цена единицы работ, производимых машинами, в году τ расчетного периода, началом которого считается год $\tau=1$; r_{τ} — норма дисконта (процентная ставка) в году τ расчетного периода; $A(s, t)$ — амортизация машины, приобретенной в году s , за t -й год ее эксплуатации.

Очевидно, что в нестационарном случае рациональная политика экономического управления воспроизводством машинного парка должна удовлетворять следующим условиям.

1. Амортизация машины равна падению ее остаточной стоимости за соответствующий год эксплуатации

$$A(s, t) = K(s, t-1) - K(s, t), \quad 1 \leq t \leq T. \quad (24)$$

2. Остаточная стоимость машины в конце срока ее службы равна ее ликвидационному салдо

$$K(s, T) = Л(s). \quad (25)$$

Из (24) и (25) легко выводится, что номинальная сумма амортизации за весь срок службы машины должна равняться разности между ее ценой и ликвидационным салдо

$$\sum_{t=1}^T A(s, t) = K(s) - Л(s). \quad (26)$$

3. Все машины, эксплуатирующиеся в одном и том же году, должны быть равноэффективны, т. е. полные затраты по каждой машине, приходящиеся на единицу производимой ею в данном году продукции, — одинаковы.

Обозначив величину полных затрат по машине, приобретенной в году s , находящейся на t -м году эксплуатации, через $З(s, t)$, получим

$$З(\tau, 1)/P(\tau, 1) = З(\tau-1, 2)/P(\tau-1, 2) = З(\tau-2, 3)/P(\tau-2, 3) = \dots \quad (27)$$

Легко видеть, что при нарушении равенства (27) подразделение, владеющее машинами, будет стимулироваться к списанию или реализации на сторону машин тех возрастов, при эксплуатации которых выполняемые работы оказываются более дорогими, в то время как фирма в целом заинтересована в эксплуатации всех машин в течение установленного, а не меньшего срока.

В то же время практическое применение (27) требует конкретизации состава «полных затрат». Будем предполагать, что по машине, приобретенной в году s , находящейся на t -м году эксплуатации, в состав полных затрат включаются: чистые текущие издержки эксплуатации $И(s, t)$; амортизация $A(s, t)$; нормативная прибыль, исчисляемая по норме дисконта для соответствующего года (r_{s+t-1}) от стоимости машины на начало года.

Включение нормативной прибыли в состав «полных затрат» допускает несколько интерпретаций с позиций:

оптимального народнохозяйственного планирования [7-9], что отражает нормативную эффективность ресурсов длительного пользования, совпадающую с темпом падения их объективно обусловленных оценок в оптимальном плане [10];

хозрасчетного предприятия — этим показателем учитывается vychитаемая из прибыли плата за фонды;

внутрифирменного управления (внутреннего хозяйственного расчета) — им отражаются потери в других подразделениях фирмы (предприятия), возникающие при передаче машины в данное подразделение. Такое понимание норматива сближает его с трактовой В. В. Новожиловым нормативной эффективности как «затрат обратной связи».

Следовательно, величину полных затрат можно представить любой из формул

$$З(s, t) = И(s, t) + A(s, t) + r_{s+t-1}K(s, t-1), \quad (28)$$

$$З(s, t) = И(s, t) + (1 + r_{s+t-1})K(s, t-1) - K(s, t) \quad (29)$$

или

$$З(s, t) = И(s, t) + D(s, t), \quad (30)$$

где

$$D(s, t) = A(s, t) + r_{s+t-1}K(s, t-1) = (1 + r_{s+t-1})K(s, t-1) - K(s, t); \quad (31)$$

$D(s, t)$ — прокатная (по другой терминологии — дифференциальная) оценка машины s -го года приобретения в году $s+t-1$.

Величина прокатной оценки машины отражает не только стоимость машины, переносимую на цену производимой продукции (т. е. сумму амортизации и нормативной прибыли в форме определенного процента на капитал), но и цену, по которой хозяйственное подразделение могло бы отдавать машины «на прокат» сроком на один год или, наоборот, по которой оно могло бы расплачиваться с другим подразделением фирмы, сдающим ему эти машины «на прокат».

Рассмотрим подробнее экономическое содержание показателя чистых текущих издержек эксплуатации машины. Из изложенного ясно, что они должны включать затраты на топливо, электроэнергию, сырье и материалы, связанные с эксплуатацией машины, стоимость услуг по ее техническому обслуживанию и ремонту и другие эксплуатационные расходы, кроме амортизации самой машины и нормативной прибыли (этим объясняется использование определения «чистые»).

Оплата работников, занятых эксплуатацией машины (естественно, только за то время, которое они работают на машине), стоимость сырья, материалов, топлива, энергии и т. п. могут также рассматриваться как прокатные оценки названных производственных ресурсов. Кроме того, для обеспечения эксплуатации данной машины может потребоваться привлечение других машин (например, средств для транспортировки сырья или произведенной продукции). По таким «вспомогательным» машинам в состав чистых текущих издержек эксплуатации должны включаться и амортизация и нормативная прибыль, т. е. их прокатная оценка. Это позволяет трактовать чистые текущие издержки эксплуатации машины как сумму прокатных оценок всех производственных ресурсов, используемых в процессе эксплуатации, кроме самой машины.

Обозначим коэффициент приведения (дисконтирования) затрат года t к началу расчетного периода через α_t

$$\alpha_t = \prod_{\tau=1}^t (1 + r_\tau)^{-1}. \quad (32)$$

Нетрудно проверить, что коэффициент приведения затрат t -го года эксплуатации машины, приобретенной в году s , к году производства этой машины (т. е. к $s-1$ -му) составит

$$\alpha_t^s = \alpha_{s-1+t} / \alpha_{s-1}. \quad (33)$$

Используя введенные обозначения, из (31) легко видеть, что

$$\alpha_t^s D(s, t) = \alpha_{t-1}^s K(s, t-1) - \alpha_t^s K(s, t).$$

Суммируя эти равенства по всем $\tau < t \leq T$, получим с учетом (25)

$$\alpha_\tau^s K(s, \tau) = \alpha_T^s \Pi(s) + \sum_{t=\tau+1}^T \alpha_t^s D(s, t). \quad (34)$$

Отсюда при $\tau=0$, $K(s, 0) = K(s)$

$$\sum_{t=1}^T D(s, t) \alpha_t^s = K(s) - \Pi(s) \alpha_T^s. \quad (35)$$

Таким образом, дисконтированная сумма прокатных оценок машины за срок ее службы равна ее первоначальной цене за вычетом (дисконтированного) ликвидационного сальдо (выше это было названо условием простого воспроизводства и вводилось экзогенно).

4. Из (27) вытекает, что отношения полных затрат по эксплуатации машины к ее производительности (удельные полные затраты) одинаковы для машин любого года выпуска. Утверждается, что общее значение этих удельных затрат совпадает с ценой единицы выполняемых работ. Обоснованность такого утверждения вытекает из следующих соображений.

Предположим, что цена единицы указанных работ ниже удельных полных затрат. В таком случае хозрасчетному подразделению невыгодно выполнять эти работы вообще, в любом объеме, так как прибыль будет меньше, чем нормативный процент на вложенный капитал. Допустим, наоборот, что цена единицы продукции превышает указанные затраты. Тогда, во-первых, подразделение стимулируется максимально расширить объем производства, что с точки зрения фирмы в целом не требуется. Во-вторых, уплачивая за выполненные работы больше, другие подразделения фирмы, использующие их результаты в последующих технологических процессах, несут убыток по сравнению с тем, что они могли бы иметь, если бы приобрели соответствующие машины и делали бы с их помощью все сами.

Изложенные соображения позволяют представить (27) в виде ограничения на величины «оптимальных» — «планово-расчетных» цен единицы соответствующих работ (далее они будут обозначаться через Π с индексом, указывающим, к какому году расчетного периода эти цены относятся)

$$3(s, t)/P(s, t) = \Pi_{s+t-1}, \quad t=1, \dots, T. \quad (36)$$

Эти соотношения с учетом (5) — (7) можно записать и иначе

$$\Pi_{s+t-1}P(s, t) = И(s, t) + D(s, t), \quad (37)$$

$$\Pi_{s+t-1}P(s, t) = И(s, t) + (1+r_{s+t-1})K(s, t-1) - K(s, t), \quad (38)$$

$$\Pi_{s+t-1}P(s, t) = И(s, t) + A(s, t) + r_{s+t-1}K(s, t-1). \quad (39)$$

Таким образом, цена работ, производимых машиной в некотором году ее эксплуатации, равна сумме текущих эксплуатационных издержек и прокатной оценки машины, или, что то же, сумме текущих издержек эксплуатации, амортизации и нормативной прибыли, исчисляемой по норме дисконта от стоимости машины на начало года.

Можно ли использовать полученные соотношения для определения всех неизвестных нам экономических показателей — остаточных цен машин, размеров амортизации и планово-расчетных цен выполняемых работ? Оказывается, только этих соотношений для указанных целей недостаточно. Рассмотрим в качестве примера ситуацию, когда известна только исходная информация о машинах, приобретаемых в первом году расчетного периода. Здесь имеется $(T-1)$ неизвестных значений остаточных цен $K(1, t)$, $1 \leq t \leq T-1$, и T неизвестных цен Π_t , $t=1, \dots, T$, в то время как для их определения мы располагаем всего T уравнениями (39). Нетрудно показать, что и в других случаях для решения задачи будет не хватать $(T-1)$ дополнительных соотношений.

Представляется, что такие дополнительные соотношения в общем случае должны носить эвристический характер, неявно отражая имеющуюся информацию о характере протекания процесса воспроизводства машинного парка в периоде, следующем за расчетным.

Вернемся к ситуации, когда исходная информация известна только по машинам, приобретаемым в первом году расчетного периода. Наиболее простым здесь представляется допущение, что на протяжении всего времени эксплуатации машины цена выполняемых работ будет постоянной

$$\Pi_1 = \Pi_2 = \dots = \Pi_T = \Pi = \text{const.} \quad (40)$$

Тогда решение задачи возможно в аналитической форме.

Действительно, определив из (37) прокатную цену машины и подставив ее в (35), получим уравнение для определения Π , решением которого будет

$$\Pi = \frac{K(1) + \sum_{t=1}^T И(1, t) \alpha_t - Л(1) \alpha_T}{\sum_{t=1}^T P(1, t) \alpha_t}. \quad (41)$$

Таким образом, цена выполняемых работ в этом случае оказывается равной отношению суммарных за срок службы машины дисконтированных затрат и производительности машины — удельным приведенным затратам. Теперь значения прокатных оценок и остаточной стоимости машины могут быть определены из соотношений (37) и (34)

$$D(1, t) = \Pi P(1, t) - I(1, t), \quad (42)$$

$$K(1, \tau) = \left[\alpha_T \Pi(1) + \sum_{t=\tau+1}^T \alpha_t D(1, t) \right] / \alpha_\tau = \\ = \Pi \sum_{t=\tau+1}^T \frac{\alpha_t}{\alpha_\tau} P(1, t) - \sum_{t=\tau+1}^T \frac{\alpha_t}{\alpha_\tau} I(1, t) + \frac{\alpha_T}{\alpha_\tau} \Pi(1). \quad (43)$$

Обратим внимание на то, что по мере эксплуатации машины ее производительность падает, а издержки эксплуатации растут. Это означает, что прокатная оценка машины с течением времени снижается, оставаясь, разумеется, неотрицательной. Более того, предположим, что подразделение, использующее машину, решило ее ликвидировать не через T лет службы, а на год раньше. Нетрудно убедиться, что по сравнению с оптимальным режимом эксплуатации подразделение понесло бы убыток в размере $r_T \Pi(1) - D(1, T)$. Для того чтобы эта величина была неотрицательной, нужно выполнение неравенства

$$\Pi P(1, T) - I(1, T) \geq r_T \Pi(1). \quad (44)$$

Аналогично, чтобы подразделению было невыгодно ликвидировать машину на год позже оптимального срока, требуется соблюдение неравенства

$$\Pi P(1, T+1) - I(1, T+1) \leq r_{T+1} \Pi(1). \quad (45)$$

Выполнение этих неравенств является необходимым условием для обеспечения минимального значения отношения (39). Другими словами, оптимальный срок службы машины должен обеспечить применяющему ее подразделению минимальные удельные приведенные затраты на соответствующие работы и значение этих затрат будет совпадать с планово-расчетной ценой данных работ.

Допущение (40) — чрезмерно ограничительное. Действительно, с течением времени меняются цены на ресурсы, используемые при эксплуатации машины, появляются новые, более эффективные машины, выполняющие ту же работу. Эти и иные факторы обуславливают и динамичность цен. Применительно к машинам некоторые проявления такой динамичности могут быть описаны термином «моральный износ». В частности, удешевление ресурсов, снижение цен новых машин по сравнению с их производительностью вызывают падение Π_t . Предположим, что характер такого падения — «темпы морального износа» — известны. Другими словами, известна некоторая функция времени $\omega(t)$ такая, что изменение цен Π_t пропорционально изменению этой функции (в простейшем случае постоянных темпов морального износа она имеет вид экспоненты). Такое, менее ограничительное условие, можно представить в виде

$$\Pi_t = \Pi \omega(t), \quad (46)$$

где Π — некоторая константа.

Решение задачи и в этом случае осуществляется аналогично. Определив из (37) прокатную цену машины и подставив ее в (35), получим уравнение для определения Π , решением которого будет

$$\Pi = \frac{K(1) + \sum_{t=1}^T I(1, t) \alpha_t - \Pi(1) \alpha_T}{\sum_{t=1}^T P(1, t) \omega(t) \alpha_t}. \quad (47)$$

После этого значения $D(1, t)$ и $K(1, t)$ определяются из (34) и (37)

Нетрудно проверить также, что и в этом случае оптимальный срок службы отвечает минимальному значению отношения (47). Однако смысл этого отношения становится несколько иным. Если в числителе дроби (47) стоят суммарные затраты по ее приобретению, эксплуатации и ликвидации, приведенные к началу расчетного периода только с учетом дисконта, производительность машины (в знаменателе) приводится к этому же году одновременно с учетом факторов разновременности (дисконта) и морального износа.

Перейдем теперь к общему случаю, когда известна информация о машинах, приобретаемых фирмой в течение некоторого достаточно продолжительного расчетного периода, составляющего M лет. Для того чтобы определить рациональную амортизационную политику применительно к этим машинам и установить рациональные планово-расчетные цены на работы, выполняемые машинами в этом периоде, необходима, как указывалось выше, дополнительная информация о последующем периоде. Будем предполагать, что эта информация может быть представлена в виде (47), т. е. предположим, что динамика цен работ в периоде, следующем за расчетным, известна и характеризуется некоторой функцией $\omega(t)$, $M \leq t \leq M+T$.

В этом случае решение задачи осуществляется в два этапа.

На первом рассматриваются машины, приобретаемые в последний год расчетного периода. Применяя к ним изложенные выше рассуждения, можно определить цены продукции в период $M \leq t < M+T$

$$\begin{aligned} \Pi_t &= \Pi \omega(t), \quad M \leq t < M+T, \\ \Pi &= \frac{K(M) + \sum_{t=1}^T И(M, t) \alpha_t^M - Л(M) \alpha_T^M}{\sum_{t=1}^T P(M, t) \omega(M+t-1) \alpha_t^M}. \end{aligned} \quad (48)$$

На втором этапе последовательно определяются цены продукции в годы $M-1, \dots, 1$. В этих целях используем соотношение (35), записав его с учетом (37) в виде

$$K(s) - Л(s) \alpha_T^s = \sum_{t=1}^T (\Pi_{s+t-1} P(s, t) - И(s, t) \alpha_t^s).$$

Отсюда

$$\Pi_s = \left[K(s) + \sum_{t=1}^T И(s, t) \alpha_t^s - Л(s) \alpha_T^s - \sum_{t=2}^T \Pi_{s+t-1} P(s, t) \alpha_t^s \right] / P(s, 1) \alpha_1^s. \quad (49)$$

Полученное соотношение выражает цену работ в году s через их цену в последующие годы и, следовательно, применяя его сначала для $s=M-1$, затем для $s=M-2$ и т. д., можно последовательно определить все неизвестные Π_t . После этого значения $D(s, t)$, $K(s, t)$, $A(s, t)$ рассчитываются из (24), (34) и (37).

Разумеется, и в данном случае требует проверки обоснованность установления оптимальных сроков службы машин. Действительно, если при выявлении тенденции изменения цен $\omega(t)$ были допущены просчеты, ранее принятые сроки службы машин могут оказаться неоптимальными. Для контроля оптимальности сроков службы нужны два условия.

1. Ни в каком году эксплуатации остаточная стоимость машины не должна снижаться до уровня, меньшего, чем ее ликвидационное сальдо (в противном случае подразделению будет выгоднее ликвидировать машину, чем продолжать ее эксплуатировать)

$$K(s, t) \geq Л(s), \quad t=1, \dots, T. \quad (50)$$

2. Подразделению должно быть невыгодно эксплуатировать машину по истечении оптимального срока. Это условие может быть представлено в виде, аналогичном (45)

$$C_{s+T}P(s, T+1) - I(s, T+1) < r_{s+T}J(s). \quad (51)$$

Остановимся на некоторых аспектах влияния факторов технического прогресса на амортизационную политику.

Предположим, что при некоторой информации о приобретаемой в перспективе технике задача решена и определены все цены продукции и машин. Предположим теперь, что в фирму поступает новая информация о возможности приобретения, начиная с некоторого года M расчетного периода, более эффективной техники (например, более производительной и более дешевой в производстве и применении). Как изменится решение задачи после получения этой информации?

Поступление в парк более эффективных машин приведет, очевидно, к тому, что, начиная с года M , цена выполняемых машинным парком работ уменьшится. Нетрудно, однако, проверить, что в соответствии с формулой (49) цена этих же работ, выполняемых в году $(M-1)$, возрастет. Соответственно увеличатся и объемы амортизации всех машин парка в этом году. Другими словами, появление новой, более эффективной техники приведет к частичному обесцениванию «старой» техники, в том числе, выпущенной за год до появления новой, причем это обесценивание в форме повышенной амортизации будет перенесено на цену выполняемых работ. В несколько меньших масштабах такое явление имело место и в предыдущие годы — машинный парк как бы «заблаговременно готовился» к предстоящему в году M обесцениванию. Важно, однако, отметить, что в подобной ситуации ранее установленные сроки службы машин могут оказаться неоптимальными и, например, размеры обесценивания будут настолько велики, что обусловят более раннюю ликвидацию машин, выпущенных в годы $(M-1, M-2, \dots)$. В этом случае установление размеров цен машин и выполняемых ими работ потребует проведения расчетов с учетом изменения сроков службы, точнее — зависимости их от года приобретения машин. Технически такие расчеты могут быть выполнены следующим образом.

Прежде чем определять по (49) цену работ, выполняемых в году s , следует установить оптимальный срок службы машин, приобретаемых в этом году. В этих целях можно использовать неравенства (50) и (51). После этого значение C_s находится из (49) уже при оптимальном сроке службы машин T лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перестройка управления экономикой. Проблемы, перспективы. М.: Экономика, 1989.
2. Этот трудный, трудный путь. М.: Мысль, 1989.
3. Комплексная оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса. Методические рекомендации и комментарий по их применению. М.: Информэлектро, 1989.
4. Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Математическое моделирование процессов амортизации основных фондов. Тр. ИКТП. Вып. 36. М., 1973.
5. Лившиц В. Н. Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах. М.: Экономика, 1971.
6. Лившиц В. Н. Оптимизация при перспективном планировании и проектировании. М.: Экономика, 1984.
7. Канторович Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М.: Изд-во АН СССР, 1959.
8. Лурье А. Л. О математических методах решения задач на оптимум при планировании социалистического хозяйства. М.: Наука, 1964.
9. Новожилков В. В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. М.: Экономика, 1967.
10. Мовшович С. М., Овсиенко Ю. В. Об определениях и применении норматива эффективности капитальных вложений // Экономика и мат. методы. 1977. Т. XIII. Вып. 4.

Поступила в редакцию
21 V 90