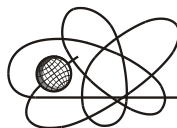




Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**



ИБРАЭ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**NUCLEAR SAFETY
INSTITUTE**

Препринт ИБРАЭ № ИВРАЕ-1998-07

Preprint IBRAE-1998-07

А.Н.Кархов

**РАВНОВЕСНОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ В
ЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ
ДИСКОНТИРОВАННОЙ СТОИМОСТИ**

Москва 1998

Moscow 1998

Кархов А.Н. РАВНОВЕСНОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ ДИСКОНТИРОВАННОЙ СТОИМОСТИ. Препринт № ИБРАЭ-98-07. Москва. Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Май 1998. 58 с. — Библиогр.: 28 назв.

Аннотация

Обсуждается используемое в энергетике ценообразование на основе производственной, приведенной и дисконтированной стоимости. Доказывается, что величина показателя дисконтирования определяется темпом снижения стоимости энергии в результате научно-технического прогресса и не связана с процентом на капитал, влияющим исключительно на цену энергии. Исходя из известного определения приведенной стоимости, теории фирмы, а также постановки ряда прикладных задач, получено общее выражение закона ценообразования. Показывается, что принцип равновесного ценообразования изначально используется в теории приведенных затрат. Однако введение в эту теорию норматива эффективности капиталовложений приводит к нарушению этого основополагающего принципа. Равновесное ценообразование рассматривается в качестве основы экономического сопоставления вариантов развития энергетики в условиях рыночной экономики.

©ИБРАЭ РАН, 1998

Karkhov A.N. THE EQUILIBRIUM PRICE FORMATION IN ENERGY GENERATION ON BASIS OF THE DISCOUNT COST. Preprint IBRAE-98-07. Moscow. Nuclear Safety Institute. June 1998. 58 p. — Refs.: 28 items.

Abstract

Price formation for electricity generation is discussed on the basis of the production, leveled and discount costs. It is demonstrated that discount rate is determining by the electricity cost decline rate as the result of scientific and technical progress and is not connected with percent on capital investment. Starting from famous determination of leveled cost, firm's theory and also setting line of the applied tasks is came by common equation for the price formation law. It is shown that rule of equilibrium price formation used in the leveled cost theory from the very beginning. However enactment into this theory of the investment efficiency normative lead to violation of this bedrock rule. The equilibrium price formation is considered as the basis of the economy matching of the energy development versions into market economy.

©Nuclear Safety Institute, 1998

РАВНОВЕСНОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ ДИСКОНТИРОВАННОЙ СТОИМОСТИ

А.Н.Кархов

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
113191, Москва, ул. Б. Тульская, 52
тел.: (095) 955-26-39, факс: (095) 958-11-51, эл. почта: ank@ibrae.ac.ru

Работа получила поддержку Российского фонда фундаментальных исследований
(проект №97-02-17676)

Содержание

Содержание.....	3
Краткое содержание.....	4
1 "Прейскурантное" и "нормативное" ценообразование	5
2 Дисконтированные затраты.....	9
3 Дисконтированная стоимость продукции	12
3.1 Определение дисконтированной стоимости	12
3.2 Независимость дисконтированной стоимости от года приведения	14
3.3 Составляющие дисконтированной стоимости продукции	15
3.3.1 Составляющая эксплуатационных издержек	15
3.3.2 Составляющая реновации как возмещение физического износа	16
3.3.3 Составляющая, ответственная за моральный износ.....	17
3.4 Сравнение составляющих возмещения морального и физического износа.....	19
4 Оценка значений показателей дисконтирования и приведения	20
4.1 Численная оценка показателя дисконтирования.....	20
4.2 Дисконтированная и приведенная стоимости	21
5 Ценообразование на основе дисконтированной стоимости	22
5.1 Обобщение "нормативного" ценообразования	22
5.2 Ценообразование на основе теории фирмы	23
5.3 Ценообразование и управление производством	24
5.4 Ценообразование применительно к оплате труда.....	25
6 Определение удельных затрат на развитие.....	26
7 Финансирование и ценообразование.....	29
7.1 Финансирование как способ покрытия затрат на развитие	29
7.2 Финансирование посредством кредитования.....	31
7.3 Сравнение различных способов финансирования развития	32
7.4 Цены основных и оборотных фондов.....	33
7.5 Самофинансирование — условие объективного сравнения вариантов развития	35
8 Показатели эффективности инвестиционных проектов	38
8.1 Показатель чистой текущей стоимости (NPV).....	39
8.2 Показатель рентабельности (SRR)	40
8.3 Показатель внутренней нормы окупаемости (IRR)	41
8.4 Показатель времени возврата инвестиций ("срока окупаемости", РВР)	41
8.5 Показатель нормы прибыльности (PR).....	42
9 Равновесное ценообразование в условиях конкуренции	43
9.1 Равновесное ценообразование как обобщение "нормативного"	43

9.2 Зависимость индивидуальных темпов и равновесной цены от спроса.....	45
9.3 Зависимость предельных цен фондов от спроса.....	48
10 Ценообразование и моделирование развития энергетики	52
11 Заключение	56
Благодарности	57
Список литературы	57

Краткое содержание

Отсутствие единого подхода к ценообразованию как в отечественной, так и международной теории и практике, приводящее к использованию таких виртуальных понятий, как “двойственные оценки”, “теневые цены” и т.п., существенно снижает практическую ценность экономических расчетов в энергетике. При определении цены энергии часто ограничиваются учетом только лишь производственных издержек (Production Cost), которые всегда оказываются заметно ниже приведенных (дисконтированных) затрат (Levelized Cost), используемых в международном теоретическом анализе экономической эффективности энергетических технологий.

При определении дисконтированной стоимости одним из принципиальных моментов является необходимость дисконтировать не только разновременные затраты, но также и разновременные выпуски продукции. Последняя процедура, легко выполняемая математически, тем не менее до последнего времени не имела четкого экономического обоснования. Возникали серьезные противоречия при ценообразовании на основе приведенной (дисконтированной) и производственной стоимостей, т.е. между теорией и практикой ценообразования, приводившие в конце концов к противоречивости прогнозов развития энергетики. Целью данной работы является попытка сгладить указанные противоречия, для чего проделано следующее.

1. Представлен достаточно подробный анализ теории дисконтированных затрат и составляющих дисконтированной стоимости. Показано, что величина “капитальной” составляющей дисконтированной стоимости полностью определяется затратами на компенсацию физического и морального износа основных фондов в процессе производства и не включает процент на капитал. Признание существования морального износа приводит к необходимости дисконтировать разновременные выпуски продукции, одновременно придавая этой процедуре строгое экономическое обоснование.

2. Обосновывается существенное различие экономических процессов, лежащих в основе понятий дисконтирования и процента на капитал, математическое описание которых тем не менее оказалось во многом подобным, что и привело к отождествлению этих понятий. Показано, что показатель дисконтирования определяет темп снижения стоимости продукции в результате научно-технического прогресса (НТП), численные значения которого оказываются по разным оценкам в диапазоне 0,01-0,03 (1-3% годовых), что примерно в 3-10 раз меньше значений процента на капитал. Поскольку для условий России сегодня затраты на НТП минимальны, показатель дисконтирования оказывается на нижней границе указанного диапазона. Использование существенно меньших значений показателя дисконтирования практически устраняет несоответствие дисконтированной и производственной стоимостей. Поскольку показатель дисконтирования оказывается в несколько раз ниже характерных значений для показателей налогов (0,2-0,4) и инфляции (0,05-0,1), эффект морального износа просто “теряется” среди этих более сильных эффектов. Например, если за счет инфляции цены растут на 10% в год, а за счет НТП снижаются на 1% в год, то влияние НТП вряд ли обнаружится. Просто будет выявлено статистикой, что инфляция составила 9% годовых.

3. Обоснована связь показателя процента на капитал с прибылью. Сравнение экономической эффективности энергетических технологий производится в условиях самофинансирования (т.е. непосредственного кредитования производителей потребителями, без посредников), при котором покрываются полные производственные издержки (самокупаемость, включая НТП) и затраты на

развитие (прибыль). Ценообразование при самофинансировании сопоставляется с возможным финансированием посредством кредитования и инвестирования.

4. Исходя из концепции приведенных затрат, получено общее выражение закона ценообразования, включающее дисконтированную стоимость и прибыль, пропорциональную индивидуальному темпу развития. Демонстрируется использование этого закона как при управлении фирмой, так и семейным бюджетом. Величина индивидуального темпа развития однозначно определяет численные значения хорошо известных обобщенных показателей эффективности инвестиций:

- NPV (Net Present Value of Discounted Cash Flow) — "интегральный дисконтированный доход".
- SRR (Simple Rate of Return) — рентабельность, т.е. отношение прибыли к капвложениям.
- IRR (Internal Rate of Return) — процент на инвестированный капитал.
- PBP (Pay-Back Period) — время возврата (срок окупаемости) инвестиций.
- PR (Profit Rate) — норму прибыльности инвестиций.

5. На основании законов сохранения и ценообразования получена система уравнений равновесия, определяющая индивидуальные темпы развития технологий в условиях рынка с некоторым темпом роста спроса на продукцию (электроэнергию). Подробно проанализированы равновесные решения этой системы и соответствующие им принципы равновесного ценообразования для простейшего случая двух конкурирующих энергетических технологий.

6. Обсуждается соответствие разработанных ранее экономико-математических моделей для изучения развития систем энергетики принципам равновесного ценообразования в условиях самофинансирования, т.е. равновесного развития за счет прибыли. Утверждается, что модели, основанные на использовании "физических" ограничений по ресурсам (например, модели линейного программирования) и (или) неравновесных критериев оптимизации (т.е. критериев вида $\min U$ или $\max U$, где U — целевая функция) не могут быть использованы по принципиальным соображениям.

Экономико-математические модели с "физическими" ограничениями некорректны, поскольку в рыночной экономике нет никаких ограничений, кроме ценовых. Этот вывод вполне согласуется с теоремой двойственности и двойственными оценками (теневыми ценами) ограниченных ресурсов. Однако ни в одной из подобных моделей не указывается, куда следует направлять средства, образующиеся в результате использования теневых цен, так же, как и прибыль предприятий, образующуюся при использовании рыночных цен продукции. Последнее обстоятельство лишает указанные модели возможности описать динамику, свойственную рыночной экономике.

Неравновесные критерии не могут использоваться в экономико-математических моделях как противоречащие общему закону ценообразования, поскольку фактически не учитывают хорошо известную из рыночной практики зависимость цены от спроса. Последний вывод подтверждается тем обстоятельством, что оптимальное решение при неравновесном критерии зачастую оказывается очень чувствительным (вплоть до потери устойчивости) к малым изменениям исходных данных. Использование общего закона ценообразования приводит к равновесию технологий на развивающемся рынке, вследствие чего характер решения кардинальным образом меняется, приводя к равноэкономичности одновременно всех технологий, однако развивающихся с различными индивидуальными темпами.

1 "Преискурантное" и "нормативное" ценообразование

Ценообразование является главнейшим элементом как практической деятельности в экономических системах, так и теоретического экономического анализа. Тем не менее, и в мировой практике, и в экономической теории, как ни странно, пока еще не выработан единый подход к формированию цен ресурсов и готовой продукции. До сих пор встречаются существенно различающиеся подходы к ценообразованию, что зачастую приводит к целому ряду недоразумений и неверных выводов (к сожалению, встречающихся даже в документах государственного уровня) относительно экономичности различных технологий и систем энергетики.

Для того, чтобы разобраться с различными подходами к ценообразованию, имея в виду в первую очередь приблизить теорию к практике, ниже сопоставляются различные подходы к определению приведенных и дисконтированных затрат, стоимостей и цен, показывается сходство и отличие между ними, обсуждается экономический смысл показателей дисконтирования и процента на капитал. Дело в том, что до сих пор в теории показатели дисконтирования и процента на капитал отождествляются, что приводит к путанице в экономическом анализе, недопустимому несоответствию теории и практики. Место и роль этих показателей должным образом не выяснены как отечественной, так и мировой экономической наукой, что не позволяет превратить теорию дисконтированной стоимости (включающую особую процедуру дисконтирования продукции) в основу общепризнанной и повсеместно используемой методологии ценообразования.

В капиталистических странах с децентрализованной рыночной экономикой получение процента на любой капитал — помещенный в банк или производство — является делом признанным обществом и официально узаконенным. В бывшем СССР и других странах с централизованной экономикой долгое время господствовала идеология, в соответствии с которой процент на капитал считался исключительно порождением капитализма и поэтому в силу объективных тенденций развития общества должен быть отменен, как экономическая категория, противоречащая социализму. В явном виде существовал лишь относительно небольшой процент на сбережения в сбербанке, объяснявшийся исключительно желанием государства аккумулировать свободные средства населения.

С основной массы централизованных капиталовложений в СССР никакой процент никогда не брался, что обосновывалось политэкономией социализма. Опиравшийся на эту теорию методологический подход к определению экономической эффективности и практическому ценообразованию (назовем этот подход "прейскурантным") не включал процент на капитал в стоимость продукции. В эту стоимость (себестоимость) включалась лишь амортизация, объединявшая затраты на ремонт в процессе эксплуатации и затраты на полное восстановление (реновацию) основных фондов после окончания срока их работы, определяемого нормативом T_p [1]. В прейскурантную цену P_n включалась прибыль в виде некоторой доли стоимости C (порядка 10-20%) [2], [3]. Таким образом, основная формула, использовавшаяся Госкомцен СССР при обосновании прейскурантов цен для производителей (тарифов в энергетике), имела вид:

$$P_n = C + b_r * C = (1 + b_r) * C, \text{ [руб./ед. прод.]} \quad (1.1)$$

где $C=I/q$ — стоимость (себестоимость) единицы продукции, [руб./ед. прод.];

I — годовые эксплуатационные издержки (оборотные фонды), [руб./год], определяемые с учетом реновации основных фондов, пропорциональной $1/T_p$ [1/год];

q — годовой выпуск продукции, [ед. прод./год]; в энергетике в качестве единицы продукции принято использовать киловатт час [кВт·ч];

$V_n=b_r*C$ — прейскурантная прибыль, b_r — норматив рентабельности (прибыльности), устанавливавшийся Госкомцен в пределах 0,1-0,2.

Прейскурантное ценообразование основывалось практически исключительно на себестоимости. Нормативная прибыль V_n играла роль премии, т.е. некоторой надбавки за эффективность производства, не зависевшей от эффективности использования капиталовложений. По отношению к электроэнергетике формула (1.1) часто преобразовывалась таким образом, чтобы описать так называемый двухставочный тариф, применявшийся в разное время для большинства промышленных и приравненных к ним потребителей. Последний включал отдельно плату за кВт установленной мощности и плату за каждый кВт·ч потребляемой энергии, т.е. практически плату за потребленное топливо (топливную составляющую себестоимости).

При прейскурантном ценообразовании фактически стоимость выполняла роль цены продукции для производителей, в то время, как в цену для конечных потребителей включался так называемый налог с оборота, игравший роль прибыли, и таким образом большая часть прибыли оставалась у государства, распределявшего её централизованно и независимо от того, откуда получена эта прибыль.

Однако экономисты—энергетики все время наталкивались на ограниченность такого подхода при экономическом обосновании выбора наилучших вариантов капиталовложений в новые объекты и технологии. Поэтому для сравнения вариантов развития энергетики начиная с 50-60гг. в СССР разрабатывались методологические принципы ценообразования на основе так называемых приведенных затрат, т.е. таких затрат, в состав которых наряду с ежегодными издержками включались также

капиталовложения в преобразованном ("приведенном") виде. Последнее достигалось посредством использования некоторого норматива эффективности, который фактически играл роль процента на капитал [4-8].

Исходные положения методологии приведенных затрат изначально обосновывались следующим образом [7], [8]. Предположим сравниваются две энергетические технологии, обеспечивающие тождественный потребительский эффект, определяемый одинаковым годовым выпуском продукции q [кВт·ч/год]. Пусть капиталовложения и ежегодные эксплуатационные издержки у технологии $\underline{1}$ составляют K_1 [руб] и I_1 [руб/год], а у технологии $\underline{2}$ соответственно K_2 [руб] и I_2 [руб/год]. Если не принимать во внимание различия капиталовложений, то лучшей (при "прейскурантном" ценообразовании) технологией будет та, у которой меньшие годовые эксплуатационные издержки, например, вторая, если $I_2 < I_1$. Поскольку обычно экономия ежегодных издержек достигается за счет использования дополнительных капиталовложений, имеет место ситуация, когда при $I_2 < I_1$ имеем $K_2 > K_1$. В этом случае всегда можно составить соотношение:

$$(I_1 - I_2) / (K_2 - K_1) = E_{c3},$$

где E_{c3} — некоторое число, большее нуля, имеющее размерность [1/год] и называемое коэффициентом сравнительной эффективности дополнительных капитальных вложений. Обратную величину по отношению к показателю E_{c3} принято называть сроком окупаемости дополнительных капиталовложений.

Преобразуя последнее соотношение, получаем условие равенства приведенных затрат (при равенстве результатов — по условию) для этих технологий в виде

$$E_{c3} * K_1 + I_1 = E_{c3} * K_2 + I_2. \quad (1.2)$$

Равенство (1.2) определяет величину показателя E_{c3} , при которой технологии $\underline{1}$ и $\underline{2}$ обладают одинаковыми приведенными затратами при выработке одного и того же количества продукции q [кВт·ч/год]. Если разделить и правую и левую части равенства (1.2) на q , то получим выражение цены продукции (кВт·ч), которая оказывается в данном случае равной у обеих технологий.

В теории приведенных затрат [7], [8] вместо показателя E_{c3} вводится некоторый показатель E_n - норматив эффективности использования капиталовложений (норматив приведения). Соответственно годовые приведенные затраты определяются выражением:

$$Z = K * E_n + I.$$

В этом случае обычно одна из технологий ($\underline{1}$ или $\underline{2}$) оказывается экономичнее другой. Например если $E_n < E_{c3}$, то экономичнее оказывается технология $\underline{1}$, тогда как при $E_n > E_{c3}$ экономичнее становится технология $\underline{2}$. Таким образом, выбор норматива приведения непосредственно сказывается на относительной экономичности технологий. Обратим особое внимание на это обстоятельство, объяснение которому будет дано ниже.

Утвержденными методиками (см. например [6]) устанавливалось некоторое численное значение норматива эффективности использования капиталовложений (по смыслу — единое для всего народного хозяйства), равное $E_n = 0,12$. Однако в отдельных случаях все же допускались отступления от этого норматива. Например, для обоснования эффективности капиталовложений в атомной энергетике устанавливался норматив $E_n = 0,1$. Для обоснования новой техники некоторыми отраслевыми методиками настоятельно рекомендовался норматив $E_n = 0,15$.

В процессе экономического анализа всегда удобнее пользоваться удельными приведенными затратами на производство единицы продукции, т.е. ценами. В этом случае отпадает необходимость сравнивать технологии исключительно в условиях одинакового потребительского эффекта, т.е. осуществляется переход к "нормативному" ценообразованию. Цена продукции P_n при "нормативном" ценообразовании определяется выражением:

$$P_n = Z/q = (K/q) * E_n + I/q = k * E_n + C, [\text{руб./ед. прод.}] \quad (1.3)$$

где q — годовая выработка продукции, [ед. прод./год] при затратах Z [руб./год];
 $k = K/q$ — капиталовложения на единицу производительности, [руб./ед. прод./год], т.е. [руб.*год/ед. прод.];

$C=I/q=k/T_p+i$ — величина стоимости продукции, полностью совпадающая с величиной C в (1.1), где в свою очередь, слагаемое k/T_p есть реновация и слагаемое i включает все прочие составляющие эксплуатационных издержек, [руб/ед. прод.].

Таким образом, при "нормативном" ценообразовании [6-9], цена продукции P_n оказывается равной сумме стоимости (себестоимости) C и нормативной прибыли $B_n=k*E_n$, пропорциональной капиталовложениям. Величину $1/E_n=T_n$ было принято называть "нормативным" сроком (периодом) окупаемости капиталовложений. Имеется в виду, что сумма прибыли, полученной за время T_n , равна первоначальным капиталовложениям в производство, т.е. за это время капиталовложения как бы полностью возвращаются. В отличие от "прейскурантного" ценообразования нормативную прибыль нельзя считать премией, поскольку эта прибыль не связана непосредственно с эффективностью производства продукции (живого труда), а определяется прошлым трудом. "Нормативное" ценообразование основывается на использовании двух характеристических временных нормативов:

- времени коммерческой эксплуатации производственного объекта (технологии) T_p ;
- времени окупаемости капиталовложений $T_n=1/E_n$.

Последний норматив для разработчиков новых объектов и технологий являлся фактически нормативом на прибыль. Экономически эффективными считались только такие производства, которые были способны окупаться за время $T_{ок}$, равное или меньшее нормативного срока: $T_{ок} \leq T_n=1/E_n$. Поэтому величина прибыли, которую производитель обязан был включать в расчетную цену продукции, определялась соотношением: $B_n \geq k/T_n$.

Технология, которая при $E=E_n$ имела наименьшую цену продукции P_n (1.3), считалась наиболее экономичной, т.е. предлагалось выбрать лучшей технологии осуществлять на основе критерия минимума "нормативной" цены продукции " $\min P_n$ ", что эквивалентно минимуму приведенных затрат " $\min Z$ " при одинаковом потребительском эффекте.

Методиками [2], [3] предписывалось использовать "прейскурантный" подход для практического ценообразования (в Госкомцен СССР), тогда как "нормативный" подход — только лишь при обосновании экономической эффективности [6] (в Госплане СССР), но ни в коем случае не для практического ценообразования. В результате выбор наилучших вариантов, объектов или технологий при использовании "нормативного" подхода осуществлялся в отрыве от реального ценообразования. Поэтому на практике технология, лучшая с точки зрения "нормативного" ценообразования, чаще всего оказывалась вовсе не лучшей при реальном ("прейскурантном") ценообразовании. И при этом ни в одной из утвержденных методик даже не поднимался вопрос о том, куда должна тратиться получаемая прибыль.

Например, по критерию " $\min P_n$ " (1.3) в большинстве случаев для инвесторов (государства) строительство тепловых электростанций (ТЭС) более предпочтительно по сравнению с сооружением гидроэлектростанций (ГЭС). Однако производственные издержки и соответственно прейскурантная цена кВт·ч отпущенной электроэнергии (1.1) у ГЭС, как правило, оказывались много ниже, чем у ТЭС, что практически и отражалось в оплате электроэнергии потребителями (в тарифах). В результате для потребителей ГЭС представляются экономически более выгодными, чем ТЭС. Аналогичная ситуация возникает и при сравнении экономичности ТЭС и АЭС в конкретных регионах. Более того, при "нормативном" сравнении технологий по приведенным затратам (1.3) (критерий " $\min P_n$ ") обычно использовались значения цен потребляемых ресурсов (органического топлива), определявшиеся на основании (1.1), т.е. смешивались "нормативный" и "прейскурантный" подходы, что совершенно запутывало экономический анализ и не позволяло корректно выбрать лучшую технологию.

Отсутствие единого строгого подхода к ценообразованию, сильно снижающее практическую ценность экономических расчетов в энергетике, имеет место также и за рубежом. Часто при определении стоимости энергии ограничиваются данными только лишь о производственных затратах (Production Cost), всегда оказывающихся заметно ниже приведенных затрат (Levelized Cost или Generation Cost), используемых в международной практике при сравнении эффективности энергетических технологий.

2 Дисконтированные затраты

Важной методологической проблемой экономического анализа является учет влияния разновременности затрат и результатов. При описанных выше "прейскурантном" и "нормативном" ценообразовании, никаких поправок на разновременность затрат и результатов не производилось.

Для учета разновременности при "нормативном" ценообразовании на основе приведенных затрат было предложено ввести специальный показатель (норматив) дисконтирования (приведения) во времени. Для этого предлагалось производить умножение (или деление) затрат (1.3) и результатов (т.е. разновременных выпусков продукции) на функцию сложных процентов $(1+E_d)^t$, где E_d — есть норматив дисконтирования. Следовательно в методологии приведенных затрат был введен третий характеристический временной показатель $T_d=1/E_d$ в дополнение к введенным выше показателям T_p и $T_{ок}$. Появление двух различных нормативов приведения E_n и E_d , вызвало критику "нормативной" методологии приведенных затрат [5], [11], опирающуюся на общую теорию дисконтированных затрат и стоимостей. Предлагалось просто приравнять эти нормативы, т.е. фактически оставить только норматив дисконтирования. Для того, чтобы внимательно разобраться с проблемой дисконтирования, ниже приводится достаточно подробное описание методологии дисконтированных затрат.

Из практики известно, что при наличии процента на капитал суммы хранящихся в банке денег приобретают зависимость от времени. Действительно, если на некоторую сумму S ежегодно начисляется процент $E>0$, то через год эта сумма превратится в $S*(1+E)$, через два года - в $S*(1+E)^2$ и т.д. При "обратном" ходе времени, т.е. если необходимо определить, какова была сумма S в предыдущие годы, очевидно сумму S надо не умножать, а делить на функцию $(1+E)^t$ и следовательно показатель степени t оказывается отрицательным. Подобная зависимость количества денег (и соответственно затрат) от времени появляется и при дисконтировании, однако сразу же оговоримся о том, что связь процента на капитал и дисконтирования чисто внешняя, обусловленная сходством используемых математических выражений. Поскольку в рассматриваемой ниже теории используется единственный норматив дисконтирования, далее будем обозначать этот норматив просто E .

Как обычно, будем предполагать, что капиталовложения в объект (энергоблок) делаются в интервале времени $-T_c<t<0$ (здесь и далее будем оперировать временными интервалами, выраженными в относительных единицах), в течение которого $Kt>0$, тогда как $It=0$, поскольку блок еще не работает. При $t\geq 0$ будем полагать, что $Kt=0$ и появляются издержки $It>0$, которые существуют вплоть до $t=T_p$ (вывод объекта из эксплуатации). Для простоты не будем учитывать затраты, которые возможно понадобятся для окончательной ликвидации объекта (энергоблока). Тогда суммарные затраты в некоторый энергетический объект за все время t (лет) от начала строительства ($t = -T_c$), до пуска в эксплуатацию (момента приведения $t=0$) и далее до окончательного снятия с эксплуатации ($t=T_p$), определяются выражением [5], [7]:

$$Z = \sum_{t=-T_c}^{T_p} (Kt + It) * (1 + E)^{-t}, \quad (2.1)$$

где Z — суммарные дисконтированные затраты за весь рассматриваемый период времени, [долл.];

E — показатель ("норматив") дисконтирования, [1/год];

Kt — реальные капиталовложения, делаемые в году t ($t<0$), [долл./год];

It — реальные эксплуатационные издержки в году t ($t>0$), [долл./год].

Обратим внимание на очень важное для дальнейшего рассмотрения обстоятельство, состоящее в том, что в (2.1) учитываются исключительно реальные затраты, т.е. реновационные отчисления (сокращенно "реновация") и прибыль в состав затрат (2.1) изначально не включаются в отличие от того, что имеет место при "прейскурантном" (1.1) и "нормативном" (1.3) ценообразовании. С помощью множителя $(1+E)^{-t}$ в составе затрат (2.1) учитывается дисконтирование совершенно аналогично тому, как это делается при начислении процента на капитал.

Выражения по смыслу аналогичные (2.1) широко используются в экономическом анализе, в том числе анализе систем энергетики [4-5, 8-10], многократно воспроизводятся в различных отечественных и иностранных источниках. И тем не менее, в самой структуре записи выражения (2.1) содержатся принципиальные неточности, существенно ограничивающие возможности практического использования этого выражения, заключающиеся в следующем:

- в показателе степени находится размерная величина [год], что совершенно недопустимо при строгом анализе;
- размерная величина $E[1/\text{год}]$ складывается с безразмерной величиной (единицей);
- вследствие сказанного выше, формально размерность правой части неопределенна, т.е. размерности правой и левой частей выражения (2.1) не совпадают.

Основная причина этих неточностей состоит в том, что для периодов времени менее года используется функция простых процентов, тогда как к периодам более года применяется функция сложных процентов, что сильно затрудняет строгий математический анализ экономических процессов.

Вместе с тем, обратившись, например, к работе [11], обнаруживаем что избавиться от указанных неточностей можно, если математически строго выполнить операцию начисления сложных процентов в выражении (2.1). Для этого согласно [11] необходимо в (2.1) ввести некоторое целое число m , определяющее количество операций начисления процента на капитал, производимых в течение единичного интервала времени Δt (обычно для энергетики $\Delta t=1\text{год}$). В итоге получаем следующее выражение:

$$Z = \sum_{t=-T_c}^{T_p} (Kt + It) * (1 + E / m)^{-m*t} * \Delta t . \quad (2.2)$$

Безусловно с практической точки зрения, как можно более частое начисление процентов ($m \rightarrow \infty$) также является наиболее корректным способом обращения с капиталом. Применяя этот способ, получаем:

$$\lim (1 + 1/m)^m = e \text{ при } m \rightarrow \infty, \text{ где } e = 2,718\dots$$

$$\lim (1 + E/m)^{-m*t} = e^{-E*t} \text{ при } m \rightarrow \infty.$$

В работе [11] даны подробные пояснения и примеры, демонстрирующие изменение численных результатов дисконтирования на основе единовременного (как в (2.1), где $m=1$), или многократного в течение года ($m \gg 1$) начисления процентов (2.2). Показывается, что отличия оказываются небольшими, но все же заметными.

Особенно заметной неточность оценок дисконтированных затрат при годовом начислении процентов оказывается при наличии инфляции. Переход от номинальной нормы дисконтирования $E_{\text{ном}}$, включающей эффект инфляции, к реальной норме дисконтирования $E_{\text{реа}}$ при использовании выражения (2.1) производится с помощью формулы:

$$E_{\text{реа}} = (1 + E_{\text{ном}}) / (1 + E_{\text{инф}}), \quad (2.3)$$

где $E_{\text{инф}}$ — показатель инфляции, [1/год]. Например, если номинальная норма дисконтирования составляет 35%/год, а инфляция равна 25%/год, то согласно формуле (2.3) реальная норма процента получится равной $E_{\text{реа}}(m=1)=8\%/год$. Однако при использовании непрерывного начисления процентов имеем:

$$E_{\text{реа}} = E_{\text{ном}} - E_{\text{и}} . \quad (2.3')$$

Следовательно в условиях того же примера получаем: $E_{\text{реа}}(m \gg 1)=10\%$ год. Как видим, различие реальных норм дисконтирования, обусловленное только лишь отличием подходов к начислению процентов, оказывается весьма существенным.

Поэтому использование весьма распространенного, однако некорректного подхода к экономическим оценкам, основанного на годовом начислении процентов, нельзя ничем оправдать, особенно сейчас, когда практически все расчеты производятся на ЭВМ. Именно экспоненциальная функция должна всегда использоваться в выражениях вида (2.1) и (2.2) для корректного учета разновременности затрат (дисконтирования):

$$Z = \sum_{t=-T_c}^{T_p} (Kt + It) * e^{-E*t} * \Delta t . \quad (2.4)$$

Переходя в (2.4) к пределу $\Delta t \rightarrow 0$, получим выражение дисконтированных затрат в виде:

$$Z = \int_{-T_c}^{T_p} (Kt + It) * e^{-E*t} * dt . \quad (2.5)$$

Выражение (2.5), имея тот же смысл, что и выражения (2.1), (2.2), (2.4), тем не менее существенно расширяет возможности проведения количественных оценок и доказательств целого ряда свойств дисконтированных затрат посредством использования хорошо развитого аппарата интегрального исчисления. В зависимости от вида решаемой задачи можно пользоваться выражением затрат в виде (2.4) или (2.5). При этом интервал начисления процентов (который должен быть как можно меньше: $1/m \rightarrow 0$) и интервал наблюдения (определяемый динамикой экономического процесса) dt , оказываются практически связанными между собой лишь одним условием: $dt \gg 1/m$.

На основе выражений (2.4) и (2.5) строится такой широко используемый в практике экономических (особенно международных) оценок показатель эффективности инвестиций, как NPV (Net Present Value). В состав этого показателя входят со знаком минус затраты Z (2.4)-(2.5) и с положительным знаком доход от продажи продукции. Если за обозримое время (менее, чем T_p) показатель NPV станет положительным, то делается вывод о том, что инвестиции целесообразны.

Может возникнуть вопрос о том, какой момент инвестиционного процесса, длящегося от $t=-T_c$ до $t=T_p$, выбирать в качестве момента приведения ($t=0$). Требующиеся затраты Z зависят от того, является моментом приведения начало эксплуатации объекта (как в (2.5)) или начало строительства объекта, как это имеет место в следующем выражении:

$$Z_0 = \int_0^{T_c+T_p} (Kt + It) * e^{-E*t} * dt . \quad (2.6)$$

Не трудно убедиться в том, что $Z_0 < Z$, т.е. только в результате смены момента приведения меняется величина затрат. Объяснение этому результату содержится в утверждении, что всегда моментом приведения $t=0$ является такой момент времени, когда все инвестиции уже сделаны.

Наиболее часто в экономическом анализе рассматривается случай, описываемый выражениями (2.4)-(2.5), т.е. когда предполагается, что инвестиции делаются по мере необходимости во время строительства (например, за счет кредита). На "замороженные" до пуска объекта капиталовложения условно (ниже будет дано более корректное обоснование) начисляются проценты $E[1/\text{год}]$, что увеличивает общие затраты на сумму этих процентов.

Использование случая, описываемого выражением (2.6), означает предположение, что все средства, необходимые для строительства объекта, одномоментно при $t=0$ вносятся на депозитный счет ("предоплата") в банк, начисляющий процент E . Эти средства используются постепенно по мере строительства объекта. На неиспользованную часть инвестиций (депозит) начисляется процент E , что снижает потребность в суммарных инвестициях к моменту окончания строительства. Платой за это является необходимость иметь сразу всю сумму (за вычетом начисленных процентов) к началу строительства. Таким образом, на практике величина дисконтированных затрат (и в частности NPV) зависит от способа финансирования.

3 Дисконтированная стоимость продукции

3.1 Определение дисконтированной стоимости

Для простоты будем предполагать, что годовые издержки It [руб/ед.прод.] и выработка продукции q [ед.прод./год] остаются практически неизменными в течение всего периода эксплуатации энергоблока от $t=0$ до $t=T_p$. Такое предположение (достаточно близкое к практике) нисколько не ограничивает общности рассуждений. Как и ранее, определим цену продукции P (в данном случае цена совпадает со стоимостью C поскольку прибыль отсутствует) как отношение суммарных дисконтированных затрат Z (2.4) ко всей выработанной продукции $Q=\sum q=q*T_p$ за время $0 \leq t \leq T_p$:

$$P = C = \left(\sum_0^{T_c} Kt * e^{E*t} + \sum_0^{T_p} It * e^{-E*t} \right) / \sum_0^{T_p} q = Kd / (q * T_p) + \sum_0^{T_p} It * e^{-E*t} / \sum_0^{T_p} q,$$

где $Kd = \sum_0^{T_c} Kt * e^{E*t}$ — капиталовложения, дисконтированные за время строительства, [руб].

Преобразуя последнее выражение, получаем:

$$C = Kd / (q * T_p) + It * (1 - e^{-E * T_p}) / (q * T_p * E). \quad (3.1)$$

Сравнивая выражение (3.1) с используемыми на практике выражениями (1.1), (1.3), обнаруживаем их явное несоответствие, заключающееся в первую очередь в том, что стоимость уменьшается с возрастанием T_p , что совершенно не согласуется с выражениями (1.1) и (1.3). Более подробно причины такого несоответствия обсуждаются ниже.

Чтобы устранить это несоответствие было предложено [4], [5] при определении стоимости дисконтировать не только затраты, но также и результаты (выпуски продукции), определяя суммарный дисконтированный выпуск продукции следующим образом:

$$Qd = \sum_0^{T_p} q * e^{-E*t} * \Delta t. \quad (3.2)$$

В настоящее время дисконтирование выпусков продукции является общепризнанной процедурой при определении дисконтированной стоимости. Очевидно выражение (3.2) можно также представить в виде:

$$Qd = \int_0^{T_p} q * e^{-E*t} * dt. \quad (3.3)$$

Соответственно выражение вида (3.2) более совместимо с выражениями (2.2) и (2.4), тогда как выражение вида (3.3) может использоваться совместно с выражениями (2.5) и (2.6). В случае (2.6) пределы интегрирования в (3.3) следует заменить на другие: от T_c до $T_c + T_p$. Выражение стоимости продукции при дисконтировании с одним и тем же показателем E как затрат, так и выпусков продукции, получим (разделив (2.5) на (3.3)) в виде:

$$Cd = \left(\int_{-T_c}^{T_p} (Kt + It) * e^{-E*t} * dt \right) / \int_0^{T_p} q * e^{-E*t} * dt. \quad (3.4)$$

Интеграл в числителе выражения (3.4) можно преобразовать следующим образом:

$$Z = Kd + \int_0^{T_p} It * e^{-E*t} * dt,$$

где обозначено:

$$Kd = \int_0^{T_c} Kt * e^{-E*t} * dt, \quad (3.5)$$

т.е. величина Kd есть суммарные капиталовложения, дисконтированные за время строительства. В большинстве случаев значения Kt задаются дискретно для каждого года, причем обычно $T_c \ll T_p$. Поэтому на основании (2.4) для определения дисконтированных капиталовложений удобнее пользоваться формулой:

$$Kd = \sum_{t=-T_c}^0 (Kt * \Delta t) * e^{-E*t}. \quad (3.5')$$

Дисконтированные эксплуатационные издержки за весь период коммерческой эксплуатации объекта согласно (2.5) равны:

$$Id = \int_0^{T_p} It * e^{-E*t} * dt = It * (1 - e^{-E*T_p}) / E. \quad (3.6)$$

Дисконтированная выработка продукции согласно (3.3) есть:

$$Qd = q * (1 - e^{-E*T_p}) / E. \quad (3.7)$$

Дисконтированная стоимость продукции определяется путем деления суммарных дисконтированных затрат $Z=Kd+Id$ на дисконтированный выпуск продукции Qd :

$$Cd = (Kd + Id) / Qd = (Kd/q) * (E / (1 - e^{-E*T_p})) + It/q = k * E / (1 - e^{-E*T_p}) + i, \quad (3.8)$$

где как и в (1.3) введены удельные величины: $k=Kd/q$ и $i=It/q$.

Используем также следующее обозначение:

$$E_{пр} = E / (1 - e^{-E*T_p}), \quad (3.9)$$

т.е. вместо двух показателей E и T_p введем эквивалентный им обоим, т.е. полностью заменяющий их при определении дисконтированной стоимости, показатель приведения $E_{пр}$. Выражение (3.9) в предельных случаях упрощается и переходит в следующие:

$$\text{при } E \gg 1/T_p \text{ имеем: } E_{пр} = E; \quad (3.9')$$

$$\text{при } E \ll 1/T_p \text{ имеем: } E_{пр} = 1/T_p. \quad (3.9'')$$

Используя представление (3.9), всегда можно записать выражение (3.8) в виде:

$$Cd = k * E_{пр} + i. \quad (3.10)$$

Выражением (3.10) удобно пользоваться как при доказательстве общих свойств дисконтированной стоимости, так и в различных приложениях.

Вместе с тем, с целью выяснить экономический смысл отдельных составляющих стоимости, продолжим анализ выражения (3.8). Прежде всего выполним некоторые тождественные преобразования первого слагаемого окончательного выражения (3.8), выделив составляющую вида $k * E$ в явном виде:

$$k * E / (1 - e^{-E*T_p}) = k * E / (e^{-E*T_p} * (e^{E*T_p} - 1)) = k * E * e^{E*T_p} / (e^{E*T_p} - 1) = (k * E * e^{E*T_p} - k * E + k * E) / (e^{E*T_p} - 1) = k * E + k * E / (e^{E*T_p} - 1).$$

После этого выражение дисконтированной стоимости можно представить в совершенно эквивалентном выражению (3.8) виде:

$$Cd = k \cdot E + k \cdot E / (e^{E \cdot T_p} - 1) + i. \quad (3.11)$$

Не трудно убедиться в том, что выражение (3.11) в пределе $T_p \gg 1/E$ переходит в следующее:

$$Cd = k \cdot E + i. \quad (3.12)$$

В противоположном предельном случае $T_p \ll 1/E$ соответственно получаем:

$$Cd = k \cdot Y_r + i, \quad (3.13)$$

где $Y_r = 1/T_p$ — темп реновации, т.е. дисконтированная стоимость в этом предельном случае совпадает со стоимостью продукции при "нормативном" ценообразовании (см. выражение (1.3)): $Cd = k/T_p + i = C$.

Введя обозначение: $C_p = k \cdot E / (e^{E \cdot T_p} - 1) + i$, можно переписать выражение (3.13) в виде:

$$Cd = k \cdot E + C_p, \quad (3.14)$$

внешне таком же, как и выражение (3.12) и еще более похожем на (1.3), если приравнять $C = C_p$. Все эти манипуляции проделываются только для того, чтобы продемонстрировать некоторую интерпретацию дисконтированной стоимости, которую приводили упоминавшиеся выше сторонники одного норматива для доказательства принципиальной тождественности нормативов, т.е. что $E = E_d = E_n$.

Однако несмотря на то, что выражения (3.10), (3.12) и (3.14) по внешнему виду похожи на выражение (1.3), тем не менее между ними имеются следующие принципиальные отличия:

— в составе дисконтированной стоимости Cd в отличие от P_n (1.3) изначально не содержится никакой прибыли;

— составляющая i в (3.8-3.13) не содержит реновацию, поскольку последняя также изначально не включалась в состав годовых издержек It ;

Упомянутая выше критика "нормативной" методологии ценообразования [5], [11], как раз и основывалась на внешнем совпадении "нормативной" цены (1.3) и дисконтированной стоимости (3.10). Из указанного совпадения делался вывод о том, что нормативы приведения E_n и дисконтирования $E = E_d$ одинаковы по смыслу и поэтому просто не существует двух различных нормативов E_n и E_d . Следовательно повсюду, где используются эти нормативы, они должны полагаться равными, т.е. $E_n = E_d$. Практическим отражением этой критики явилось введение для атомной энергетики СССР единого норматива $E_n = E_d = 0,1$, в то время, как по отношению ко всем другим энергетическим технологиям продолжали действовать нормативы: $E_n = 0,12$ и $E_d = 0,08$. Может показаться, что борьба за один или два норматива имеет сугубо абстрактное значение. Однако далее будет показано, что выяснение экономического смысла этих нормативов позволяет более глубоко понять характер экономических процессов. Утверждение о том, что нормативы приведения и дисконтирования совпадают означает, что процедура дисконтирования совпадает с начислением процента на капитал. Однако далее будет показано, что в основе этих понятий лежат совершенно разные экономические процессы.

Итак выше показано, что в составе дисконтированной стоимости Cd слагаемое $k \cdot E$ вовсе не являются прибылью, как это имеет место для слагаемого $k \cdot E_n$ в выражении (1.3). Экономический смысл и свойства отдельных составляющих дисконтированной стоимости (3.11) предстоит выяснить. Однако прежде начнем с доказательства того факта, что выбор года приведения не влияет на величину дисконтированной стоимости (в отличие от рассмотренных выше дисконтированных затрат).

3.2 Независимость дисконтированной стоимости от года приведения

При выводе выражений (3.11) и (3.12) предполагалось, что годом приведения ($t=0$) является год пуска объекта (энергоблока) в эксплуатацию. Посмотрим, как будет выглядеть выражение дисконтированной стоимости продукции в том случае, если годом приведения выбрать год начала строительства. В этом случае согласно (2.5) и (3.3) имеем:

$$C_0 = Z_0 / Q_0 = \left(\int_0^{T_c} K_t * e^{-E*t} * dt + \int_{T_c}^{T_c+T_p} I_t * e^{-E*t} * dt \right) / \int_{T_c}^{T_c+T_p} q * e^{-E*t} dt .$$

Вычисляя интеграл в знаменателе, получаем выражение:

$$Q_0 = (q * e^{-E*T_c}) * (1 - e^{-E*T_p}) / E,$$

отличающееся от (3.7) тем, что дополнительно содержит экспоненциальный множитель с показателем степени $(-E*T_c)$. Совершенно аналогично вычисляется второй интеграл в числителе:

$$I_{d0} = \int_{T_c}^{T_c+T_p} I_t * e^{-E*t} * dt = I_t * e^{-E*T_c} * (1 - e^{-E*T_p}) / E$$

и следовательно отношение I_{d0}/Q_0 оказывается равным отношению I_d/Q_d (3.6), (3.7).

Определение дисконтированных капиталовложений выполним, пользуясь формулой, аналогичной (3.5'), но записанной таким образом, чтобы соответствовать рассматриваемому здесь случаю приведения:

$$K_d = \sum_{t=0}^{T_c} (K_t * \Delta t) * e^{-E*t} . \quad (3.15)$$

Проделаем процедуру вычисления суммы в (3.15) подробно. Раскрывая (3.15), при $\Delta t=1$ имеем:

$$K_{d0} = K_0 * e^{-E*0} + K_1 * e^{-E*1} + K_2 * e^{-E*2} + \dots + K_{T_c} * e^{-E*T_c}.$$

Если разделить K_{d0} на Q_0 , множитель e^{-E*T_c} отправить в числитель и вычислить произведение $K_{d0} * e^{E*T_c}$, получим величину в точности равную K_d (3.5). Последнее означает, что C_0 тождественно равно C_d (3.8), т.е. при смене момента приведения пропорционально изменяются как величина суммарных дисконтированных затрат (и NPV), так и объем дисконтированной продукции, однако при этом совершенно не меняется величина дисконтированной стоимости продукции, что также оправдывает применение процедуры дисконтирования выпусков продукции при определении дисконтированной стоимости.

3.3 Составляющие дисконтированной стоимости продукции

Для того, чтобы выяснить экономический смысл составляющих дисконтированной стоимости перепишем выражение (3.11) в виде, лишь внешне отличающемся от последнего:

$$C_d = i + k * E / (e^{E*T_p} - 1) + k * E. \quad (3.16)$$

Перестановка слагаемых предоставляет несколько большие удобства использования выражения (3.16) при изложении последующего материала.

3.3.1 Составляющая эксплуатационных издержек

Слагаемое $i=I_t/q$ есть удельные эксплуатационные издержки, определяемые в составе дисконтированной стоимости точно так же, как и в описанном выше случае "нормативного" ценообразования. В ряде задач приходится отдельно учитывать постоянную I_0 и переменную $I_1=i_1*q$ составляющие издержек. В этом случае оказывается $I_t=I_0+i_1*q$, откуда имеем $i=I_t/q=I_0/q+i_1$. Поскольку обычно для объектов энергетики выполняется соотношение $I_0 \ll I_t$, для простоты далее не будем учитывать различие между i и i_1 .

В составе эксплуатационных издержек, свойственных таким энергетическим объектам, как электростанции, принято особо выделять топливные от прочих (не топливных) издержек. В этом случае постоянная составляющая I_0 естественно включается в состав не топливной части издержек, т.е. имеем: $i=i_T+i_{нт}$. На основе такого деления формируются двухставочные тарифы, о которых шла речь выше.

3.3.2 Составляющая реновации как возмещение физического износа

Второе слагаемое в выражении (3.16) есть составляющая затрат, зависящая от норматива T_p и связанная с затратами на полное восстановление основных фондов, т.е. является реновацией. В этом не трудно убедиться, если определить необходимые годовые отчисления на реновацию, как соответствующую долю от начальных капиталовложений, иначе говоря, ввести темп физического износа $Yr[1/год]$, исходя из требования, чтобы к концу срока эксплуатации объекта T_p успеть полностью возместить дисконтированную сумму начальных капиталовложений Kd . Отсюда темп реновации Yr должен определяться соотношением:

$$\int_0^{T_p} Kd * Yr * e^{-E*t} * dt = Kd * e^{-E*T_p} , \quad (3.17)$$

которое соответствует моменту приведения $t=0$. Вынося из под знака интеграла постоянные по условию величины Kd и Yr , сокращая Kd и вычисляя интеграл, приходим к выражению для определения темпа реновации:

$$Yr = E / (e^{E*T_p} - 1). \quad (3.18)$$

Выражение (3.18) определяет величину $k*Yr$, полностью совпадающую со вторым слагаемым в (3.16). Таким образом показано, что второе слагаемое в (3.16) есть амортизационные отчисления на полное восстановление (реновация).

Отличие точного выражения (3.18) от используемого при "прейскурантном" и "нормативном" ценообразовании приближенного значения темпа реновации $Yr=1/T_p$ вызвано корректным учетом дисконтирования. Действительно, определяя дисконтированную сумму средств, накапливающихся к моменту $t=T_p$ окончания эксплуатации объекта, и приравнивая эту сумму значению Kd , необходимому для восстановления выбывающих (физически изношенных) основных фондов, запишем равенство:

$$\int_0^{T_p} Kd * Yr * e^{E*t} * dt = Kd . \quad (3.19)$$

Вычисляя интеграл в (3.19), получаем совпадающее с (3.18) выражение для определения темпа реновации, т.е. имеем: $Yr=E/(e^{E*T_p} - 1)$.

Итак, несмотря на то, что соотношения (3.17) и (3.19) определяют реновацию, приведенную к различным моментам времени — к моменту $t=0$ (3.17) или к моменту $t=T_p$ (3.19), величина необходимого темпа реновации Yr оказалась одинаковой в обоих случаях. Поскольку реновация является следствием физического износа, можно также с одинаковым основанием далее именовать показатель Yr (3.18) темпом физического износа.

В пределе $T_p \ll 1/E$ выражение (3.18) переходит в форму приближенного выражения темпа физического износа $Yr=1/T_p$, о чем уже говорилось выше. Очевидно это может происходить в двух случаях:

- когда величина $E < 1$ конечная и величина T_p является достаточно малой (см. выражение (3.13));
- когда величина T_p конечная и величина E является достаточно малой (в пределе E стремится к нулю).

Таким образом, величина Yr определяет темп, с которым должны восстанавливаться основные фонды, "физически" изнашивающиеся в процессе производства, для того, чтобы это производство не остановилось после окончательного износа этих основных фондов. Очевидно выражение дисконтированной стоимости продукции (3.16) можно представить также следующим образом:

$$Cd = i + k*Yr + k*E = i + k*(Yr + E). \quad (3.20)$$

Еще раз обратим внимание на тот факт, что изначально в определение дисконтированных затрат (2.1)—(2.4) реновация не закладывалась и появилась в составе дисконтированной стоимости, как следствие ограниченности срока службы основных фондов, т.е. как следствие задания норматива времени их окончательного "физического" износа T_p . Очевидно при бесконечном значении T_p (износ отсутствует и поэтому темп износа Yr нулевой) второе слагаемое в (3.20) равно нулю, в то время как при $E=0$ это слагаемое равно k/T_p (3.13).

3.3.3 Составляющая, ответственная за моральный износ

Наконец обратимся к последнему слагаемому $k*E$ в (3.16), (3.20), которое, как уже говорилось выше, обычно рассматривается как составляющая "процента на капитал", полностью аналогичная составляющей $k*E_n$ в (1.3). В действительности же о прямой аналогии речи быть не может, если вспомнить о том, что $k*E_n=B_n$ в (1.3) по условию является нормативной прибылью, тогда как $k*E$ в (3.9) есть составляющая стоимости, покрывающая определенную часть производственных затрат, т.е. величина $k*E$ ни в коем случае не является прибылью. Остается только выяснить, какой экономический смысл имеют производственные затраты $k*E$.

Для этого воспользуемся рассмотренным выше предельным случаем $T_p \ll 1/E$ и представим показатель (норматив) дисконтирования E в виде: $E=1/T_d$, где T_d - некоторое характеристическое время дисконтирования. После этого запишем выражение дисконтированной стоимости следующим образом:

$$Cd = i + k/T_p + k/T_d \quad (3.21)$$

В выражении (3.21) второе и третье слагаемые внешне аналогичны. Выше строго доказано, что второе слагаемое в (3.21) определяет составляющую стоимости, направляемую на компенсацию физического износа (т.е. на полное восстановление) основных фондов. Аналогичный вид третьего слагаемого в (3.21) наводит на мысль — поискать, не подвержены ли основные фонды еще какому—либо виду износа? И оказывается такой вид износа, всем хорошо известный, имеется — это моральный износ. Если встать на точку зрения, что составляющая стоимости продукции $k*E$ связана с компенсацией морального износа (E — темп морального износа), тут же целый ряд известных фактов получают закономерное объяснение.

Прежде всего, наличием морального износа объясняется необходимость производить синхронное дисконтирование затрат и выпусков продукции. В основу понятия морального износа обычно кладется тот общеизвестный факт, что даже совершенно одинаковая продукция (в том числе и основные фонды) разных лет выпуска на самом деле не эквивалентны, в том числе и по стоимости. Поясним эти утверждения следующими достаточно общими примерами, раскрывающими связь морального износа с процедурой дисконтирования.

Рассмотрим одинаковую по потребительским свойствам продукцию разных периодов (лет) выпуска. Будем иметь в виду такую продукцию, которая практически не теряет своих первоначальных потребительских свойств за определенный промежуток времени, но отстает по техническим параметрам, т.е. подвергается исключительно моральному износу. По—видимому можно утверждать, что в современном развитом обществе (с высоким качеством производства и уровнем производительности труда) моральный износ является преобладающим видом износа.

При равенстве цен обычно предпочтение отдается продукции самого последнего периода выпуска, как обладающей лучшими потребительскими свойствами. Чтобы реализовать продукцию более раннего выпуска надо будет снизить на нее цену относительно продукции более поздней даты (года) выпуска. Следовательно в данном году t на одну и ту же сумму денег можно купить больше продукции

предыдущего года ($t-1$) выпуска, чем данного года t . Количества покупаемой продукции, также как и её цены в разные годы, связаны посредством дисконтирования.

В следующем году ($t+1$) появятся новая продукция по той же, как и в данном году, цене. Однако сегодняшняя сумма денег реально окажется меньше в следующем году за счет дисконтирования. Купить на эту сумму новой продукции в году ($t+1$) можно будет меньше (относительно года t) ровно настолько, насколько дисконтируются деньги.

Таким образом, для покупателя, получившего некоторую сумму средств в году t , будут одинаково доступны q единиц продукции, выпущенной в году t , или $q \cdot e^{-E}$ единиц этой же продукции, выпущенной в году ($t-1$), или же $q \cdot e^{-E}$ единиц продукции, выпущенной в году ($t+1$). Вместе с тем, на деньги, полученные в году ($t-1$) можно купить в том же году q единиц продукции, на деньги, полученные в году ($t+1$), купить в том же году ($t+1$) также q единиц продукции данного года выпуска, т.е. на деньги любого года t покупается в этом же году t (в году получения денег) одинаковое количество продукции того же года выпуска. Конечно при этом предполагается, что условия производства сохраняются, т.е. отсутствует эскалация стоимости. Учет эскалации не меняет сути экономических процессов, однако усложняет их математическое описание.

Иначе говоря, синхронное дисконтирование затрат и выпусков продукции означает, что темп дисконтирования стоимости денег в точности совпадает с темпом дисконтирования стоимости продукции, т.е. дешевеют деньги и с точно таким же темпом снижается стоимость продукция (а следовательно и основные фонды, участвующие в её производстве) вследствие морального износа. И в этом смысле можно говорить, что покупательная способность денег в каждом году сохраняется неизменной.

Моральный износ происходит вследствие интеллектуальной деятельности людей, а более конкретно, вследствие научно-технического прогресса (НТП). Поэтому можно утверждать, что в составе дисконтированной стоимости продукции (3.20) слагаемое $k \cdot E$ определяет оплату интеллектуального труда (в первую очередь, труда ученых, инженеров и других работников научных, конструкторских, проектных и всех их обслуживающих организаций), обеспечивающих такой НТП, при котором темп морального износа равен E [1/год]. При этом существует внутреннее единство физического и морального износа, которое явно демонстрируется выражениями (3.8-3.10) и др.

Составляющую $k \cdot E$ можно называть "дивиденды на вложенный капитал", что по смыслу отличается от понятия "проценты на капитал" (обычно же эти понятия почти дублируют друг друга). Поскольку дивиденды являются одной из составляющих стоимости продукции, в нормально работающей экономике они должны существовать независимо от того, получает ли предприятие прибыль или нет. Таким образом, в идеале именно дивиденды на вложенный капитал есть средства, которые должны направляться на НТП, вследствие чего производство совершенствуется (развивается) качественно, в то время, как за счет прибыли и процента на капитал производство развивается в основном количественно.

Включение в состав затрат такой категории, как моральный износ, делает совершенно понятной и обоснованной повсеместно используемую в экономическом анализе процедуру избавления от влияния инфляции, предписывающую сначала выразить затраты разных лет в деньгах одного и того же (базового) года, и лишь затем использовать дисконтирование. При переходе к деньгам базового года из анализа исключается зависимость стоимости денег от времени, вызываемая несовершенством денежного обращения, т.е. исключаются инфляция и дефляция как следствие изменения соотношения количества денег в обращении количеству поступающих товаров. Казалось бы, какой смысл после этого вводить дисконтирование, т.е. снова вводить зависимость стоимости денег от времени, и тем более, дисконтировать выпуски продукции при определении стоимости. Оказывается именно дисконтирование позволяет учесть такую составляющую стоимости, как стоимость морального износа. Дисконтирование затрат и результатов с одним и тем же показателем $E = E_d$ описывает процесс изменения стоимости денег с темпом, равным темпу морального износа $E_{ми}$ (т.е. темпу НТП), что совершенно не приводит к инфляции или дефляции.

Конечно реально вряд ли возможно всякий раз точно определять конкретную величину показателя (т.е. темпа) дисконтирования E_d , при котором затраты в НТП приведут в будущем к моральному износу с тем же темпом $E_{ми} = E_d$. По-видимому на практике НТП будет или опережать, либо отставать от

предполагаемого темпа дисконтирования. Последнее будет означать, что дисконтированная стоимость будет оказываться ниже (при $E_{ми} < E_d$), или выше (при $E_{ми} > E_d$) истинной (идеальной), определяемой в предположении $E_{ми} = E_d$. Вследствие этого будет проявляться либо дополнительная инфляция (при $E_{ми} < E_d$), либо дефляция (при $E_{ми} > E_d$). Поскольку любой из этих процессов по условию исключается из экономического анализа при переходе к деньгам одного и того же (базового) года, будем предполагать всегда справедливым равенство $E_{ми} = E_d$, задавая в конкретных расчетах некий разумный диапазон темпов морального износа и соответствующего дисконтирования, ориентируясь на возможный (или ожидаемый) НТП, но вовсе не на процент на капитал, назначаемый банками. О методике учета банковского капитала в экономическом анализе речь пойдет ниже.

Еще раз обратим внимание на принципиальное отличие роли показателей E_n и $E = E_d$ в экономических процессах. Норматив E_n , входит в состав прибыли, определяя время полного возврата (окупаемости) начальных капиталовложений, тогда как норматив $E = E_d$ никакого конкретного времени возврата капитала не определяет. Для доказательства последнего утверждения вычислим сумму средств $K_{возм}$, которая может быть получена в виде дивидендов $Kd * E = q * k * E$ за характерное время $T_d = 1/E_d$. Для этого используем следующее выражение:

$$K_{возм} = \int_0^{T_d} Kd * E * e^{-E*t} * dt = Kd * (1 - e^{-1}) < Kd.$$

Соответственно за время T_p дивиденды обеспечивают получение средств в сумме:

$$K_{возм} = Kd * (1 - e^{-E*T_p}) < Kd, \quad (3.22)$$

которая также всегда меньше, чем Kd . Только в том случае, если срок коммерческой эксплуатации объекта T_p окажется бесконечно большим, возмещаемые средства $K_{возм}$ (3.22) составят величину, близкую к Kd , т.е. говорить о каком либо реальном времени возврата (окупаемости) начальных капиталовложений за счет дивидендов не приходится. Последнее означает, что для реального возврата средств, вложенных в производство, и расширения (развития) этого производства, необходимо назначать цену продукции более высокую, чем дисконтированная стоимость, т.е. от продажи продукции необходимо получать прибыль.

3.4 Сравнение составляющих возмещения морального и физического износа

Интересно сравнить составляющие возмещения морального и физического износа по величине их вклада в дисконтированную стоимость (3.16). Прежде всего получим условие равенства этих вкладов, приравняв эти составляющие: $k * E = k * E / (e^{E*T_p} - 1)$. Сократив правую и левую части на $k * E$, получаем соотношение: $e^{E*T_p} = 2$, откуда находим величину показателя темпа физического износа $E_p = 1/T_p$, при которой будет иметь место равенство вкладов от обоих видов износа в стоимость продукции:

$$E_p = \ln 2 / T_p = 0,69315 / T_p. \quad (3.23)$$

Поскольку характерным временем эксплуатации энергоустановок обычно является период $T_p = 30-50$ лет, то для граничных значений согласно (3.23) получаем: $E_p = 0,014-0,023$ (1,4-2,3% годовых).

Таким образом, если норматив дисконтирования (т.е. обратное время морального износа) превышает это граничное значение ($E \gg E_p$), то вклад возмещения морального износа в дисконтированную стоимость оказывается выше вклада физического износа. При обратном соотношении ($E \ll E_p$) соответственно превалирующим оказывается физический износ. В промежуточных случаях очевидно для упрощения расчетов полезно пользоваться представлением дисконтированной стоимости в виде (3.10).

4 Оценка значений показателей дисконтирования и приведения

4.1 Численная оценка показателя дисконтирования

Опираясь на имеющиеся данные, попробуем получить хотя бы грубые и приближенные оценки показателя дисконтирования. Выше уже говорилось о том, что процент на капитал, устанавливаемый банками, не имеет никакого (во всяком случае — прямого) отношения к показателю дисконтирования. Определение этого последнего показателя является весьма сложной задачей, практически еще должным образом не решенной экономической наукой и практикой. В частности поэтому практических расчетах (и в бухучете) вообще игнорируется этот показатель.

Поскольку показатель дисконтирования связан с НТП и определяется темпом морального износа, корректно его можно вычислить только на основании данных о темпе снижения стоимости продукции данной отрасли (или в среднем по группе отраслей) именно в результате НТП, исключив влияние инфляции и всех других побочных факторов. Поскольку выполнить все эти требования достаточно трудно, можно попытаться использовать в оценках данные о фактических относительных затратах в НТП, предполагая, что снижение стоимости продукции пропорционально затратам в НТП. Однако в этом случае показатель дисконтирования оценивается лишь с весьма значительной неопределенностью. Попытаемся хотя бы грубо оценить показатель дисконтирования, исходя из доли затрат в НТП по отношению к суммарным капиталовложениям в отрасль энергетики, при этом исключая по возможности инфляцию.

Пусть затраты в НТП (т.е. в НИОКР) отрасли в некотором году определяются величиной $Z_{НТП}$ [руб./год]. Воспользуемся следующим соотношением:

$$Z_{НТП} = Q \cdot k \cdot E, \quad (4.1)$$

где Q [кВт·ч/год] суммарная годовая выработка продукции отраслью, например, всеми блоками электростанций, $k \cdot E$ [руб./кВт·ч] — составляющая затрат в НТП в стоимости единицы продукции этой отрасли.

Допустим в результате НТП стоимость продукции отрасли снижается с темпом E [1/год]. Исходя из выражения (4.1), приближенную оценку показателя дисконтирования получим в виде:

$$E = Z_{НТП} / Q \cdot k, \quad (4.2)$$

где $Q \cdot k$ [руб.] есть суммарные капиталовложения в отрасль (технологии);

$Q = W \cdot H$ [кВт·ч/год] — выработка продукции, зависящая от мощности отрасли W [кВт] и числа часов использования установленной мощности H [ч/год];

$k = K_w / H$ [руб./год/кВт·ч]. — удельная стоимость единицы производительности отрасли, зависящая от удельных капиталовложений K_w [руб./кВт].

В качестве примера рассмотрим атомную энергетику России. Согласно данным, приведенным в документе [17], в 1996г. затраты на НИОКР в атомной энергетике составили 358 млн. руб. (в ценах 1998г.) или примерно $358/5=72$ млн. долл. в год (цена доллара в 1996г. принята равной 5 руб. 1998г.) при установленной мощности около $W=21$ млн. кВт. Исключая инфляцию, оценим стоимость единицы установленной мощности АЭС первого и второго поколений примерно $K_w=300-500$ долл./кВт. В итоге получаем следующие оценки показателя дисконтирования в 1996г.: $E=0,007 - 0,011$ (т.е. от 0,7% до 1,1% годовых). Согласно прогнозируемым в [17] данным, в 1997 и последующие годы (до 2000г.) финансирование НИОКР будет увеличено до 570-640 млн. руб. в год, что с учетом уровня инфляции составит около 90 млн. долл. в год. Поскольку при этом предполагается рост установленной мощности до 24000-29000 МВт, показатель дисконтирования E в эти годы сохранится на уровне порядка 1% годовых. Безусловно это слишком низкое значение, характерное исключительно для условий реформируемой России.

Столь невысокие значения показателя дисконтирования естественно объясняются низким уровнем финансирования НИОКР. Однако вряд ли этот показатель для энергетики может стать существенно более высоким (например, на уровне 10% годовых) вследствие значительной инерционности этой отрасли. По-

видимому, значения показателя дисконтирования $E=0,01-0,03$ (1-3 % годовых, и не выше) являются вполне реальными для большинства отраслей народного хозяйства, включая энергетику. Поскольку срок службы объектов энергетики обычно составляет $T_p=30-50$ лет, в соответствии с выражениями (3.9), (3.10), (3.18) соответствующие показатели реновации и приведения представлены в табл.4.1.

Таблица 1. Показатели дисконтирования, срока службы и приведения, % годовых.

Показатели, %/год	Срок службы 30 лет		Срок службы 40 лет		Срок службы 50 лет	
Дисконтирования E	1	3	1	3	1	3
Срока службы $1/T_p$	3,33		2,50		2,00	
Реновации Y_r	2,86	2,06	2,03	1,29	1,54	0,86
Приведения $E_{пр}$	3,86	5,06	3,03	4,29	2,54	3,86

Как не трудно заметить, в соответствии с (3.21) показатель проведения всегда равен сумме показателей (темпов) дисконтирования и реновации: $E_{пр}=E+Y_r$. При этом вполне возможно, что для некоторого числа отдельных отраслей (например, для электроники и особенно для производства ЭВМ) показатель дисконтирования может объективно быть значительно выше, чем для энергетики. Конечно всегда следует иметь в виду то обстоятельство, что номинальное (т.е. регистрируемое простой статистикой) изменение (как правило, рост) цен включает инфляцию и эскалацию. В большинстве случаев влияние НТП проявляется в том, что не очень быстрый рост цен несколько замедляется по отношению к росту, происходящему без НТП. Поэтому чаще всего выделить влияние НТП и определить норму дисконтирования непосредственно по изменению цены продукции оказывается весьма непросто.

4.2 Дисконтированная и приведенная стоимости

Из результатов численного анализа (табл.4.1) следует, что в составе стоимости электроэнергии в настоящее время и ближайшие годы составляющая возмещения физического износа заметно превышает и будет превышать в 2-4 раза составляющую возмещения морального износа. Последнее приводит к тому, что при практическом ценообразовании (посредством бухучета) составляющая возмещения морального износа вообще исключается из состава стоимости, в то время, как составляющая физического износа определяется приближенно величиной k/T_p . В свою очередь, величина k определяется по данным бухгалтерского учета со всеми вытекающими из этого факта положительными (точность, оперативность, и т.п.) и отрицательными (отсутствие должного усреднения во времени, реакции на НТП, инфляцию и проч.) сторонами. Эти обстоятельства реально как раз и означают тот факт, что в практическом ценообразовании происходит переход от дисконтированной стоимости C_d (3.21) к определению стоимости C , использованному в выражениях (1.1) и (1.3).

Именно таким образом поступают практики, ограничиваясь при ценообразовании только составляющими затрат, попадающих непосредственно в поле зрения бухгалтерского учета. Если при этом продажа продукции приносит некоторую прибыль, то чаще всего последняя просто приплюсовывается к издержкам и тратится на всевозможные внутренние нужды. Некоторые экономисты даже утверждают, что “достойная” прибыль всегда должна быть включена в стоимость продукции (при этом стоимость и цена фактически отождествляются), что собственно и нашло отражение в “прейскурантном” ценообразовании (1.1).

В научных исследованиях, в которых производится сравнение и отбор вариантов по приведенным затратам, например в [13], [14], [17], [18], величины показателя (норматива) дисконтирования принималась в диапазоне от $E=0,05$ до $E=0,12$ (в некоторых случаях даже до $E=0,2$). Никаких достаточно строгих оценок и обоснований для использованных значений этого показателя не производилось. Показатель дисконтирования E практически приравнивался к более-менее реальному (за вычетом инфляции, см. разд. 2) банковскому проценту на капитал. И этим неизбежно в экономической анализ вносилась ошибка, состоявшая в том, что от сравнения дисконтированных стоимостей объектов и технологий (3.21) исследователи незаметно переходили к сравнению “нормативных” цен (1.3), в состав которых включалась не только строго обусловленная стоимость (т.е. объективно необходимые производственные затраты), но также и ничем строго не обусловленная, “нормативная” прибыль, т.е.

составляющая, которая вовсе не определяется производственными затратами. Отсюда становится понятным, почему в результатах этих работ проявилась характерная особенность “нормативного” ценообразования, а именно, смена предпочтения вариантов при варьировании норматива дисконтирования. Полностью понятным становится также внутренняя причина дискуссии об одном или двух нормативах. При использовании двух различных нормативов ($E=E_d$ и E_n) невольная подмена дисконтированной стоимости (3.21) на “нормативную” приведенную цену продукции (1.3) оказывается просто невозможной, поскольку в цене должны явно присутствовать обе составляющих — и $k \cdot E_d$ и $k \cdot E_n$. Использование же одновременно двух почти равных показателей (нормативов) приводит к существенному завышению “нормативных” цен по сравнению с “прейскурантными”, т.е. формируемыми практикой. Оказывается устранить это противоречие можно, не отбрасывая эти показатели, а придав им новое и более существенное содержание. Для показателя дисконтирования это уже сделано выше, трансформированием норматива E_n будем заниматься далее.

Главная причина дискуссии о необходимом числе нормативов и смешения понятий дисконтирования и процента на капитал лежит, по-видимому в первую очередь, в том, что “нормативная” цена оказалась чисто внешне аналогичной дисконтированной стоимости. При этом с одной стороны, введение норматива эффективности капиталовложений E_n и его конкретные значения, строго говоря, ничем не обоснованы (в отличие от показателя дисконтирования). Однако с другой стороны, этот норматив входит в состав прибыли, без которой не может быть ценообразования. Следовательно необходимо к полученному выше строгому определению дисконтированной стоимости добавить столь же строгое определение прибыли, т.е. не просто отбросить норматив E_n , посчитав его эквивалентным показателю дисконтирования, но найти ему достойную замену при определении прибыли. До сих пор (если не считать работу [12]) в экономическом анализе этого сделано не было.

Более того, среди определенной части экономистов даже возобладало мнение, что теоретически определить цену (в отличие от стоимости) вообще нельзя (т.е. фактически нельзя определить E_n или какой либо другой эквивалентный показатель), поскольку “сделать это может только рынок”. Согласиться с таким мнением означает прекратить всякие попытки усовершенствования экономической теории, направленной на помощь практике, т.е. “пустить все на самотек”. Может быть для каких-то отраслей экономики и при определенных условиях это и допустимо, однако мировой опыт показывает, что по отношению к энергетике этого никак нельзя делать уже хотя бы потому, что в энергетике существуют так называемые “естественные монополии”, для управления которыми, а главное, для прогнозирования их развития (совместно со всеми другими отраслями экономики, с которыми энергетика взаимодействует именно через цены) совершенно необходимо уметь определять цены энергетических ресурсов и конечной энергии, т.е. фактически уметь определять величину прибыли, предполагая, что стоимость энергии всегда может быть определена с необходимой точностью.

5 Ценообразование на основе дисконтированной стоимости

5.1 Обобщение “нормативного” ценообразования

Напомним, что “нормативная” цена продукции P_n равна сумме стоимости C (не дисконтированной) и нормативной прибыли $V_n = k \cdot E_n$, пропорциональной капиталовложениям. Методикой [6] предлагалось поступать практически аналогично при учете разновременности затрат, т.е. при использовании дисконтированной стоимости. Однако использование двух различных нормативов $E=E_d$ и E_n не допускалось другой методикой [4], что формально приводило к игнорированию прибыли и появлению ряда недоразумений при проведении сравнительных экономических оценок в энергетике.

Экономический смысл норматива E_n , в работе [7] определен как максимально возможный темп роста национального дохода. Там же утверждается, что “конкретные размеры норматива эффективности капиталовложений определяются в процессе составления перспективного плана и постепенно уточняются вместе с оптимизацией и детализацией этого плана. Норматив эффективности вложений — это плановый регулятор (управляющий норматив) дальнего прицела, призванный воздействовать на важнейшие факторы развития народного хозяйства, направляя развитие на поддержание наивысших темпов роста.

Поэтому отклонение фактической эффективности фондов от общего норматива эффективности вложений указывает на направление решения важнейших вопросов перспективного планирования".

Опираясь на все сказанное выше, и в частности на определения, сформулированные в работе [7], можно трактовать выражение (1.3) более широко, чем это делается обычно. Цену P представим в виде суммы дисконтированной стоимости C_d и затрат на развитие, равных индивидуальной прибыли $k \cdot Y_i$ [12]. Здесь величина k [руб*год/ед.прод] есть стоимость единицы установленной мощности, Y_i [1/год] — некоторый индивидуальный темп развития данного объекта (технологии, отрасли). Следовательно более общее по отношению к (1.3), но по смыслу совершенно аналогичное, выражение цены продукции можно записать в виде:

$$P = k \cdot Y_i + C_d. \quad (5.1)$$

Основное отличие выражений (5.1) и (1.3) состоит в том, что вместо нормативного темпа развития (придуманного экономистами), относящегося, некоторым образом, ко всему народному хозяйству, введен конкретный (индивидуальный) темп развития объекта Y_i , который может быть как больше, так и меньше (а также принимать нулевое и даже отрицательное значение) относительно установленного нормативного темпа E_n .

Полностью отказавшись от использования нормативного темпа E_n , вместе с тем сохранив структуру выражения приведенной стоимости (1.3), учтем тем самым, что реально темп развития, прибыль и цена продукции смежных с энергетикой отраслей народного хозяйства (прежде всего, топливной) определяются индивидуальным темпом развития объекта энергетики Y_i (а не нормативным темпом E_n). Влияние всех смежных отраслей учтем, введя вместо затрат на развитие собственно объекта энергетики k обобщенное выражение удельных затрат на развитие R (обычно $R > k$) в цену конечной продукции, переписав выражение (5.1) в виде:

$$P = C_d + R \cdot Y_i, \quad (5.2)$$

где C_d — дисконтированная стоимость продукции, определяемая выражением (3.10) или (3.11), [руб/ед.прод.];

R — обобщенный показатель удельных затрат на развитие, [руб*год/ед.прод.], лишь в частном случае постоянных цен ресурсов (т.е. наличия развитой инфраструктуры и отсутствия ограничений) просто равный величине k ;

Y_i — индивидуальный темп развития производства, [1/год].

Таким образом, обобщая описанный выше (см. раздел 1) "нормативный" подход, приходим к обобщенному выражению (5.2) цены на основе дисконтированной стоимости. Далее покажем, что к выражению вида (5.2) приводит также любой из корректных подходов к ценообразованию.

5.2 Ценообразование на основе теории фирмы

Запишем основное уравнение теории фирмы [13], [23] в виде:

$$V_f = P \cdot q - C_d \cdot q, \quad (5.3)$$

где C_d и P — дисконтированная стоимость и цена продукции соответственно, [руб./ед.прод.];

q — выработка продукции в течение года, [ед.прод./год];

V_f — чистая прибыль фирмы (технологии), получаемая в течение года, [руб./год].

При всех рассуждениях и строгих выводах, которые имеют место здесь и далее, оказывается совершенно неважно, как определяется стоимость продукции — с учетом возмещения морального (НТП) и физического (реновация) износа, налогов и проч. или без учета этих факторов. Поэтому вместо дисконтированной стоимости C_d для конкретных оценок всегда может использоваться некоторая величина C , если утверждается, что это и есть стоимость, полностью покрывающая все

производственные издержки. Безусловно наилучшей (наиболее корректной) оценкой будет та, в которой используется стоимость $C=Cd$.

В теории фирмы предполагается, что цена продукции P задается внешними условиями, т.е. некоторым рынком, на котором работает много фирм, каждая из которых оказывает слишком слабое влияние на этот рынок, чтобы сколько-нибудь заметно повлиять на рыночную цену. Классическая теория фирмы исследует исключительно условия, при которых достигается максимальная прибыль фирмы. Вопрос о том, как используется полученная прибыль, даже не ставится. Нас же в первую очередь будут интересовать показатели, характеризующих развитие фирмы, для чего выполним следующие преобразования уравнения (5.3).

Введем показатель удельных затрат на развитие R [руб*год/ед.прод.], полностью совпадающий по смыслу и величине с введенным выше. О том, как определяется величина показателя R , будет сказано далее. Предположим вся чистая прибыль фирмы V_{ϕ} направляется на развитие её собственного производства. Прирост выработки продукции в результате этого составит:

$$(dq/dt) = V_{\phi} / R \text{ [ед.прод./год}^2\text{]}. \quad (5.4)$$

Подставляя (5.4) в (5.3), получаем:

$$P = Cd + R*(dq/dt)/q. \quad (5.5)$$

Поскольку величина $(dq/dt)/q$ [1/год] по смыслу есть индивидуальный темп роста производства фирмы Y_i , окончательно приходим к выражению $P=Cd+R*Y_i$, связывающему темп развития и цену продукции фирмы, полностью совпадающему с полученным выше выражением (5.2).

До сих пор не учитывались никакие налоги. Оказывается учет любых налогов, выплачиваемых фирмой, пропорциональных стоимости и (или) прибыли, нисколько не меняет структуру выражения (5.2) и лишь соответственно увеличивает цену продукции.

5.3 Ценообразование и управление производством

Рассмотрим поведение Менеджера, управляющего некоторым предприятием (фирмой). Пусть это предприятие, работая стабильно, достаточно долго производило по q_0 единиц продукции за единицу времени (например, месяц или год). Менеджер стабильно продавал эту продукцию по цене $P_0=Cd$ [руб./ед.прод.] и развитие предприятия не требовалось. Допустим это предприятие имеет склад, где хранятся q_s единиц продукции в виде возобновляемого резерва. Если продукцию хранить невозможно (как в случае электроэнергии), предположим имеются резервные производственные мощности для того, чтобы предприятие было способно удовлетворять спрос, колеблющийся в некоторых пределах. Наличие склада или резервных мощностей позволяет Менеджеру объективно оценивать характер изменения спроса.

Когда имеющиеся у фирмы резервы планомерно (т.е. не вследствие колебаний, а из-за роста спроса) уменьшаются или увеличиваются, Менеджеру приходится вмешиваться, чтобы уравновесить спрос и предложение (производство) продукции. Как известно, очень быстро можно добиться равновесия, если изменить цену. Значительно медленнее это делается, если приходится развивать производство. Именно этот случай разбирался в предыдущем разделе. Во всяком случае, увеличение цены заведомо позволяет быстро избежать дефицита.

Допустим средний резерв q_s начал стабильно снижаться, т.е. спрос устойчиво увеличился. Здесь не будем касаться проблемы определения зависимости спроса от цены, предполагая, что эта зависимость Менеджеру известна. Он принимает решение поднять цену на такую величину dP , чтобы спрос при новой цене $P=P_0+dP$ снизился и установился прежний уровень продаж q_0 .

При этом в распоряжении Менеджера начинает накапливаться дополнительная чистая прибыль в количестве:

$$V = dP*q_0 \text{ [руб./год]}. \quad (5.6)$$

Если Менеджер не монополист и прибыль вкладывает в свое производство, характеризующееся значением удельных затрат на развитие R [руб.*год/ед.прод], то прирост производительности, который он получит от использования дополнительной прибыли (5.6), очевидно составит:

$$dq/dt = B / R = dP * q_0 / R, \text{ [ед.прод./год}^2\text{]} \quad (5.7)$$

откуда следует, что связь назначенной Менеджером прибавки к цене и темпа развития производства в новых условиях повышенного спроса определяется соотношением:

$$dP = R * (dq/dt) / q_0 \quad (5.8)$$

Если прежде продукция продавалась по равновесной цене $P_0 = Cd$, то при возросшем спросе Менеджер будет эту же продукцию продавать по новой равновесной цене, определяемой выражением:

$$P = Cd + R * (dq/dt) / q_0 = Cd + R * Y_i,$$

где $Y_i = (dq/dt) / q_0$ — индивидуальный темп развития производства ($Y_i > 0$), [1/год].

Таким образом, для поддержания равновесия спроса и предложения на рынке Менеджер вынужден соответствующим образом назначать цену своей продукции и при этом может развивать производство с темпом, определяемым выражением (5.2).

Выражение (5.2) справедливо также и при падающем спросе. В этом случае оказывается $P = P_0 - dP < Cd$ и следовательно индивидуальный темп развития становится отрицательным ($Y_i < 0$), производство сворачивается. Поддерживать цену ниже стоимости Менеджер может за счет продажи высвобождающихся производственных основных фондов.

Когда равновесная цена отличается от стоимости (например, $P > Cd$), начинается равновесный переходный процесс с характерным временем R/dP , приводящий в конце концов к восстановлению прежней цены продукции. Подробное описание этого процесса имеется в работе [12].

В заключение отметим, что управленческое искусство Менеджера может быть проявлено в первую очередь в отношении поисков путей снижения показателя R . Уровень рыночной цены P , стоимость производства Cd (определяемая в основном уровнем технологии), изменение спроса, определяющее величину dP - всё это показатели, на которые Менеджер практически влиять не может, по крайней мере, за тот ограниченный период времени, когда приходится принимать решение о стратегических путях уравнивания спроса и предложения. Вместе с тем, у Менеджера всегда имеется много возможностей воздействия на величину показателя R . Выбор места для строительства нового предприятия (налоги, стоимость земли, наличие транспортных систем, инфраструктуры и проч.), выбор способа финансирования (акционирование, кредиты, привлечение инвесторов и др.), выбор технологии и схемы вхождения в рынок (самостоятельное предприятие, холдинг, корпорация и др.) - все это полностью относится к компетенции Менеджера. Поэтому можно утверждать, что изучение менеджмента в основном заключается в исследовании путей и возможностей снижения удельных затрат на развитие производственной деятельности.

5.4 Ценообразование применительно к оплате труда

Обнаруженная выше связь цены продукции и темпа развития в виде выражения (5.2) оказывается полностью действует и при оценке относительного уровня оплаты труда работников предприятий и закладывается в основу планирования семейного бюджета. Покажем это с помощью простых рассуждений.

Допустим месячная заработная плата, получаемая работником, составляет $Zп$ [руб./мес]. Эта сумма обычно распределяется на два вида расходов: текущие расходы (издержки) $Из$ и накопления $Нк$, т.е. имеем:

$$Zп = Из + Нк. \text{ [руб./мес]} \quad (5.9)$$

Ежемесячные текущие издержки тратятся семьей работника на поддержание уровня жизни и включают расходы на питание, одежду, содержание помещений, транспорт, культурный досуг, образование и проч.

Ежемесячные накопления откладываются работником (например, в банк) для осуществления некоторых семейных "проектов": приобретения вещей длительного пользования (дом, автомобиль, дача и т.п.), оплату дорогостоящих мероприятий (лечение, длительный отдых и проч.).

Пусть стоимость "проекта", для осуществления которого предназначаются накопления, составляет $С_{пр}$ [руб.]. Очевидно возможный срок осуществления проекта составит $T_{п}=С_{пр}/Н_{к}$ [мес.], откуда получаем $Н_{к}=С_{пр}/T_{п}$. Введя показатель индивидуального темпа осуществления проекта $Y_i=1/T_{п}$, представим выражение (5.9) в виде:

$$Z_{п} = I_{з} + C_{пр} * Y_i. \quad (5.10)$$

Выражение (5.10) внешне, напоминает выражение (5.2), однако обратив внимание на размерности слагаемых в (5.10), не трудно убедиться в том, что эти выражения не эквивалентны. Однако не трудно преобразовать выражение (5.10) к виду, полностью аналогичному (5.2), если использовать показатель выработки продукции Pr [ед.прод./мес.], за которую работнику выпрочивается сумма $Z_{п}$. Для этого разделим правую и левую части выражения (5.10) на величину Pr и введем следующие удельные показатели:

$R_p=Z_{п}/Pr$ — удельная (на единицу продукции) оценка труда работника, [руб./ед.прод.];

$C_p=I_{з}/Pr$ — удельная стоимость труда работника, [руб./ед.прод.];

$R_{п}=C_{пр}/Pr$ — удельные затраты выработанной работником продукции на осуществление "проекта", [руб.*мес./ед.прод.].

Подставляя эти показатели в выражение (5.10), приходим к выражению вида (5.2), а именно: $R_p=C_p+R_{п}*Y_i$.

Если это последнее выражение и выражение (5.10), преобразовать к виду:

$$Y_i = (R_p - C_p) / R_{п} = (Z_{п}-I_{з}) / C_{пр}, \quad (5.11)$$

то становится ясно, что каждый работодатель и работник (при оптимизации своего личного бюджета), используя соотношения вида (5.11), при желании всегда реально могут оценить определяемый условиями оплаты труда темп осуществления любого "проекта", т.е. необходимый для этого интервал времени. Однако при этом они вряд ли понимают, что в основе подобных оценок лежит общее выражение ценообразования в виде (5.2).

Таким образом, обобщая все сказанное выше в разделе 5, можно утверждать, что выражение (5.2) фактически лежит в основе ценообразования для самых различных случаев. Последнее позволяет заключить, что выражение (5.2) есть объективное выражение закона ценообразования, наиболее краткое и емкое определение сути которого, приведенное в работе [7], есть: "Цена производства всегда равна цене потребления". Обратившись к выражению (5.2), замечаем, что левая часть его есть цена потребления, т.е. цена, которую уплачивает потребитель, тогда как правая часть выражения (5.2) определяет полные затраты, которые несет производитель, включая прямые производственные издержки, возмещение износа (физического и морального) и все затраты на развитие, оплачиваемые посредством прибыли энергетики и возникающие как в энергетике, так и во всех смежных отраслях.

6 Определение удельных затрат на развитие

Выше было показано, что для частного случая развития отдельного объекта энергетики, который не оказывает влияние на всю систему энергетики, имеет место равенство $R=k$, т.е. удельные затраты на развитие практически равны удельной стоимости единицы установленной мощности этого объекта.

В более общем случае, когда нельзя пренебречь влиянием объекта (энергоблока) на систему энергетики, в состав показателя R должны быть включены не только затраты в сам развивающийся объект, но также и затраты во всю развивающуюся инфраструктуру, необходимую для функционирования этого объекта. Последнее означает, что необходимо позаботиться не только о строительстве блока электростанции, но также и о создании для этого блока топливной базы, транспортных систем и т.п. Все это потребует дополнительных расходов, которые обязательно скажутся на цене конечной продукции (электроэнергии). Как подсчитать эти дополнительные затраты в самом общем случае (посредством использования частного случая матрицы В.В. Леонтьева) показано в работе [12]. В работах [19], [20] получена более простая оценка показателя R применительно к решению задачи технико—экономической оценки развивающихся энергетических технологий. Описание такой упрощенной оценки представлено ниже.

Определение показателя R для объектов энергетики (технологий) может быть выполнено следующим образом. Будем исходить из выражения показателя дисконтированной стоимости C_d (3.10). Разобьем этот показатель на три составляющих:

$$C_d = C_k + C_T + C_{нт},$$

где $C_k = k * E_{пр}$ — капитальная составляющая стоимости продукции;

$E_{пр}$ — показатель приведения, определяемый выражением (3.9);

C_T — топливная составляющая стоимости, равная произведению стоимости топлива на его удельный расход;

$C_{нт}$ — нетопливная составляющая стоимости, включающая все прочие издержки, кроме топливных.

Если выработка энергии возрастает с темпом Y_i [1/год], то увеличение цены каждого отпускаемого кВт·ч, обеспечивающее поступление непосредственно в энергетику дополнительных средств, необходимых для создания новых генерирующих мощностей, согласно сказанному выше, должно быть равно $k * Y_i = C_k * Y_i / E_{пр}$, т.е. в развивающейся энергетике "капитальная" составляющая цены энергии оказывается равной:

$$P_k = C_k + C_k * Y_i / E_{пр},$$

где первое слагаемое есть капитальная составляющая стоимости, определяемая затратами на компенсацию физического и морального износа основных фондов, второе слагаемое есть средства, направляемые на сооружение дополнительных объектов, т.е. на развитие собственно объектов энергетики.

Чтобы получить дополнительную энергию необходимо также развить производство топлива, как ближайшую ("первую смежную") отрасль, обслуживающую энергетику. Определяя топливную составляющую стоимости C_T на основании общего выражения вида (3.10) и показателя приведения $E_{пр}$, имеем:

$$C_T = k_1 * E_{пр} + i_1,$$

где k_1 — стоимость единицы мощности топливной отрасли;

i_1 — производственные издержки топливной отрасли.

Величина i_1 , в свою очередь, определяется стоимостью ресурсов, потребляемых топливной отраслью в процессе производства топлива. Поэтому можно написать:

$$i_1 = k_2 * E_{пр} + i_2,$$

где k_2 — стоимость мощности ближайшей отрасли, обслуживающей топливную отрасль;

i_2 — производственные издержки этой обслуживающей отрасли, причем очевидно всегда $i_2 < i_1$.

Например для энергетики на органическом топливе (природном газе) ближайшей к топливной отрасли может являться производство труб для строительства скважин и газопроводов. Для производителей ядерного топлива ближайшими обслуживающими отраслями являются фабрикация твэлов и производство обогащенного урана.

Подставляя последнее выражение в предыдущее, получаем:

$$C_T = (k_1 + k_2) * E + i_2 .$$

Подобные действия можно продолжить, включая в рассмотрение все более "удаленные" от энергетики отрасли. При этом составляющая производственных издержек в составе C_T будет уменьшаться, тогда как капитальная составляющая будет возрастать. Включив в рассмотрение достаточно длинную цепочку из взаимосвязанных обеспечивающих отраслей, в конце концов, можем пренебречь производственными издержками самой последней отрасли и записать общее выражение вида:

$$C_T = k_T * E_{пр} ,$$

где $k_T = \sum k_i$ — есть суммарная стоимость мощности всех обеспечивающих отраслей, связанных с выработкой единицы продукции энергетики (кВт·ч).

Для того, чтобы увеличивать выработку энергии с темпом Y_i [1/год], необходимо обеспечить рост капиталовложений одновременно во все обеспечивающие отрасли, равный $k_T * Y_i = C_T * Y_i / E_{пр}$. Отсюда следует, что топливная составляющая цены энергии (аналогично капитальной составляющей) оказывается равной:

$$P_T = C_T + C_T * Y_i / E_{пр} .$$

Совершенно аналогичные рассуждения можно провести также по отношению ко всем нетопливным отраслям и поэтому записать выражение: $k_{нт} * Y_i = C_{нт} * Y_i / E_{пр}$. Отсюда получаем нетопливную составляющую цены в виде:

$$P_{нт} = C_{нт} + C_{нт} * Y_i / E_{пр} .$$

Суммируя все отдельные составляющие, получаем выражение цены энергии в виде:

$$P = P_k + P_T + P_{нт} = C_k + C_T + C_{нт} + (C_k + C_T + C_{нт}) * Y_i / E_{пр} ,$$

откуда в результате имеем:

$$P = Cd + Cd * Y_i / E_{пр} .$$

Сопоставляя последнее выражение с выражением (5.2), получаем: $R = Cd / E_{пр}$.

С первого взгляда может показаться, что удельные затраты на развитие R непосредственно зависят от величины показателя приведения $E_{пр}$. В действительности же все обстоит как раз наоборот. Поскольку дисконтированная стоимость может быть представлена в виде $Cd = (k + k_T + k_{нт}) * E_{пр}$, т.е. оказывается прямо пропорциональной величине $E_{пр}$, из состава удельных затрат на развитие R показатель $E_{пр}$ полностью исключается, т.е. фактически имеем $R = k + k_T + k_{нт}$.

В работах [19], [20] введено приспособленное для выполнения практических оценок выражение показателя R , выглядевшее следующим образом:

$$R = D * Cd / E_{пр} , \tag{6.1}$$

где введен некоторый, постоянный для каждой технологии, безразмерный коэффициент D ($0 < D < 1$), позволяющий учесть состояние инфраструктуры этой технологии. Причина введения коэффициента D состоит в том, что практически всегда имеющиеся резервы соответствующей инфраструктуры позволяют не делать (сэкономить) некоторую часть капиталовложений, и тем самым, уменьшается величина показателя R . Например, возможность проведения реконструкции морально устаревших основных фондов вместо нового строительства позволяет существенно снизить величину k ; наличие резервов топливной базы допускает снижение величины k_T (что особенно актуально для атомной энергетики). Развитие нетопливных отраслей чаще всего вообще не требуется, поскольку эти отрасли, как правило, обслуживающие не только энергетику, могут иметь значительные переходящие резервы, появляющиеся в

результате перераспределения производства и спроса вспомогательных товаров между различными отраслями.

Исключительно для удобства проведения дальнейших оценок представим выражение (6.1) в виде:

$$R = D_k * k + D_3 * i / E_{пр}, \quad (6.2)$$

где коэффициент D в (6.1) разбит на две части, относящиеся, условно говоря, к капитальной и эксплуатационной составляющим показателя R . Оба эти коэффициента также удовлетворяют условиям: $0 < D_k \leq 1$, $0 \leq D_3 \leq 1$ и должны определяться индивидуально в каждом конкретном случае. Первое слагаемое в (6.2) есть затраты непосредственно в развитие (строительство) энергоустановок. Второе слагаемое в (6.2) определяет затраты в развитие всех отраслей (топливных и нетопливных), обеспечивающих функционирование всей энергетической технологии.

В работе [12] показано, что выражение (6.2) является упрощенным вследствие использования предположения о том, что нет необходимости развивать энергетическое машиностроение, машиностроение для топливной отрасли и другие производства, требующие длительного заблаговременного развития. Такое предположение вполне справедливо в настоящее время и на обозримое будущее для России, как следствие значительного спада производства и образования значительных резервов производственных мощностей в машиностроении. Если же это предположение не выполняется, то определение величины R существенно усложняется, о чем подробно сказано в работе [12].

При полном отсутствии резервов инфраструктуры у развивающейся технологии всегда имеем $D=1$. Чем лучше развита инфраструктура, тем меньше оказывается величина коэффициента D . Так например, если общее состояние инфраструктуры таково, что при развитии энергетики нет необходимости развивать отрасли, ответственные за обеспечение нетопливных издержек, то эту последнюю составляющую издержек можно исключить при вычислении R и соответственно будем иметь $D_3 < 1$. Если сооружение новых объектов производится путем реконструкции старых, то будем иметь $D_k < 1$, тогда как при новом строительстве будет $D_k = 1$.

Вообще же на практике условия, в которых происходит развитие производства, подвержены значительным изменениям вследствие большого разброса внешних условий. Именно предприниматели и менеджеры в первую очередь вынуждены в условиях рыночной конкуренции оценивать и реализовывать все возможности снижения величины показателя R за счет привлечения резервов соответствующей инфраструктуры. Например, если удастся при строительстве нового предприятия воспользоваться основными фондами, допускающими реконструкцию, то возможно заметно снизить величину R , а с ней и цену, но ни в коем случае не стоимость продукции, как это часто утверждается (например в работе [18]). При решении практических задач (в частности, разработки бизнес-планов), в которых развитие производится в различных условиях финансирования, величину удельных затрат на развитие можно определять непосредственно на основании данных бухгалтерского учета.

7 Финансирование и ценообразование

7.1 Финансирование как способ покрытия затрат на развитие

Пусть на основе имеющегося или прогнозируемого спроса на продукцию отрасли и анализа рынка Менеджер принимает решение развивать некоторую энергетическую технологию с темпом Y_i . Допустим заранее средства не собирались, т.е. цена электроэнергии P до принятия решения о строительстве была равна стоимости $P=Cd$. Для осуществления принятого решения нужны средства, которые Менеджер может получить различными способами.

Выше в разд. 5.2 и 5.3 рассматривались случаи, когда эти средства поступают исключительно посредством получения прибыли ($P > Cd$), т.е. путем так называемого самофинансирования. Фактически

же самофинансирование есть ни что иное, как инвестирование производителей непосредственно потребителями (т.е. покупателями) продукции. Поэтому термин "самофинансирование" безусловно является неточным, однако поскольку термин этот достаточно распространенный, сохраним его для обозначения вполне определенной финансовой связи потребителей и производителей. В настоящем разделе достаточно упрощенно рассматриваются и сравниваются различные способы финансирования развития производства с целью определить, как это скажется на цене вырабатываемой продукции (электроэнергии), за которую приходится платить потребителям.

Допустим на основании проектных данных или предыдущего опыта известно, что необходимые капиталовложения в сооружение объекта энергетики (энергоблока) и всей инфраструктуры, обеспечивающие проектируемую выработку электроэнергии в количестве q [кВт·ч/год], равны K [руб.]. Если заранее известно, что в течении T_i [лет] потребуются ввести такой объект энергетики, то при самофинансировании на этот период потребуются назначить цену продукции (энергии), определяемую законом ценообразования (5.2): $P_{sf} = Cd + R * Y_i$ [руб./кВт·ч], где по условию $Y_i = 1/T_i$.

При назначении цены P_{sf} за период времени T_i будут накоплены средства, определяемые произведением прибыли, направляемой на развитие R/T_i [руб./кВт·ч], на величину выработки $q * T_i$ [кВт·ч] электроэнергии, т.е. получена сумма, равная $q * R$. Эта суммарная чистая прибыль как раз должна равняться величине K [руб.], откуда следует соотношение: $R = K/q$. В результате цена самофинансирования определяется выражением:

$$P_{sf} = Cd + K / (q * T_i). \quad (7.1)$$

В том случае, если у Менеджера имеется возможность получить сумму средств K каким либо другим способом внешнего финансирования, например посредством кредитования или инвестирования (выпуска акций), то назначаемая цена продукции может оказаться иной. Действительно, в этих случаях финансирование не привязано жестко к периоду времени T_i , и вместе с тем, сумма финансирования K_f может оказаться иной, обычно $K_f > K$ за счет процента на капитал. Поэтому цена продукции при внешнем финансировании окажется равной:

$$P_f = Cd + K_f / (q * T_f), \quad (7.2)$$

где T_f — период времени, в течение которого должна быть возвращена сумма финансирования K_f .

С точки зрения потребителей естественно предпочтительным оказывается тот способ финансирования, при котором цена продукции окажется ниже в любой момент времени. Поэтому если при привлечении внешнего финансирования Менеджеру удастся снизить цену продукции, т.е. добиться положения, когда $P_f < P_{sf}$, подобную инициативу Менеджера следует только приветствовать. Сравнивая выражения (7.1) и (7.2), не трудно сразу же обнаружить, что при беспроцентном кредитовании (при $K_f = K$) соотношение $P_f < P_{sf}$ имеет место только при условии $T_f > T_i$. В случае равенства показателей $K_f = K$ и $T_f = T_i$, нет никакой разницы между самофинансированием и кредитованием. Ниже рассматриваются условия, при которых выгода (в первую очередь для потребителей) от внешнего финансирования может иметь место.

Итак, средства для финансирования развития энергетики могут быть получены, в принципе, различными способами, включая такие хорошо известные, как:

— накопление и реинвестирование прибыли от продажи продукции (энергии) по цене определяемой выражением (7.1), т.е. посредством самофинансирования;

— привлечение новых инвесторов путем выпуска акций на сумму $K = q * R$;

— взятие кредита на сумму $K_f > K = q * R$ при условии его возврата за время $T_f > T_i$.

Начнем подробное рассмотрение внешнего финансирования с рассмотрения кредитования.

7.2 Финансирование посредством кредитования

Обычный кредит характеризуется, по крайней мере, тремя показателями:

- величиной суммы кредита S_{cr} [руб.];
- величиной процента за пользование кредитом E_{cr} [1/год];
- сроком возврата кредита T_f [лет].

Обратим внимание на то обстоятельство, что показатель E_{cr} назначается (банком) как реальный (за вычетом инфляции) процент за кредит и, в принципе, может заключаться в любых пределах, определяемых спросом и предложением капиталов. Разумно полагать, что срок возврата кредита не превышает срока службы объекта T_p , т.е. $T_f \leq T_p$. Необходимая сумма кредита S_{cr} определяется затратами на строительство станции (энергоблоков) плюс затраты в развитие инфраструктуры при условии, что к этим составляющим добавляется процент за кредит E_{cr} в течение времени строительства T_c . При определении полной суммы K_f , которая должна быть покрыта прибылью объекта, необходимо к сумме S_{cr} добавить сумму процента на капитал, образующуюся в течение периода времени, выплаты кредита. Полная сумма кредита K_f номинально (если предприятие не банкрот) возвращается из прибыли и только из прибыли. Если прибыли не ожидается, то ни один банк не выдаст кредита.

Предположим кредит возвращается равными долями в течение времени T_f , т.е. каждый год должны возвращаться средства S_{cr}/T_f . С остающейся суммы кредита взимается процент E_{cr} . Очевидно в этом случае прибылью B , приносимой каждым проданным кВт·ч, покрываются две составляющих:

- выплата основной суммы кредита, равная по условию величине $B_c = S_{cr} / (T_f * q)$;
- выплата процента каждый раз с остающейся невыплаченной суммой кредита $B_{pr}(t) = S_{pr}(t) / q$.

Определим величину этой последней составляющей, предполагая для простоты, что все выплаты производятся в конце каждого года с всей суммы долга.

Очевидно в первый год выплат, совпадающий с первым годом эксплуатации электростанции, сумма процента составит: $S_{pr}(1) = S_{cr} * E_{cr}$.

Во второй год невыплаченная сумма кредита уменьшается на величину S_{cr}/T_f и поэтому процент за кредит также уменьшится, имея величину: $S_{pr}(2) = (S_{cr} - S_{cr} / T_f) * E_{cr}$.

Рассуждая аналогично, в третьем году будем иметь: $S_{pr}(3) = (S_{cr} - 2 * S_{cr} / T_f) * E_{cr}$ и т.д.

Явно прослеживается закономерность, в соответствии с которой сумма выплаты процента за кредит и вклад её в стоимость продукции в любом году t определяется выражением:

$$S_{pr}(t) = (S_{cr} - (t-1) * S_{cr} / T_f) * E_{cr} .$$

Соответственно в последнем году возврата кредита $t=T_f$ выплачиваемая сумма процента составит:

$$S_{pr}(T_f) = (S_{cr} - (T_f - 1) * S_{cr} / T_f) * E_{cr}.$$

Таким образом, в любом году t в цену каждого кВт·ч следует включать следующую суммарную составляющую обслуживания кредита:

$$B_{cr}(t) = B_c + B_{pr}(t) = (S_{cr} / (T_f * q)) * (1 + E_{cr} * T_f - (t-1) * E_{cr}). \quad (7.3)$$

Из выражения (7.3) следует, что вклад затрат по обслуживанию кредита в цену продукции (энергии) естественно уменьшается по мере выплаты суммы кредита. В двух крайних случаях получаем:

- при $t=1$ (первый год): $B_{cr}(1) = (S_{cr}/(T_f * q)) * (1 + E_{cr} * T_f)$;
- при $t=T_f$ (последний год): $B_{cr}(T_f) = (S_{cr}/(T_f * q)) * (1 + E_{cr})$.

Например, если взят кредит под 20 % годовых ($E_{cr}=0,2$) и срок возврата кредита составляет $T_f=10$ лет, то относительный вклад выплаты процента за кредит составит:

— в первый год имеем: $E_{cr} \cdot T_f = 0,2 \cdot 10 = 2$, т.е. в цене каждого кВт·ч вклад выплаты процентов вдвое превысит вклад от возврата кредита;

— в последний год выплата процентов составит только пятую часть от составляющей возврата кредита.

Для упрощения формального описания происходящих процессов удобнее использовать усредненную оценку суммарной составляющей V_{cr} (возврата и процента) в цене продукции, предположив, что в течение всего срока выплачивается процент с некоторой средней суммы кредита. Находя эту усредненную оценку по полученным выше крайним значениям $V_{cr}(1)$ и $V_{cr}(T_f)$, имеем:

$$V_{cr} = (S_{cr} / (T_f \cdot q)) \cdot (1 + E_{cr} \cdot (T_f + 1) / 2). \quad (7.4)$$

Точно такой же результат получается, если просуммировать затраты на обслуживание кредита (7.4) за время T_f и отнести их к суммарной выработке продукции (энергии) за то же время, равной $T_f \cdot q$.

В частности, для условий рассмотренного выше примера получаем усредненный вклад процента за кредит, равный $E_{cr} \cdot (10+1)/2 = 1,1$, т.е. за счет процента на капитал происходит более чем удвоение той части прибыли, которая должна направляться на выплату кредита. Естественно для того, чтобы кредит с учетом процентов мог быть возвращен, должно выполняться условие: $P - Cd \geq V_{cr}$.

7.3 Сравнение различных способов финансирования развития

Сравним перечисленные выше способы финансирования развития (самофинансирование, инвестирование путем акционирования и кредитование) с точки зрения уровня цены продукции, которую должен уплачивать покупатель, используя в качестве базы сравнения цену самофинансирования.

Прежде всего рассмотрим случай финансирования посредством беспроцентного кредитования. Обратившись к выражению (7.4) видим, что при отсутствии процента за кредит (т.е. при $E_{cr}=0$) составляющая прибыли при кредитовании определяется выражением:

$$V_{cr}(E_{cr}=0) = S_{cr} / (T_f \cdot q).$$

Если темп развития производства совпадает с темпом возврата кредита Y_f ($Y_i = Y_f = 1/T_f$), то цена самофинансирования совпадает с ценой продукции при беспроцентном кредитовании. Этот результат, полученный выше на основании самых общих соображений и сравнения выражений (7.1) и (7.2), подтверждает правильность более общего подхода, представленного выше.

Если же темпы Y_i и Y_f различаются, то соответственно в такой же степени будут различаться и цены продукции, соответствующие условиям финансирования. Очевидно беспроцентное кредитование оказывается выгоднее для потребителей, если $Y_i > Y_f$, особенно, если принять во внимание появляющуюся возможность построить объект раньше, чем при использовании самофинансирования (не надо ждать, пока накопятся средства). Однако при невысоких темпах развития, когда величина T_f оказывается достаточно большой (например, при темпах роста энергетики порядка 5% годовых получаем $T_f > 20$ лет) только очень долгосрочные беспроцентные кредиты позволяют понизить цену продукции по сравнению с самофинансированием. По-видимому, получение таких кредитов (тем более беспроцентных) проблематично.

Однако обычно при кредитовании стремятся получить плату в виде процентов за пользование кредитом. Обратившись к выражению (7.4), определим эквивалентный темпа возврата кредита (с учетом процентов) в виде:

$$Y_{fp} = 1 / T_f + E_{cr} \cdot (T_f + 1) / (2 \cdot T_f). \quad (7.5)$$

Из выражения (7.5) следует, что процент за кредит увеличивает эквивалентный темп возврата Y_{fp} по сравнению с темпом возврата беспроцентного кредита $Y_f=1/T_f$ и соответственно возрастают необходимые для покрытия этого кредита прибыль и цена продукции. Выполнить условие выгодности кредитования (по сравнению с самофинансированием) при выплате процентов оказывается труднее, чем при беспроцентном кредитовании. Цена продукции в данном случае определится, если выражение (7.5) подставить в выражение (7.2).

Условие $Y_{fp}<Y_i$ определяет выбор значений параметров T_f и E_{cr} , при которых использование кредита эффективно. Согласно (7.5) норма процента за кредит не должна превышать предельной величины, равной:

$$E_{cr} = 2*(Y_i*T_f - 1) / (T_f + 1). \quad (7.6)$$

Согласно выражению (7.6), положительная норма процента за кредит может быть получена только в том случае, если индивидуальный темп роста производства превышает темп возврата беспроцентного кредита: $Y_i>1/T_f$

И наконец рассмотрим случай финансирования путем выпуска акций и привлечения внешних инвесторов. Этот последний случай вытекает из рассмотренного выше достаточно общего случая кредитования (7.5) или (7.6), если устремить в бесконечность величину времени возврата кредита ($T_f \rightarrow \infty$). В результате получаем:

$$E_{cr}' = 2*Y_i, \quad (7.7)$$

где E_{cr}' — предельная оправданная норма процента за инвестиции, участвующие в акционировании. Смысл показателя E_{cr}' состоит в том, что отказ от возврата кредита позволяет кредитодателю, ставшему инвестором, иметь в пределе норму процента на вложенный капитал вдвое большую, чем темп роста производства и при этом цена продукции развивающегося предприятия оказывается равной цене самофинансирования.

Из выражения (7.7) с неизбежностью следует, что инвестировать выгодно, если только $Y_i>0$, причем существует такая область положительных темпов, в которой инвестировать выгоднее, чем кредитовать. При отрицательных темпах роста производства ($Y_i<0$) инвестор не только не получит отдачи от инвестиций, но даже будет вынужден постоянно поддерживать производство, внося дополнительные средства.

Общий итог проведенного рассмотрения состоит в том, что можно рассчитывать на использование различных способов финансирования развития, кроме самофинансирования (т.е. инвестирования потребителями), только в том случае, если объект энергетики имеет возможность развиваться с достаточно высоким индивидуальным темпом Y_i .

7.4 Цены основных и оборотных фондов

С проблемой выбора вида финансирования и инвестирования тесно связана проблема определения реальной (рыночной) цены основных и оборотных фондов объектов (предприятий, технологий) энергетики. Последняя проблема возникает при выпуске и распространении пакетов акций, при смене владельцев предприятий, при оценке ликвидности фондов и проч. Например возникает вопрос, какую цену на фондовом рынке назначить предприятию, имеющему номинальную (проектную) стоимость, равную Kd . Иначе говоря, стоит ли продавать вместе с предприятием также и прибыль, которую оно обеспечит новым владельцам, или прибыль по возможности оставить себе. Очевидно для этого необходимо уметь оценивать не только стоимость основных фондов предприятия, но также и ожидаемую прибыль от их использования. Выше было показано, что прибыль от продажи продукции у предприятия появляется только тогда, когда индивидуальный темп развития Y_i в выражении закона ценообразования (5.2) оказывается положительным.

Пусть на некотором рынке равновесная цена продукции равна P . Любое предприятие, имеющее стоимость продукции равную Cd , выходя на этот рынок, может оказаться в следующих состояниях:

— $C_d < P$, $Y_i > 0$, стоимость производства продукции меньше рыночной цены, прибыль положительная;

— $C_d = P$, $Y_i = 0$, стоимость производства продукции равна рыночной цене, прибыль отсутствует (равна нулю);

— $C_d > P$, $Y_i < 0$, стоимость производства продукции больше рыночной цены, прибыль отрицательная, т.е. предприятие нуждается в дотациях (нерентабельно).

Для того, чтобы оценить величину прибыли, которое принесет реальное предприятие, следует сравнить его состояние, полностью определяемое состоянием его основных и оборотных фондов, с состоянием некоторого предприятия, не приносящего прибыли. Очевидно таким предприятием (в большинстве случаев не реальным, а условным), является некоторое “предельное” предприятие, имеющее стоимость продукции $C_{d_{пред}} = P$.

Для того, чтобы избежать путаницы, особо отметим, что понятие “предельное” предприятие принципиально отличается от широко используемого в энергетике понятия “замыкающее” предприятие. В качестве замыкающего всегда выступает реальное предприятие, имеющее наихудшие технико-экономические показатели среди других реальных предприятий. В качестве “предельного” предприятия всегда используется условное предприятие того же типа, как и соответствующее реальное предприятие. Например, если реальным предприятием является ТЭС на угле (ли на газе), то и “предельным” предприятием является условное предприятие того же типа (с тем же оборудованием и топливом), но с такими стоимостями фондов, которые должны приводить к стоимости продукции, равной $C_{d_{пред}} = P$. Поэтому “замыкающее” и “предельное” предприятия это совершенно разные субъекты экономического анализа.

По условию реальное и соответствующее “предельное” предприятия получают одну и ту же цену за свою продукцию P , что позволяет записать следующее соотношение:

$$C_{d_{пред}} = C_d + R * Y_i. \quad (7.8)$$

Воспользовавшись определением дисконтированной стоимости в виде (3.10): $C_d = k * E_{пр} + i$ и выражением удельных затрат на развитие в виде (6.2), преобразуем выражение (7.8) к виду:

$$k_{пред} * E_{пр} + i_{пред} = k * E_{пр} + i + (D_k * k + D_э * i / E_{пр}) * Y_i, \quad (7.9)$$

где $k_{пред} * E_{пр}$ — капитальная составляющая стоимости продукции “предельного” предприятия;

$k * E_{пр} + Y_i * D_k * k$ — капитальная составляющая цены продукции реального предприятия;

$i_{пред}$ — эксплуатационная составляющая стоимости продукции “предельного” предприятия;

$i + (Y_i * D_э * i) / E_{пр}$ — эксплуатационная составляющая цены продукции реального предприятия.

Равенство (7.9) безусловно будет выполняться, если капитальная и эксплуатационная составляющие в правой и левой частях равенства (7.9) окажутся одинаковыми, т.е. одновременно будут выполняться следующие равенства:

$$k_{пред} = k + D_k * k * (Y_i / E_{пр}), \quad (7.10)$$

$$i_{пред} = i + D_э * i * (Y_i / E_{пр}). \quad (7.11)$$

Умножая правую и левую части равенств (7.10) и (7.11) на величину годовой выработки продукции q [кВт·ч/год] и введя соответствующие обозначения ($K_{d_{пред}} = k_{пред} * q$; $K_d = k * q$, $I_{пред} = i_{пред} * q$, $I = i * q$), находим относительные значения предельных капиталовложений и ежегодных эксплуатационных издержек в виде:

$$\Phi_k = K_{d_{пред}} / K_d = 1 + D_k * (Y_i / E_{пр}), \quad (7.12)$$

$$\Phi_э = I_{пред} / I = 1 + D_э * (Y_i / E_{пр}). \quad (7.13)$$

Величины Φ_k и Φ_3 показывают, во сколько раз предельные цены соответствующих фондов могут быть назначены выше, чем их номинальные стоимости Kd и I . Очевидно относительные величины Φ_k и Φ_3 оказываются больше единицы только в том случае, если предприятие развивается ($Y_i > 0$) и в это развитие реально вкладываются средства ($D_k > 0, D_3 > 0$). Если же предприятие деградирует ($Y_i < 0$), фонды такого предприятия всегда оцениваются ниже номинала ($\Phi_k < 1$ и $\Phi_3 < 1$). Таким образом, индивидуальный темп развития Y_i является определяющим показателем при ценообразовании не только на товарном, но также и на фондовом рынке.

При покупке акций по номинальной стоимости вся будущая прибыль переходит к покупателю. При продаже акций по предельной цене, в Φ -раз больше номинальной, продавец оставляет всю прибыль себе. В случае продажи или покупке акций по договорной цене, находящейся в пределах от 1 до Φ (при $Y_i > 0$) от номинальной, продавец и покупатель делят прибыль между собой в соответствующих пропорциях. При выходе договорных цен фондов за указанные пределы имеет место обман одной из участвующих в сделке сторон.

Интересно отметить, что подобные "рыночные" отношения борьбы за прибыль фактически всегда имели место в России даже при отсутствии явного фондового рынка. Когда проектанты и строители завышают стоимость сооружаемых объектов, тем самым они стараются продать этот объект будущему владельцу (государству или эксплуатирующей организации) подороже, желая разделить с этим владельцем будущую прибыль. Если проектанты и строители этого не сделают, то в дальнейшем вся прибыль достанется не им, а эксплуатирующей организации. Точно так же происходит борьба за прибыль с производителями топлива, всегда стремящимися к завышению цен. Однако зачастую указанные завышения оказываются столь значительными, что новое производство полностью теряет свою конкурентоспособность.

7.5 Самофинансирование — условие объективного сравнения вариантов

Как показано выше, различные условия финансирования объективно могут приводить к появлению различных цен у одной и той же продукции. До сих пор по умолчанию предполагалось, что имеется только одно предприятие-производитель, выпускающее данную продукцию и развивающееся с некоторым заданным индивидуальным темпом Y_i . Однако, как правило, задачей экономического анализа является рассмотрение и сравнение нескольких вариантов производства одной и той же продукции с целью выбора оптимальной стратегии развития всей отрасли (системы) производства. Когда к разнообразию вариантов производства добавляется разнообразие способов финансирования, задача экономического анализа становится практически сложно разрешимой.

Высокая сложность подобной задачи обусловлена вовсе не большим числом сочетаний различных факторов (способов производства и финансирования), хотя и этот аспект является важным в процессе решения. Дело в том, что при решении ряда задач принципиально некорректно смешивать различные способы финансирования в одной задаче экономического анализа и выбора вариантов, поскольку при любом способе финансирования, кроме самофинансирования, задача экономического анализа перестает быть замкнутой.

Когда для финансирования развития энергетики привлекаются какие либо финансовые средства "со стороны" (кредиты и инвестиции), эти средства неизбежно отвлекаются из других отраслей, где они "заработаны". В корректном экономическом анализе должен приводиться не только сравнительный анализ эффективности использования этих средств в энергетике и смежных с ней отраслях, но также рассматриваться последствия оттока этих средств из указанных отраслей. Соответственно должен производиться анализ средств, отвлекаемых из энергетики в виде процента за кредит и процента по инвестициям. Использование привлекаемых средств может существенно изменить основные показатели развития предприятий и технологий, что нарушает экономическое равновесие и искажает представление потребителей о фактических ценах продукции.

Только при самофинансировании такие искажения отсутствуют, поскольку ценообразование происходит исключительно при взаимодействии на рынке потребителя и производителя энергии, получающих непосредственное (через свой карман) представление о реальной цене продукции, складывающейся в условиях контролируемого ими же спроса. Никто другой не участвует в процессе

выработки равновесной цены, складывающейся на рынке. Точно так же организация связей энергетики, как потребителя, со всеми своими обеспечивающими отраслями и ресурсами через цены самофинансирования обеспечивает устранение каких-либо излишних перетоков средств между энергетикой и прочими отраслями. Для того, чтобы проиллюстрировать это утверждение, очень кратко рассмотрим некоторые аспекты проблемы дисконтирования в экономическом анализе энергетики.

Во—первых, укажем на определение величины дисконтированной стоимости объекта энергетики K_d с помощью приведенных выше выражений (3.5), (3.5'). Для величины показателя дисконтирования выше получена оценка $E_d=0,01-0,03$ [1/год]. Именно эта величина отвечает развитию отрасли энергетики в условиях самофинансирования, учитывая влияние НТП за время сооружения объекта энергетики. Последнее приводит к возрастанию стоимости денег предыдущих лет по сравнению со стоимостью денег в момент пуска объекта. Этот же эффект приводит к тому, что стоимость денег последующих (после пуска объекта) лет уменьшается с тем же показателем E_d . Подобный объективный процесс не приводит к каким-либо перетокам средств между отраслями производства.

Использование в качестве показателя (норматива) дисконтирования значений $E_d=E_{ст}=0,05-0,12$ [1/год] (т.е. равных по величине значениям процента на капитал) означает введение предположения о том, что строительство кредитуется (банком или кем либо другим). Следовательно в цену продукции включаются также средства в виде процента за кредит, которые извлекаются из энергетики и уходят, в конце концов, в другие отрасли. Тем самым нарушается принцип замкнутости системы, к внутренним затратам прибавляются затраты совершенно посторонних отраслей, развивающихся за счет энергетики.

Во—вторых, обратимся к определению величины реновации. Напомним, что по условию реновация долгое время (в энергетике - десятки лет) должна накапливаться у предприятия (реально конечно на специальном счете в банке). Может показаться, что предприятие должно исчислять реновацию с учетом реального банковского процента $E_{ст}$, а не исходя из норматива дисконтирования E_d . Однако подобное решение является некорректным потому, что в этом случае энергетика будет получать дополнительные средства посредством банковского процента (если пренебречь небольшой разницей процента за кредит и депозит), отбирая их у других отраслей. Только при исчислении реновации на основе показателя дисконтирования $E_d=0,01-0,03$ [1/год] подобный эффект исключается из экономического анализа.

В третьих, при определении топливной составляющей затрат на развитие казалось бы необходимо учитывать тот факт, что добываемое топливо (например, газ) потребляется энергетикой, другими отраслями народного хозяйства и отправляется на экспорт. В этом случае затраты в необходимом для развития исключительно энергетики увеличение производства топлива раскладываются на все отрасли, что реально приводит к меньшему, чем следует из выражения (7.13), возрастанию цены топлива.

Например, в работах [17-18] фактически использовалось предположение о том, что цена органического топлива не зависит от варианта развития энергетики, т.е. от доли расхода топлива энергетикой, т.е. как бы предполагалось, что доля энергетики очень мала в общем потреблении топлива. В действительности реальный рост цены топлива в системе, где развивающаяся энергетика занимает некоторую долю потребления, будет ровно во столько раз меньше, во сколько эта доля меньше целого (единицы). Изменение цен топлива в связи с увеличением темпов развития энергетики почувствуют все потребители этого топлива, однако энергетика почувствует меньший рост, чем можно было бы ожидать, исходя из оценок на основании выражения (7.13). Последнее означает, что энергетика будет развиваться за счет других отраслей. В свою очередь, существует и обратное влияние, когда развитие любой другой отрасли (потребляющей то же самое топливо) будет приводить к росту цены топлива для энергетики, чем отбирать определенные средства у энергетических технологий. Для того, чтобы исключить подобные искажающие анализ перетоки средств, при сравнении развивающихся энергетических технологий следует осуществлять переход от использования фиксированных цен топлива к ценам самофинансирования топливной отрасли, что и сделано при выводе соотношений (6.2) и (7.13).

Продемонстрируем сказанное выше на примере, который позволит оценить изменение технико-экономических показателей объекта (технологии) энергетики при варьировании значений показателя дисконтирования E_d , обращая особое внимание на определение указанных выше перетоков средств. В качестве примера на основании данных работы [13] выбрана атомная электростанция, характеризующаяся величиной удельных капиталовложений 2400[долл./кВт], сроком коммерческой эксплуатации $T_p=30$ лет, коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ), равным 75%,

что эквивалентно 6570[час/год] при работе в базисном режиме (табл.2). Эксплуатационные показатели, согласно [13], приняты равными:

- топливная составляющая 1,08 [цент/кВт·ч];
- все прочие эксплуатационные (в международном обозначении O&M) издержки 1,31 [цент/кВт·ч];
- выработка электроэнергии (исходя из мощности объекта и КИУМ) принята равной 7,49 млрд. кВт·ч/год.

Определение дисконтированной стоимости в табл.2 произведено с помощью выражения (3.11). Предполагается, что затраты на НТП, определяемые величиной 1[%/год] от удельной стоимости мощности K , приводят к такому же по величине годовому снижению стоимости электроэнергии, т.е. темп изменения “стоимости денег” $E=E_d=0,01$ [1/год].

В табл.2 в строке “Отток(-)” представлены разности показателей $k \cdot E$ и базового значения при $E=1$ [%/год]. Аналогично получены разности показателей $k \cdot Yr$ (где величина Yr определяется согласно выражению (3.18)), представленные в строке “Приток(+)”. Знак (-) означает, что средства, получаемые объектом (технологией) от продажи продукции, расходуются на цели, отличные от поддержания производства (т.е. “отбираются” у объекта), и поэтому не должны включаться в состав стоимости продукции. Знак (+) означает, что объект (технология) получает средства извне (помимо поступлений от продажи продукции) и вследствие этого уменьшается плата, взимаемая с потребителей продукции. В строке “Баланс(+,-)” приведена сумма значений из предыдущих строк с учетом их знаков. Не трудно убедиться в том, что сумма выделенных строк Cd и “Баланс (+,-)” при каждом из значений E (табл.2) в итоге приводит к той же величине стоимости продукции, что и при $E=1$ [%/год].

Таблица 2. Баланс средств при различных значениях показателей дисконтирования E .

Показатели	$E=0$ [%/год]	$E=1$ [%/год]	$E=5$ [%/год]	$E=10$ [%/год]
Kd , [долл./кВт]	2400	2520	3016	3417
$k=Kd/q$, [ц.*г./кВт·ч]	38,45	40,37	48,32	54,74
$k \cdot E$, [цент/кВт·ч]	0	0,404	2,416	5,474
$k \cdot Yr$, [цент/кВт·ч]	1,282	1,154	0,694	0,287
$i_{топл}$, [цент/кВт·ч]	1,08	1,08	1,08	1,08
$i_{нетопл}$, [цент/кВт·ч]	1,31	1,31	1,31	1,31
Cd , [цент/кВт·ч]	3,67	3,95	5,50	8,15
Отток (-), [цент/кВт·ч]	0,404	0	-2,01	-5,07
Приток (+), [ц./кВт·ч]	-0,128	0	0,460	0,867
Баланс(+,-), [ц./кВт·ч]	+0,28	0	-1,55	-4,20

Очевидно снижение дисконтированной стоимости продукции (строка Cd) при $E=0$ [%/год] получается вследствие того, что игнорируются расходы на НТП. Конечно при этом производство может существовать, однако “стоимость денег” не будет снижаться со временем. Соответственно при $E=1$ [%/год] отчисления на НТП составят 0,28 [цент/кВт·ч], т.е. примерно 7,1% от стоимости выработанной продукции, или около 21 млн. долл. в год. Однако эти средства есть лишь малая часть от тех средств, которые с помощью рассматриваемого объекта энергетики и назначения соответствующего процента на капитал отбираются у потребителей. Так при значении $E=5$ [%/год] отбирается 116,1 млн. долл. в год, при $E=10$ [%/год] соответственно 314,6 млн. долл. в год. Все эти суммы не имеют никакого отношения к налогам, которые взимаются отдельно и здесь не рассматриваются.

Куда направляются и как используются эти суммы, не указывается ни в одной из цитированных работ. Можно предположить два направления их использования:

- в качестве возмещения взятых под строительство объекта кредитов;
- на развитие производства продукции.

Первое из этих направлений рассматривалось выше и было показано, что при достаточно коротких периодах возврата кредита T_f может потребоваться значительное повышение цены продукции. Соответственно при $E=10[\%/год]$ этот период, который можно назвать периодом первоначального накопления капитала, составит порядка 10 лет. Однако объект будет работать намного дольше (по условию 30 лет) и следовательно неминуемо встанет вопрос, куда должны направляться указанные суммы, взимаемые с потребителей.

Безусловно второе из отмеченных направлений является достаточным обоснованием для использования этих сумм, но лишь с важной оговоркой, что темп развития производства совпадает с темпом роста спроса на продукцию. Однако это требование совершенно игнорируется, когда произвольно (или ориентируясь на уровень принятого в стране процента на капитал) выбирается значение показателя (норматива) дисконтирования E , т.е. фактически поступают так, как при упоминавшемся выше "нормативном" ценообразовании. При подобном ценообразовании, как правило, невозможно добиться баланса доходов (прежде всего, поступлений от продажи продукции) и расходов, всегда осуществляющегося при самофинансировании.

Величина показателя дисконтирования существенно сказывается на определении вклада в стоимость продукции затрат на вывод из эксплуатации, обращения с отходами и других составляющих издержек, возникающих после того, как объект энергетики прекратил работу. Например, в работе [13] показано, что затраты на вывод из эксплуатации, составляющие реально 10-20% от начальных капиталовложений, при дисконтировании с показателем $E=5[\%/год]$ уменьшаются до 1,4-3,7%, а при $E=10[\%/год]$ становятся практически незначительными. Последнее происходит по той же причине, которая приводит к уменьшению реновации с увеличением показателя дисконтирования (см. табл.2), а именно вследствие привлечения внешних средств посредством процента на капитал. При этом конечно условия самофинансирования нарушается. Поэтому и в данном случае следует полагать показатель дисконтирования равным темпу изменения стоимости денег в результате НТП, т.е. не более $E=1-3[\%/год]$.

Таким образом, сравнение экономической эффективности для народного хозяйства различных энергетических технологий в долгосрочном плане (например, при прогнозировании и оптимизации развития системы энергетики) корректно только в том случае, если эти технологии поставлены в условия самофинансирования. Однако при решении многочисленных краткосрочных практических задач развития энергетики отход от самофинансирования зачастую помогает выявить и использовать имеющиеся у отрасли энергетики (а также и у экономики в целом) накопленные и не используемые в данный период времени резервы. В частности, развитие принципиально новых технологий всегда начинается с их кредитования и инвестирования за счет подобных резервов.

В мировой практике разработано достаточно большое число показателей и критериев оценки эффективности различных инвестиционных проектов. Оказывается используя описанную выше методологию, основанную на выражении закона ценообразования (5.2), можно получить более обобщенные и взаимосогласованные выражения для этих критериев.

8 Показатели эффективности инвестиционных проектов

В международной практике накоплен определенный опыт оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, базирующийся на различных показателях и критериях [15], [16]. Наиболее часто используются следующие обобщенные показатели:

1. NPV (Net Present Value of Discounted Cash Flow) — чистая текущая стоимость, т.е. иначе говоря, "интегральный экономический эффект" или "чистый дисконтированный доход".
2. SRR (Simple Rate of Return) — рентабельность, определяемая как отношение прибыли к капиталовложениям.

3. IRR (Internal Rate of Return) — внутренняя норма окупаемости (процент на инвестированный капитал), обеспечивающая условное равенство нулю интегрального эффекта за срок жизни инвестиций.

4. PBP (Pay-Back Period) — время возврата (срок окупаемости) инвестиций.

5. PR (Profit Rate) — норма прибыльности, т.е. отношение NPV к суммарным инвестициям.

Покажем, как можно представить эти показатели, используя полученное выше выражение закона ценообразования в виде (5.2).

8.1 Показатель чистой текущей стоимости (NPV)

Определение значения показателя NPV при инвестировании в некоторый объект энергетики производится с помощью выражения:

$$NPV = -Kd - \int_0^{T_p} i * q * e^{-E*t} * dt + \int_0^{T_p} P * q * e^{-E*t} * dt \quad (8.1)$$

где:

$$Kd = \int_0^{T_c} (dK / dt) * e^{E*t} * dt, \quad (8.2)$$

есть капиталовложения (инвестиции), приведенные к моменту ввода объекта в эксплуатацию;

T_c — время строительства объекта, [год];

dK/dt — ежегодные капиталовложения (инвестиции), [долл./год];

E — норматив дисконтирования, [1/год];

T_p — срок службы объекта до полного износа, [год];

q — выработка продукции, [кВт·ч/год];

i — удельные производственные издержки, [долл./кВт·ч];

P — рыночная цена продукции [долл./кВт·ч].

Потоки средств в выражении (8.1) со знаком минус (инвестиции и издержки за все время эксплуатации объекта) направляются на поддержание производства, поток со знаком плюс определяется возвратом средств при продаже продукции по рыночной цене P , которая предполагается известной и фиксированной. Используя выражение закона стоимости $P=Cd+R*Y_i$ (5.2), преобразуем (8.1) к виду:

$$NPV = -Kd - \int_0^{T_p} i * q * e^{-E*t} * dt + \int_0^{T_p} Cd * q * e^{-E*t} * dt + \int_0^{T_p} R * Y_i * q * e^{-E*t} * dt \quad (8.3)$$

Предполагая, что производство стационарно и поэтому величины $k=Kd/q$, i , q , R , Y_i , постоянны в течение всего периода времени (0- T_p), и воспользовавшись выражением (3.8) и (3.10), упростим выражение (8.3), используя следующие соотношения:

$$\int_0^{T_p} Cd * q * e^{-E*t} * dt = \int_0^{T_p} i * q e^{-E*t} * dt + \int_0^{T_p} (k * q * E / (1 - e^{-E*T_p})) e^{-E*t} * dt,$$

$$\int_0^{T_p} k * q * E / (1 - e^{-E * T_p}) * e^{-E * t} * dt = Kd * E(1 - e^{-E * T_p}) / ((1 - e^{-E * T_p}) * E) = Kd,$$

$$\int_0^{T_p} R * Y_i * q * e^{-E * t} * dt = (R * Y_i * q / E) * (1 - e^{-E * T_p}).$$

В итоге получаем:

$$NPV = (R * q / E) * (1 - e^{-E * T_p}) * Y_i = R * q * Y_i / E_{пр}, \text{ [долл.]} \quad (8.4)$$

где показатель $E_{пр}$ определяется выражением (3.9). В частном (однако наиболее употребимом) случае, когда $R=k$ (при $D_k=1, D_3=0$ в выражении (6.2)) получаем:

$$NPV = Kd * Y_i / E_{пр}. \text{ [долл.]} \quad (8.4')$$

Не трудно показать, что показатель NPV в виде (8.4') может быть определен также и на основе "нормативного" ценообразования. Для этого следует подставить выражение (1.3) в (8.1), после чего имеем:

$$NPV = -Kd - \int_0^{T_p} i * q * e^{-E * t} * dt + \int_0^{T_p} C * q * e^{-E * t} * dt + \int_0^{T_p} k * E_n * q * e^{-E * t} * dt \quad (8.3')$$

Далее учтя, что $C=k * Y_r + i$, где $Y_r=1/T_p$, $E_{пр}=E+Y_r$ и произведя преобразования, аналогичные выполненным выше, приходим к выражению:

$$NPV = Kd * (E_n + Y_r) / E_{пр} - Kd = Kd * (E_n - E) / E_{пр}. \quad (8.4'')$$

Сравнивая выражения (8.4') и (8.4''), обнаруживаем, что они практически совпадают, если положить $Y_i=(E_n-E)$. Отсюда в частности становится очевидно, что при $NPV>0$ показатели (нормативы) E_n и E не должны приниматься равными. Напротив всегда должно выполняться условие: $E_n>E$, поскольку для успеха инвестиционного проекта объект энергетики непременно должен приносить прибыль. Выше уже говорилось о том, что приравнивание показателей E_n и E приводит к исключению прибыли из экономического анализа, т.е. прибыль оказывается равной нулю. Использование выражения (8.4'') позволяет строго обосновать это утверждение. Напомним, что нормативными документами, действовавшими в б. СССР (например, [6]) устанавливались значения показателей $E_n=0,12$, $E_d=E=0,08$ [1/год], что было эквивалентно требованию рассматривать любые инвестиционные проекты в одинаковых "нормативных" условиях, когда "нормативный" темп развития равен $Y_i=Y_n=0,04$ [1/год] или 4[%/год].

Из выражения (8.4) следует, что значение показателя NPV в сильной степени определяется величиной индивидуального темпа развития Y_i вследствие того, что остальные показатели в (8.4) являются практически постоянными величинами для каждого конкретного объекта энергетики. Здесь и далее темп развития Y_i считается положительным, поскольку при $Y_i<0$ экономическая эффективность инвестиций также оказывается отрицательной, т.е. такой инвестиционный проект не имеет смысла.

8.2 Показатель рентабельности (SRR)

Показатель рентабельности, определяемый отношением годовой прибыли $R * q * Y_i$ к суммарным инвестициям (дисконтированным капитальным вложениям) Kd , имеет вид:

$$SRR = R * q * Y_i / Kd. \text{ [1/год]}. \quad (8.5)$$

Таким образом, показатель SRR оказывается также прямо пропорциональным индивидуальному темпу развития объекта энергетики Y_i в условиях данного рынка. При использовании предположения о

стационарности производства среднегодовой показатель рентабельности совпадает с показателем рентабельности каждого года (8.5). Соответственно при $R=k$ имеем: $SRR=Yi \cdot [1/\text{год}]$.

8.3 Показатель внутренней нормы окупаемости (IRR)

Показатель внутренней нормы окупаемости IRR, называемый часто также внутренним коэффициентом эффективности инвестиций, определяется пороговой годовой долей возврата капитала E_r , при которой оказывается $NPV=0$. Норма возврата капитала E_r обеспечивается посредством использования прибыли, получаемой за счет разности между ценой и стоимостью продукции. Поскольку при этом производственные издержки и реновация должны полностью покрываться стоимостью продукции, последние могут быть исключены из анализа. Тогда формула для определения показателя IRR после всех возможных сокращений записывается в виде:

$$\int_0^{T_p} Kd * E_r * e^{-E^*t} * dt = \int_0^{T_p} Kd * E * e^{-E^*t} * dt + \int_0^{T_p} R * Y_i * q * e^{-E^*t} dt$$

и после вычисления всех интегралов и преобразований, получаем:

$$IRR = E_r = E + (R * q / Kd) * Y_i \cdot [1/\text{год}] \quad (8.7)$$

Как следует из (8.7), при положительных значениях индивидуального темпа Y_i внутренний коэффициент эффективности инвестиций оказывается выше, чем средняя норма дисконтирования E . При этом инвесторы получают дополнительную выгоду от вложения капиталов в производство, пропорциональную разности $(E_r - E)$.

Сравнение формул (8.7) и (8.5) показывает, что показатели SRR и IRR связаны между собой:

$$IRR = E + SRR, \quad (8.8)$$

и оба пропорциональны индивидуальному темпу Y_i . Положение фирмы (инвестора) на рынке благополучно при $Y_i > 0$, что имеет место при: $SRR > 0$ и $IRR > E$.

8.4 Показатель времени возврата инвестиций ("срока окупаемости", PBP)

Для определения периода времени возврата инвестиций преобразуем выражение (8.1) таким образом, чтобы определить момент времени T_b , когда чистая текущая стоимость окажется равной нулю ($NPV=0$):

$$Kd + \int_0^{T_b} i * q * e^{-E^*t} * dt = \int_0^{T_b} Cd * q * e^{-E^*t} * dt + \int_0^{T_b} R * Y_i * q * e^{-E^*t} * dt \quad (8.9)$$

Выполнив интегрирование соотношения (8.9), приходим к следующему уравнению:

$$1 = (1 - e^{-E^*T_b}) / (1 - e^{-E^*T_p}) + R * Y_i * q * (1 - e^{-E^*T_b}) / E \cdot$$

Упрощенное решение этого уравнения можно получить, если предположить, что: $E^*T_b \ll 1$ и $E^*T_p \gg 1$. В этом случае можно экспоненту с показателем степени E^*T_b разложить в ряд, а экспонентой с показателем E^*T_p пренебречь по сравнению с единицей. В результате получаем следующее выражение искомого показателя:

$$PBP = 1 / IRR \cdot [\text{год}] \quad (8.10)$$

Если отказаться от указанных выше предположений, то решение имеет вид:

$$PBP = T_b = (1 / E) * \ln((E_{тр} + SRR) / (Y_r + SRR)), [\text{год}] \quad (8.11)$$

где показатель $E_{пр}$ определяется выражением (3.9), а показатель Y_i - выражением (3.18).

Таким образом, показатель РВР также в конце концов определяется величиной индивидуального темпа развития Y_i . И в этом нет ничего удивительного, поскольку значение этого и всех определенных выше показателей связаны с величиной прибыли, получаемой инвестируемым объектом энергетики при работе на данном рынке.

8.5 Показатель нормы прибыльности (PR)

Безразмерный показатель PR определяет норму прибыльности как отношение показателя NPV к суммарным инвестициям Kd. Воспользовавшись выражением (8.4), получаем:

$$PR = NPV / Kd = R * q * Y_i / (E_{пр} * Kd). \quad (8.12)$$

Соответственно при $R=k$ имеем: $PR=Y_i/E_{пр}$. Как видим, показатель PR также определяется величиной индивидуального темпа развития Y_i .

8.6 Пример оценки показателей эффективности инвестиций

Продемонстрируем на примере поведение показателей эффективности инвестиций при изменении показателя дисконтирования E, воспользовавшись данными примера, разбиравшегося в предыдущем разделе (см. табл.2). Используем одни и те же исходные данные технологии ($K_{уд}=2400$ [кВт·ч/год], $q=7,49*10^9$ [кВт·ч/год]), вводя вновь лишь только некоторое значение индивидуального темпа, например $Y_i=1$ [%/год]. Результаты искомой численной оценки показателей NPV и др. представлены в табл.3. Будем также условно предполагать, как это делается практически во всех исследованиях, что цены используемых в процессе эксплуатации объекта энергетики ресурсов (в первую очередь, топлива) не зависят от спроса на них, т.е. имеет место равенство: $R=k$.

Таблица 3. Величины показателей эффективности инвестиций при различных значениях дисконта E и при индивидуальном темпе развития $Y_i=1$ [%/год].

Показатели	$E=1$ [%/год]	$E=5$ [%/год]	$E=10$ [%/год]
$k=Kd/q$, [ц.*г./кВт.ч]	40,37	48,32	59,74
$E_{пр}$ [%/год]	3,86	6,44	10,53
$NPV=k*q*Y_i/E_{пр}$, [долл.]	$7,84*10^8$	$5,62*10^8$	$3,90*10^8$
$SRR=Y_i$, [%/год]	1	1	1
$IRR=E+Y_i$, [%/год]	2	6	11
РВР, [год]	23,05	22,32	20,23
$PR=Y_i/E_{пр}$	0,259	0,155	0,105

Из табл.3 следует, что с увеличением показателя дисконтирования E величина NPV заметно уменьшается. Это вызвано повышающимся изъятием средств у объекта энергетики (продемонстрированным в табл.2), вследствие чего по окончании эксплуатации у него остается все меньше собственных свободных средств (прибыли), в то время как все большая сумма средств передается другим структурам, т.е. бюджету, банкам, инвестиционным фондам и проч., участвующим в данном инвестиционном проекте. Вместе с тем, снижение реновационной составляющей стоимости продукции приводит к уменьшению показателя РВР, т.е. возврат начальных инвестиций происходит несколько быстрее вследствие (также показанного в табл.2) дополнительного притока средств к объекту энергетики.

В заключение отметим, что при отечественном (использовавшемся в б. СССР) "нормативном" подходе к обоснованию эффективности инвестиционных проектов фактически нормативно задавался темп раз-

вития $Y_i = Y_n$, тогда как при международном подходе столь же нормативно задается цена продукции, которая в свою очередь определяет индивидуальный темп $Y_i = (P - Cd)/R$, где по условию P есть рыночная (равновесная) цена вырабатываемой продукции. В результате может показаться, что международный подход к оценке эффективности инвестиций является более совершенным по сравнению с отечественным "нормативным" подходом.

Однако в действительности дело обстоит далеко не так просто, поскольку при обоих этих подходах не учитывается главное, а именно эффект влияния самого объекта инвестиций на равновесную цену. Подобное влияние, в принципе, всегда имеет место, дело лишь в том, каков этот эффект количественно в каждом конкретном случае. Как будет показано в следующем разделе, этим эффектом никак нельзя пренебрегать при обосновании инвестиций в объекты энергетики. Поэтому ни "нормативное" ценообразование, ни описанный здесь международный подход не обеспечивают достаточной корректности оценок эффективности инвестиционных проектов, тем более, что оба этих подхода используют приближение $R=k$, тогда как более строгий подход (т.е. совместный учет воздействия объекта инвестиций как на равновесную цену продукции, так и на цены потребляемых ресурсов, в первую очередь топлива) состоит в использовании выражения вида (6.2).

Итак, выше показано, что используемые при оценке экономической эффективности инвестиций показатели, так же как цены продукции и производственных фондов, однозначно определяются величиной индивидуального темпа развития производства Y_i . В случае, когда объект (технология) энергетики является единственным (т.е. не имеет конкурентов) в регионе, индивидуальный темп Y_i оказывается равным темпу роста спроса на энергию в этом регионе Y . Задача определения индивидуальных темпов Y_i и равновесных цен при наличии конкуренции между объектами энергетики в регионе рассматривается ниже.

9 Равновесное ценообразование в условиях конкуренции

9.1 Равновесное ценообразование как обобщение "нормативного"

Будем предполагать, что спрос на продукцию отрасли энергетики известен, характеризуется некоторым заданным темпом роста Y , положительным или отрицательным, и является неэластичным, т.е. не зависит от уровня цен продукции. Основное внимание направим на определение индивидуальных темпов развития энергетических технологий, поскольку, как показано выше, именно этот показатель определяет положение технологий на рынке, и как следствие, привлекательность технологий для инвестирования.

Допустим в некоторый начальный момент времени существуют две технологии, способные вырабатывать однородную продукцию (электроэнергию). Обратимся к исходным положениям "нормативного" ценообразования представленным в виде равенства (1.2). Используя те же соображения, которые привели к определению «нормативной» цены продукции (1.3), и предполагая, что технологии 1 и 2 вырабатывают по одинаковому количеству продукции $q_1 = q_2 = q$ [кВт·ч/год], преобразуем равенство (1.2) к виду:

$$P_e = E_{c3} * k_1 + C_1 = E_{c3} * k_2 + C_2, \quad (9.1)$$

где $k_1 = K_1/q$ и $k_2 = K_2/q$ — стоимости единицы мощности технологий 1 и 2;

$C_1 = I_1/q$ и $C_2 = I_2/q$ — стоимости (себестоимость) продукции этих технологий.

Равенство (9.1) определяет значение показателя E_{c3} [1/год], при котором обе технологии вырабатывают продукцию по одинаковой (равновесной) цене P_e , при одном и том же выпуске продукции q [кВт·ч/год], т.е. суммарная выработка продукции составляет $Q = 2 * q$ [кВт·ч/год]. Вместе с тем, показатель E_{c3} можно рассматривать, как некоторый темп развития, относящийся одновременно к обоим технологиям и равный индивидуальному темпу развития каждой из этих технологий ($E_{c3} = Y_{i1} = Y_{i2}$).

При выводе соотношений (1.2) и (9.1) совершенно не шла речь о спросе — вызван ли такой темп роста выпуска продукции спросом потребителей. Предположим темп роста спроса Y известен. Тогда индивидуальные темпы роста выработки продукции технологиями 1 и 2, отвечающие этому спросу, определяются соотношением:

$$2 \cdot q \cdot Y = q \cdot Y_{i1} + q \cdot Y_{i2}$$

или

$$Y = Y_{i1} / 2 + Y_{i2} / 2, \quad (9.2)$$

откуда при $Y_{i1} = Y_{i2}$ получаем: $Y = Y_{i1} = Y_{i2}$. Итак, действительно при заданных условиях этой частной задачи ($q_1 = q_2 = q$, $Q = 2 \cdot q$) оказывается всегда на основании соотношений (1.2), (9.1) и (9.2) назначается равновесная цена продукции, определяемая спросом.

Используя аналогичный подход, можно рассмотреть более общую задачу определения равновесной цены продукции P_e , отказавшись от равенства индивидуальных темпов и выпусков продукции, т.е. полагать индивидуальные темпы Y_{i1} , Y_{i2} и выпуски продукции q_1 и q_2 различными. В этом случае вместо уравнений (9.1) и (9.2) запишем:

$$P_e = Y_{i1} \cdot k_1 + C_1 = Y_{i2} \cdot k_2 + C_2, \quad (9.3)$$

$$Y = w_1 \cdot Y_{i1} + w_2 \cdot Y_{i2}, \quad (9.4)$$

где $w_1 = q_1 / Q$ — доля выработки продукции первой технологией;

$w_2 = q_2 / Q$ — доля выработки продукции второй технологией;

$Q = q_1 + q_2$ — суммарная выработка продукции двумя технологиями, [кВт·ч/год].

Соотношения (9.3) и (9.4) образуют систему двух уравнений с двумя неизвестными Y_{i1} и Y_{i2} . Как известно, такая система всегда разрешима.

Прежде чем решать эту систему напомним, что показатели k_1 и k_2 по смыслу есть удельные затраты непосредственно в сооружение объектов соответствующих технологий. Однако величинами k_1 и k_2 не исчерпываются все затраты на развитие технологий. Как показано выше, в цене конечной продукции технологий необходимо учитывать также все затраты на развитие инфраструктуры и обеспечивающих отраслей. Последнее означает, что в уравнении (9.3) в самом общем случае следует вместо стоимостей C_1 и C_2 использовать дисконтированные стоимости Cd_1 и Cd_2 (3.10) и вместо показателей k_1 и k_2 использовать показатели R_1 и R_2 , определяемые выражением (6.2), т.е. система уравнений для определения равновесной цены должна иметь следующий вид:

$$P_e = Cd_1 + R_1 \cdot Y_{i1} = Cd_2 + Y_{i2} \cdot R_2, \quad (9.5)$$

$$Y = w_1 \cdot Y_{i1} + w_2 \cdot Y_{i2}, \quad (9.6)$$

где, как и в (9.3), правая и левая части (9.5) определяют равновесную цену продукции P_e . При условии самофинансирования технологий к системе (9.5), (9.6) следует добавить соотношение:

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (9.7)$$

Система уравнений (9.3), (9.4) впервые получена в работе [12], исходя из закона ценообразования в виде (5.2). В данном разделе показано, что к такому же результату непосредственно приводит обобщение основных положений “нормативного” ценообразования.

9.2 Зависимость индивидуальных темпов и равновесной цены от спроса

В самом общем случае не только цена зависит от спроса, но также и спрос зависит от цены, т.е. всегда существует более или менее выраженная связь между равновесной ценой P_e и темпом развития производственной системы Y (“системным” темпом). Поэтому в общем случае к системе (9.5), (9.6) следует добавить уравнение вида:

$$P_e = F(Y). \quad (9.8)$$

Однако до сих пор по отношению к энергетике вид функции $F(Y)$ подробно не изучен. В большинстве исследований, включая [13-14], [17-20] предполагалось, что спрос на электроэнергию не зависит от цены (не является эластичным) и полностью определяется показателями роста экономики и удельного расхода электроэнергии на единицу ВВП [кВт·ч/руб.]. Следовательно предполагалось, что уравнение вида (9.8) учитывать нет необходимости. В этом случае система уравнений (9.5), (9.6) решается аналитически. В результате индивидуальные темпы и равновесная цена продукции определяются следующими линейными функциями:

$$Y_{i1} = (Y - w_2 \cdot (Cd_1 - Cd_2) / R_2) / (w_1 + (R_1 / R_2) \cdot w_2), \quad (9.9)$$

$$Y_{i2} = (Y - w_1 \cdot (Cd_2 - Cd_1) / R_1) / (w_2 + (R_2 / R_1) \cdot w_1), \quad (9.10)$$

$$P_e = Cd_1 + R_1 \cdot Y_{i1} = Cd_2 + R_2 \cdot Y_{i2}. \quad (9.11)$$

В работе [12] показано, что при неэластичном спросе система уравнений вида (9.5-9.6) может быть записана и решена аналитически для любого числа конкурирующих технологий. Здесь же ограничимся обсуждением особенностей поведения функций (9.9-9.11), относящихся к случаю только двух конкурирующих технологий.

Допустим для определенности, что $Cd_1 > Cd_2$. В то же время по определению параметры Cd , R и w должны находиться в пределах: $R_1 \gg Cd_1 > 0$; $R_2 \gg Cd_2 > 0$; $0 \leq w_1 \leq 1$; $0 \leq w_2 \leq 1$. Вместе с тем, на практике даже при строго заданном соотношении показателей стоимости Cd , вследствие различия значений коэффициентов D_k и D_3 (6.2) у каждой из технологий, может осуществляться как случай $R_1 > R_2$, так и $R_1 < R_2$.

В качестве примера далее рассматривается поведение функций (9.9-9.10) для случая $Cd_1 > Cd_2$ (конкретно $Cd_1 = 2,49$ и $Cd_2 = 2,29$ цент/кВт·ч) и $R_1 < R_2$ ($R_1 = 43,27$ и $R_2 = 54,15$ цент*год/кВт·ч) при равном участии в покрытии спроса ($w_1 = w_2 = 0,5$), что представлено на рис 1.

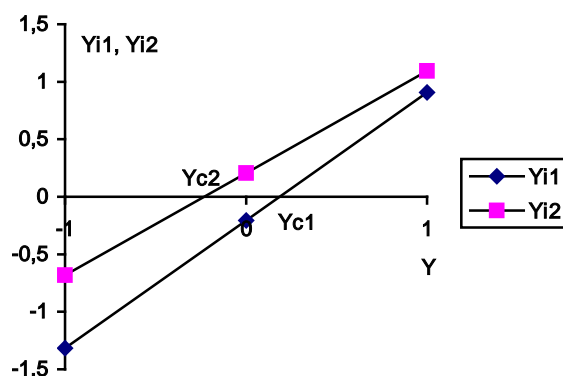


Рис.1. Зависимости индивидуальных темпов Y_{i1} и Y_{i2} [%/год] от системного темпа Y [%/год] при $w_1 = w_2 = 0,5$

Рассматривая рис. 1, можно сделать следующие выводы:

Во всем диапазоне системных темпов $Y = \pm 1$ [%/год] индивидуальный темп развития технологии 2 выше, чем у технологии 1 ($Y_2 > Y_1$), что определяется меньшими производственными издержками технологии 2 ($Cd_1 > Cd_2$). Следовательно технология 2 при прочих равных условиях в этом диапазоне системных темпов может развиваться быстрее технологии 1. В условиях рассматриваемого примера с увеличением системного темпа Y различие индивидуальных темпов уменьшается; о причинах этого эффекта будет сказано ниже.

У каждой из технологий имеется собственный критический системный темп Y_c , при переходе через который (при пересечении линий индивидуальных темпов Y_1 и Y_2 с осью абсцисс) соответствующая технология из состояния развития переходит в состояние деградации и наоборот. У технологии 1 критический темп положительный ($Y_{c1} > 0$), у технологии 2 — отрицательный ($Y_{c2} < 0$). Значения критических темпов определяются выражениями:

$$Y_{c1} = w_2 * (Cd_1 - Cd_2) / R_2, \quad (9.12)$$

$$Y_{c2} = w_1 * (Cd_2 - Cd_1) / R_1, \quad (9.13)$$

полученными посредством приравнивания к нулю соответственно выражений (9.9) и (9.10), т.е. выполнения условий $Y_1 = 0$, $Y_2 = 0$. Как следует из выражений (9.12) и (9.13), значения критических темпов каждой из технологий определяются в большей степени показателями конкурента, нежели стоимостью собственной продукции.

Существуют три области состояния конкуренции технологий 1 и 2, определяемые состоянием спроса:

— область $Y < Y_{c2} < 0$, в которой также $Y_1 < 0$, $Y_2 < 0$, т.е. обе технологии деградируют;

— область $Y_{c2} < Y < Y_{c1}$, в которой $Y_1 < 0$, $Y_2 > 0$, и где технология 1 деградирует, тогда как технология 2 развивается. Последнее означает, что технология 2 развивается за счет вытеснения с рынка технологии 1, что особенно явно проявляется в условиях, когда оказывается $Y \leq 0$;

— область $0 < Y_{c1} < Y$, в которой развиваются одновременно обе технологии, однако с различными индивидуальными темпами ($0 < Y_1 < Y_2$). Особо подчеркнем, что равновесным (т.е. оптимальным в условиях рынка) решением является развитие одновременно технологий 1 и 2, несмотря на то, что технология 2 вырабатывает более дешевую электроэнергию. Последнее означает, что в условиях рыночной экономики хорошо известным критерием оптимизации “min Cd” пользоваться нельзя.

В связи с вышесказанным возникает следующий вопрос: имеет ли смысл при $0 < Y_{c1} < Y$ развивать худшую технологию 1, если при возможном падении спроса (при $Y < Y_{c1}$) окажется более выгодным заменять её на технологию 2. Для ответа на этот вопрос оценим постоянную времени T_{12} процесса смены технологии 1 на технологию 2, которая согласно работе [12] оказывается порядка:

$$T_{12} = R_2 / (Cd_1 - Cd_2). \quad (9.14)$$

Для условий рассматриваемого примера показатель T_{12} существенно превышает срок службы энергетических объектов (30-50 лет). Следовательно однажды созданная многокомпонентная структура энергетики сможет поддерживаться и воспроизводиться достаточно долго, чтобы возместить первоначальные инвестиции. Поэтому такая двухкомпонентная структура энергетики будет вполне устойчива и главным образом истощение ресурсов и НТП могут существенно повлиять на этот процесс.

Из выражений (9.9), (9.10) и (9.11), (9.12) следует, что значения индивидуальных Y_i и критических Y_c темпов технологий 1 и 2 зависят не только от индивидуальных характеристик технологий (показателей Cd и R), но также и от доли, занимаемой каждой из этих технологий в покрытии спроса. Когда новая технология только-только начинает развиваться (находится как бы в эмбриональном состоянии), её доля в системе является практически нулевой ($w_i = 0$). По мере захвата рынка эта доля

увеличивается и достигает предельного значения $w_i=1$. Такое состояние принято называть состоянием "зрелости" до тех пор, пока не появилась новая еще более лучшая технология, или "старости", если такая технология уже появилась. Однако чаще всего осуществляется последний случай, т.е. каждый раз "на подходе" оказывается следующая новая технология. Для того, чтобы проиллюстрировать процесс смены технологий в результате свободной конкуренции, обратимся к рис.2 и 3, на которых показаны два крайних случая ($w_1=0, w_2=1$ и $w_1=1, w_2=0$) при тех же значениях остальных данных, что и рис.1.

Как видно на рис. 2 и 3, превалирующая ("зрелая") технология (для нее $w=1$) развивается (или деградирует) с индивидуальным темпом, равным системному ($Y_i=Y$), тогда как технология, находящаяся в эмбриональном состоянии, обладает индивидуальным темпом ниже ($Y_{i1}<Y$, для технологии 1 на рис.2) или выше ($Y_{i2}>Y$, для технологии 2 на рис.3), по отношению к системному темпу Y . Причем сопоставление рис.1, рис.2 и рис.3 показывает, что индивидуальный темп Y_{i2} при любых значениях системного темпа Y оказывается максимальным при $w_2=0$, т.е. лучшая технология 2 ($Cd_2<Cd_1$) получает наивысшую оценку, в "эмбриональном" состоянии, будучи готовой к внедрению (рис.3). Именно такая технология является наиболее привлекательным объектом для инвестирования и кредитования. В то же время технология 1, вытесняемая с рынка при темпах роста спроса на продукцию $Y \leq 1\%$ в год, не имеет шансов вернуться на энергетический рынок. Однако при больших темпах Y положение может измениться, о чем будет сказано ниже.

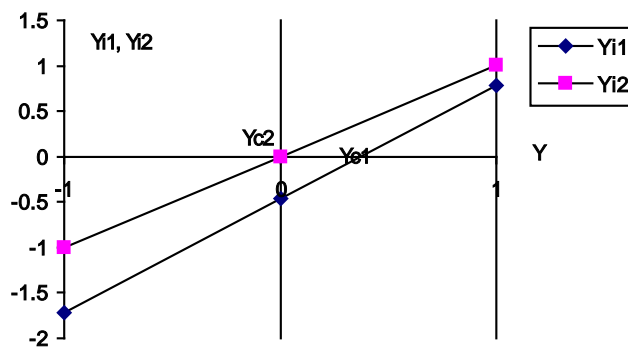


Рис.2. Зависимости индивидуальных темпов Y_{i1} и Y_{i2} [%/год] от значений системного темпа Y [%/год] в случае $w_1=0, w_2=1$.

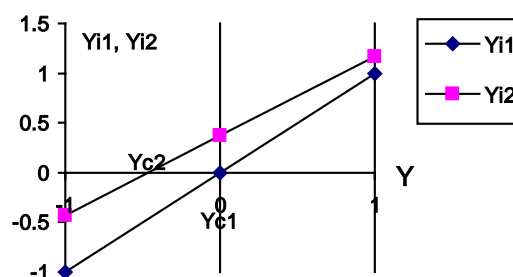


Рис.3. Зависимости индивидуальных темпов Y_{i1} и Y_{i2} [%/год] от значений системного темпа Y [%/год] в случае $w_1=1, w_2=0$.

Поведение равновесной цены продукции P_e при изменении системного темпа Y показано на рис.4. Как видно, относительное изменение цены (почти в полтора раза при изменении системного темпа в

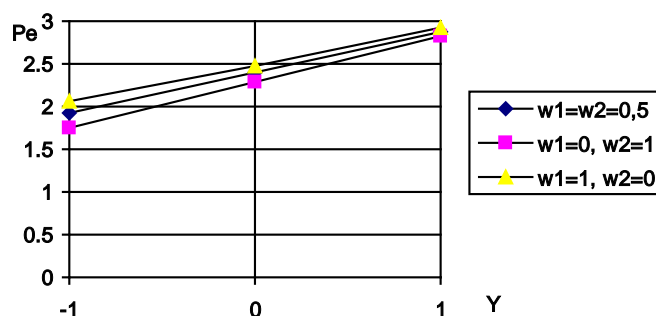


Рис.4. Зависимость равновесной цены продукции P_e [цент/кВт·ч] от величины системного темпа Y [%/год] при различных значениях показателей w_1 и w_2 .

диапазоне $Y=\pm 1\%$ в год) является столь значительным, что им никак нельзя пренебрегать при проведении экономических оценок.

При значениях системного темпа, совпадающих с критическими, равновесные цены совпадают соответствующими стоимостями, т.е. при $Y=Y_{c1}$ оказывается $P_e=Cd_1$ и при $Y=Y_{c2}$ получается $P_e=Cd_2$, в то время, как сами критические темпы изменяются в процессе конкуренции технологий, т.е. при постепенном изменении показателей w_1 и w_2 .

Согласно (9.11) при $Cd_1 > Cd_2$ также существуют три характерные области для равновесной цены продукции в зависимости от относительной величины системного темпа Y :

- при $Y < Y_{c2} < 0$ имеем $P_e < Cd_1$ и $P_e < Cd_2$, т.е. обе технологии оказываются убыточными и деградируют;
- при $Y_{c2} < Y < Y_{c1}$ оказывается $P_e < Cd_1$ и $P_e > Cd_2$, т.е. только технология 2 получает прибыль и развивается;
- $0 < Y_{c1} < Y$ получаем $P_e > Cd_1$ и $P_e > Cd_2$, т.е. обе технологии прибыльны и развиваются.

В научных источниках (например, [18]) можно встретить термин "цены самофинансирования", однако не указывается, к какому темпу роста относятся представляемые данные. Особенно часто такими данными являются цены на органическое топливо, в первую очередь (для России) - природный газ. Приведенные выше рисунки демонстрируют тот факт, что представлять цены, не указывая темп развития, к которому эти цены относятся, значит совершать серьезную методическую ошибку. Все окончательные результаты, полученные на основании данных, содержащих подобные ошибки, не внушают доверия. Точно так же, как не внушают доверия экономико-математические модели, использующие в качестве критерия оптимизации условие "min Cd".

9.3 Зависимость предельных цен фондов от спроса

Возвращаясь к рис 1-3, обратим внимание на то, что с возрастанием системного темпа Y линии индивидуальных темпов Y_{i1} и Y_{i2} сближаются и можно ожидать их пересечения на графике. Действительно, расширив диапазон системных темпов, получаем пересечение функций $Y_{i1}=f_1(Y)$ и $Y_{i2}=f_2(Y)$. Поскольку выше было показано, что предельные цены фондов Φ_k (7.12) и Φ_s (7.13) прямо пропорциональны величине индивидуального темпа Y_i , пересечение функций индивидуальных темпов Y_{i1} Y_{i2} приводит к пересечению функций $\Phi_1(Y)$ и $\Phi_2(Y)$, относящихся к технологиям 1 и 2, что изображено на рис.5.

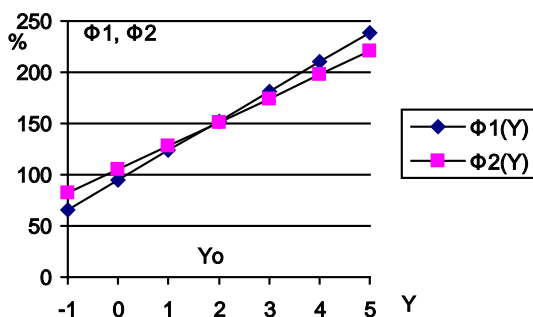


Рис.5. Зависимости предельных стоимостей фондов технологий $\Phi_1(Y)$ и $\Phi_2(Y)$ от величины системного темпа Y [%/год] (при $R_1=43,27$, $R_2=54,15$ цент*год/кВт*ч и $w_1=w_2=0,5$), где $Y_0=1,84$ [%/год].

Пересечение зависимостей $\Phi_1(Y)$ и $\Phi_2(Y)$ на рис.5 означает, что начиная с некоторой величины системного темпа $Y > Y_0$ технология 1 становится более привлекательной для инвестирования, нежели технология 2, несмотря на большую стоимость продукции ($Cd_1 > Cd_2$). Как не трудно догадаться, происходит это потому, что затраты на развитие у технологии 1 оказываются ниже, чем у технологии 2 ($R_1 < R_2$). Значение системного темпа $Y = Y_0$, при котором меняется предпочтение технологий как объектов инвестирования и собственности, очевидно является важным показателем при описании конкуренции технологий. Величина темпа равноэкономичности Y_0 может быть оценена на основании выражений (9.9) и (9.10). Приравняв значения $Y_1 = Y_2$ и проведя необходимые преобразования с учетом соотношения (9.7), приходим к выражению:

$$Y_0 = (Cd_1 - Cd_2) / (R_2 - R_1). \quad (9.15)$$

В рассматриваемом нами примере (когда $Cd_1 > Cd_2$ и числитель выражения (9.15) положительный) знак величины Y_0 определяется знаком знаменателя. Если $R_2 > R_1$, знак Y_0 (9.15) оказывается положительным, т.е. при $Y < Y_0$ и $Y > Y_0$ предпочтения технологий для инвестирования меняются. Более экономичной становится технология 1, у которой ниже удельные затраты на развитие, а не технология 2, у которой ниже стоимость продукции. Поскольку на величину показателя удельных затрат на развитие R оказывает сильное влияние развитость инфраструктуры технологии (т.е. конкретные значения коэффициентов D_k и $D_{с,}$) вполне может оказаться, что не показатель Cd , а именно значение показателя R является решающим фактором при выборе технологий для системы энергетики.

Как не трудно заметить, выражение (9.15) напоминает известное определение срока окупаемости дополнительных капиталовложений, которое положено в основу "нормативного" ценообразования, о чем было сказано вначале при выводе выражения (1.2). Однако выражение (9.15) определяет значение темпа Y_0 (вместо некоторого положительного норматива $E_{с3}$), явно связанное с поведением спроса на продукцию. Согласно выражению (9.15) показатель Y_0 , положительный для случая, изображенного на рис.5, становится отрицательным в случае $Cd_1 > Cd_2$, $R_1 > R_2$ (рис.6).

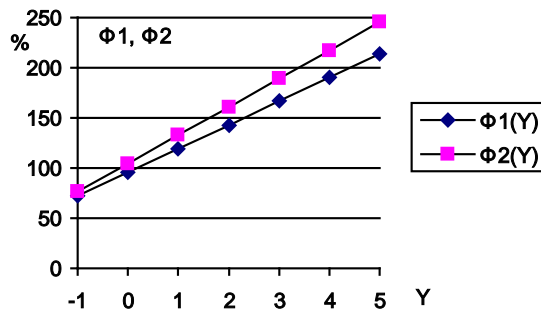


Рис.6. Зависимости предельных стоимостей фондов $\Phi_1(Y)$ и $\Phi_2(Y)$ от величины системного темпа Y [%/год] (при $R_1=64,52$, $R_2=54,15$ цент*год/кВт·ч и $w_1=w_2=0,5$), где $Y_0 < 0$.

Уровень развитости инфраструктуры и НТП сказываются на отдаче технологии в условиях рынка. В рассматриваемом примере развитость инфраструктуры привела к тому, что для технологии 1 удельные затраты на развитие ниже ($R_1 < R_2$), тогда как для технологии 2 в результате НТП оказалась ниже стоимость продукции ($Cd_2 < Cd_1$). Последнее приводит к тому, что при изменении спроса экономическое преимущество переходит от одной технологии к другой, в то время как точка равной экономичности этих технологий остается неизменной, как это следует из выражения (9.15). Вместе с тем, на цены продукции и фондов также оказывает влияние состояние (“зрелость”) технологии в условиях данного рынка.

На рис 7 и 8 для исходных данных рис.5 показаны зависимости предельной стоимости основных фондов $\Phi(Y)$ для технологий 1 и 2 от величины системного темпа Y при переходе технологии от эмбрионального ($w_i=0$) к зрелому ($w_i=1$) состоянию. Хорошо видно, что состояние, в котором находится технология, оказывает неоднозначное влияние на величину предельной оценки фондов этих технологий:

— при $Y < Y_0$ предпочтительны технология 1 в зрелом состоянии и технология 2 в эмбриональном состоянии;

— при $Y > Y_0$ предпочтительны технология 1 в эмбриональном состоянии и технология 2 в зрелом состоянии.

При указанных выше соотношениях основных показателей технологий (Cd и R) полученные рекомендации следует учитывать при инвестировании (покупке акций) этих технологий.

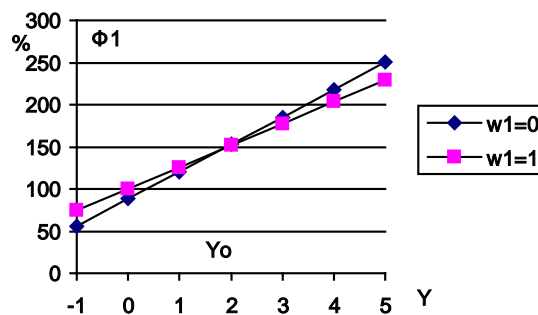


Рис.7. Зависимость предельной цены основных фондов Φ_1 технологии 1 (в % относительно номинальной стоимости) от величины системного темпа Y при эмбриональном ($w_1=0$) и зрелом ($w_1=1$) состояниях этой технологии ($w_2=1-w_1$).

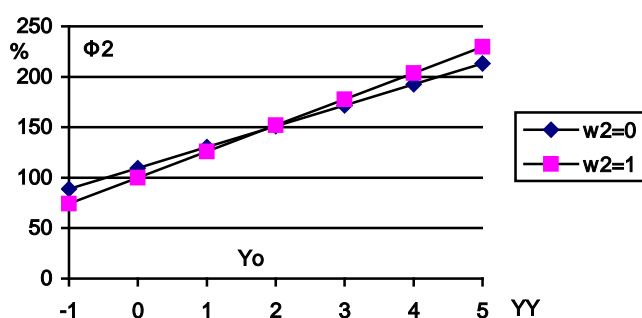


Рис.8. Зависимость предельной цены основных фондов Φ_2 технологии 2 при эмбриональном ($w_2=0$) и зрелом ($w_2=1$) состояниях этой технологии (при $w_1=1-w_2$).

Состояние, в котором находится каждая из технологий, оказывает также заметное влияние на равновесную цену продукции. На рис.9 показаны зависимости равновесной цены продукции от величины системного темпа Y для двух крайних положений, когда одна из технологий находится в эмбриональном состоянии, тогда как другая в состоянии зрелости. Хорошо видно, что (в соответствии с рис.5) равновесная цена оказывается ниже, когда при $Y < Y_0$ в зрелом состоянии находится технология 2, тогда как при $Y > Y_0$ более предпочтительным с точки зрения снижения равновесной цены продукции является зрелость технологии 1.

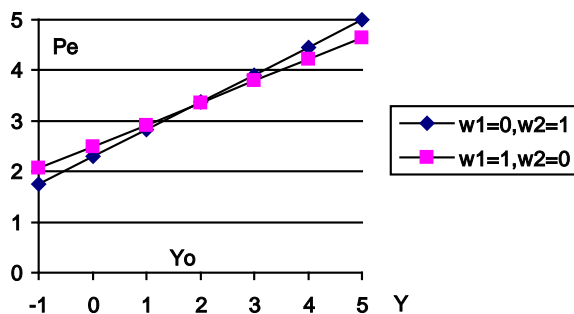


Рис.9. Зависимость равновесной цены Pe от величины системного темпа Y для состояний технологий, представленных на рис.7 и 8.

Для моделирования непрерывного процесса развития производства система уравнений (9.5-9.8), определяющая изменение показателей производства на одном шаге, должна быть дополнена соотношениями, обеспечивающими передачу данных с каждого предыдущего шага на последующий [12]. После этого возможно моделировать процесс развития технологий на протяжении некоторого промежутка времени.

При рассмотрении всех возможных ситуаций, с которыми может встретиться каждая отдельная фирма (технология), выходящая на рынок, в мировой практике используется наглядное представление этих ситуаций в виде матрицы: “Эффективность — Привлекательность”. С введением понятия критического системного темпа Y_c четыре крайних состояния этой матрицы получают вполне определенную количественную оценку:

— при $Y > 0$, $Y_c < 0$: используемая технология имеет значительный запас привлекательности для инвесторов;

— при $Y < 0$, $Y_c < 0$: спрос на продукцию упал и соответственно упала привлекательность данной технологии;

— при $Y > 0$, $Y_c > 0$: либо упала эффективность производства, либо появились сильные конкуренты; для того, чтобы сохранить данную технологию, необходимо поднять эффективность производства;

— при $Y < 0$, $Y_c > 0$: одновременно наступают условия падения спроса и снижения эффективности (по сравнению с конкурентами); в этих крайне неблагоприятных условиях скорее всего надо ликвидировать бизнес на основе данной технологии.

Другим способом упорядоченного описания всех возможных ситуаций, с которыми могут встретиться фирмы (технологии) на рынке, является “Матрица стратегического состояния”, позволяющая связать позицию на рынке, имеющую такие градации, как “Доминирующая”, “Сильная”, “Прочная” и “Слабая” с уровнем зрелости производства, имеющего состояния: “Эмбриональное”, “Рост”, “Зрелость” и “Старость”. Все возможные сочетания состояний (т.е. клеток) этой матрицы также могут быть идентифицированы с помощью количественных показателей, таких как критический системный темп Y_c , индивидуальный темп Y_i и доля w_j , занимаемая технологией на рынке. Например, лучшая j -ая технология, находящаяся в “эмбриональном” состоянии ($w_j \cong 0$) и занимающая “доминирующую” позицию, характеризуется наименьшим (относительно всех других технологий) значением критического системного темпа ($Y_{c_j} < 0$) и наибольшим значением индивидуального темпа ($Y_{i_j} > Y$). По мере повышения уровня зрелости продукта и движения к “старению” ($w_j \cong 1$) критический системный темп j -ой технологии стремится к нулю или даже становится больше нуля ($Y_{c_j} \geq 0$), индивидуальный темп становится равным или меньше системного ($Y_{i_j} \leq Y$) в том случае, если за это время появляется лучшая технология.

Таким образом показано, что изначально в методологии “нормативного” ценообразования содержатся элементы равновесного ценообразования, основанного на законе стоимости (5.2). Однако целый ряд упрощений, таких как игнорирование действия законов сохранения в экономическом процессе, и в частности, игнорирование необходимости всегда указывать, каким образом тратятся средства, полученные в виде прибыли (как источника возврата инвестиций и развития производства) не позволяли “нормативно” теории строго описать равновесный экономический процесс, включающий равновесное ценообразование, как один из основных элементов.

10 Ценообразование и моделирование развития энергетики

Необходимость использования экономико-математического моделирования для целей исследования и прогнозирования развития энергетики возникает, в основном, вследствие следующих причин:

— требованием обеспечивать бездефицитное энергоснабжение всех отраслей экономики страны и отдельных регионов во все периоды времени;

— большой длительностью инвестиционного цикла развития энергетики, включая полный топливный цикл, от разведки и добычи топлива до захоронения всех отходов;

— необходимостью значительных ежегодных прямых и косвенных инвестиций в энергетику и связанные с ней отрасли;

— наличием многих готовых к использованию технологий, отличающихся принципами действия, конструктивным исполнением и топливными циклами, а также обладающих существенно отличными технико-экономическими показателями;

— разнообразием сценариев будущего развития экономики страны в целом и её отдельных регионов.

Приведем краткий обзор некоторых типов экономико-математических моделей, применяемых в настоящее время при исследовании систем энергетики, с целью сравнения используемых в них принципов ценообразования. Прежде всего, коснемся класса моделей математического

программирования, с помощью которых производится отбор наиболее эффективных технологий на основании решения системы уравнений ограничений на ресурсы и вычисление целевой функции U , являющейся критерием экономической эффективности системы энергетики. Оптимальный вариант ищется в виде согласованного (со спросом на продукцию) набора технологий, обеспечивающего получение минимального ($\min U$, если U — затраты или стоимость) или максимального ($\max U$, если U — доход или прибыль) значения этого критерия.

По виду используемого приближения модели математического программирования принято подразделять на линейные и нелинейные [21]. Наиболее часто используются модели линейного программирования [22], [23]. Значительно реже используются модели нелинейного (или так называемого выпуклого) программирования. Среди нелинейных моделей особо выделяется класс моделей динамического программирования [24], [25].

Наряду с этими формализованным моделям часто используются имитационные математические модели, в которых оптимизация основывается на практически аналогичных критериях ($\min U$ или $\max U$), однако оптимальное решение ищется посредством неформального (интуитивного, экспертного, основанного на опыте) перебора некоторого числа перспективных вариантов [13], [14], [18]. С накоплением опыта эффективность и практическая ценность таких моделей может оказаться существенно выше, чем более сложных моделей математического программирования.

Общим свойством экономического критерия оптимальности U и одновременно условием его использования во всех перечисленных выше классах моделей является требование задать заранее стоимостные показатели (цены) для всех используемых ресурсов. Здесь под стоимостными показателями подразумеваются либо неизменные прейскурантные ("справочные") цены, либо приведенные (дисконтированные) стоимости. При этом очевидным является требование следить за тем, чтобы в одной и той же экономико—математической модели использовались цены одного типа.

Постановка задачи математического программирования приобретает смысл только в случае наличия ограничений, т.е. когда используемые ресурсы являются реально (т.е. "физически") ограниченными. Для решения задач линейного и динамического программирования (с явно заданными ограничениями) разработаны эффективные алгоритмы, такие как метод множителей Лагранжа, симплексный метод и др. Если же ограничения отсутствуют или каким-либо способом устраняются (например, введением соответствующих штрафов за превышение ограничения), то задача математического программирования превращается в классическую задачу определения максимума (минимума), решаемую методом равенства нулю производной от целевой функции U . Именно на принципе превращения задачи с ограничениями в классическую задачу основан метод множителей Лагранжа.

В энергетике наиболее часто в качестве целевой функции используется сумма дисконтированных затрат. Поскольку при отборе вариантов развития систем энергетики, как правило, предполагается равенство выпусков продукции по любому варианту, то вместо минимизации затрат принято переходить к минимизации дисконтированной стоимости продукции. В результате общепринятым на сегодня является критерий оптимальности в виде:

$$\min U = \min Cd, \quad (10.1)$$

где Cd — дисконтированная стоимость продукции, определяемая выражением (3.4), (3.8) или (3.10).

В теории линейного программирования доказано, что каждой исходной задаче всегда может быть сопоставлена двойственная задача, определяющая так называемые двойственные оценки Γ_j (по смыслу аналогичные множителям Лагранжа) для каждого j -ого ограниченного ресурса, называемые также разными авторами "теневыми ценами", "объективно обусловленными оценками" и наконец просто "ценами ограниченных ресурсов" [23]. Для неограниченных ресурсов двойственные оценки всегда оказываются равными нулю.

Таким образом, в оптимизационных моделях возникают несколько различных систем стоимостных показателей: "справочные" цены, "теневые" цены, к которым добавляются "цены производства" и "цены потребления" [23]. В имитационных моделях для этих же целей используются замыкающие затраты, т.е. некоторые цены, выше "справочных", относящиеся к развивающимся объектам. В итоге, до сих пор имеют место дискуссии между экономистами, какими же ценами следует пользоваться в каждом конкретном случае. В этой связи напомним о дискуссиях по поводу использования нормативов E_d и E_n

("два или один"), о том, каким должен выбираться норматив дисконтирования и проч., станет понятно, что самая важная для практики проблема ценообразования до сих пор не решена экономической наукой. Однако без окончательного решения этой проблемы надеяться на корректный и практически значимый результат исследования (моделирования и прогнозирования) развития энергетики в условиях рыночной экономики вряд ли возможно.

Рассмотрение, предпринятое ранее в работах [12], [19], [20] и продолженное в данной работе, позволяет существенно иначе подойти к решению проблемы равновесного ценообразования в условиях рыночной экономики. Как известно, развитая рыночная экономика характеризуется следующими, подтверждаемыми практикой, главными признаками:

— отсутствием каких-либо "физических" ограничений (выражаемых наличием дефицита и очередей) благодаря тому, что всегда "физические" ограничения превращаются в чисто ценовые ограничения при полном отсутствии очередей;

— использованием прибыли как относительной меры эффективности производства и инструмента развития;

— наличием равновесной цены, устанавливающейся в результате добровольного соглашения продавца и покупателя;

— оперативной реакцией равновесной цены продукции на поведение спроса, в то время, как показатель стоимости является относительно стабильным при равновесном ценообразовании;

— наличием тесно связанных между собой рынков — товарного и фондового.

Уже первый из перечисленных признаков приводит к принципиальному выводу о несоответствии моделей математического программирования условиям рыночной экономики. Причем этот вывод непосредственно подтверждается структурой моделей математического программирования, а именно тем обстоятельством, что возникают двойственные оценки (т.е. множители Лагранжа).

По смыслу двойственные оценки ограниченных ресурсов это такие цены ресурсов, при которых последние перестают быть ограниченными в оптимальном плане, т.е. само решение задачи линейного программирования подталкивает к тому, чтобы избавиться от ограничений, реально назначив цены ресурсов с учетом двойственных оценок, и тем самым, от задачи с ограничениями перейти к решению классической задачи без ограничений. Исходя из этих соображений, проблему ценообразования при ограниченности ресурсов в работе [7] предлагалось решать, используя обобщенный закон ценообразования в виде:

$$P = C + \sum A_j * r_j, \quad (10.2)$$

где P — цена продукции в оптимальном плане, [руб./ед.прод.];

C — стоимость (себестоимость) производства продукции, [руб./ед.прод.];

A_j — удельный расход j -ого ограниченного ресурса в оптимальном плане, [ед.ресурса/ед.прод.];

r_j — двойственная оценка (теневая цена) j -ого ограниченного ресурса в оптимальном плане, [руб./ед.ресурса].

Согласно выражению (10.2), вместе с производственной стоимостью C в цену продукции P следует включить дополнительные слагаемые, каждое из которых оказывается пропорциональным величине двойственной оценки соответствующего ресурса. В работе [7] выражение вида (10.2) было прямо названо: "закон стоимости".

В принципе, аналогичный подход к ценообразованию при наличии ограниченных ресурсов был развит в работе [23], где было предложено в основное уравнение теории фирмы (5.3) ввести штрафы за перерасход ограниченных ресурсов. Величина штрафа устанавливалась пропорциональной соответствующему множителю Лагранжа, т.е. фактически для оценки ограниченных ресурсов использовался тот же метод, что принят в выражении (10.2). При этом чистая прибыль технологии, использующей ограниченные ресурсы, оказывается равной разности полной прибыли и суммы штрафов. Далее, как обычно, предлагалось искать максимум прибыли, используя как цену продукции, определяемую рынком, так и штрафы, назначаемыми таким образом, что любой ресурс в оптимальном плане переставал быть ограниченным. Таким образом, в работах [7] и [23] фактически предлагалось (хотя явно об этом нигде не сказано), чтобы технология, использующая ограниченные ресурсы, делилась

прибылью (в виде штрафов за использование ограниченных ресурсов) с отраслям, производящими соответствующие ресурсы.

Фактически то же самое происходит в том случае, когда ценообразование осуществляется на основе выражения (5.2). Две составляющие удельных затрат на развитие R , определяемые выражением (6.2), как раз и указывают на то, как должна делиться полная прибыль между самой технологией и обеспечивающими отраслями, а именно:

— первое слагаемое в (6.2) определяет ту часть прибыли, которую технология должна направить на собственное развитие с темпом Y_i ;

— второе слагаемое определяет долю прибыли, которую необходимо передать развивающимся смежным отраслям, производящим необходимые ресурсы для того, чтобы последние могли обеспечить функционирование технологии, развивающейся с темпом Y_i ;

В результате определяемая таким образом цена ресурсов по смыслу оказывается эквивалентной полученной с использованием двойственных оценок в работе [7] или множителей Лагранжа в работе [23].

Общим для работ [7], [23] (так же, как и всех других, где используются модели математического программирования и теория фирмы) является подход, при котором средства, полученные за счет использования двойственных оценок (теневых цен) и множителей Лагранжа в ценообразовании, полностью исключаются (как бы “исчезают”) из экономического анализа. Последнее означает ни что иное, как исключение из экономического анализа прибыли, что фактически приводит к нарушению законов сохранения в экономике. Поэтому подход, связанный со столь серьезными нарушениями, не может не вызывать серьезных сомнений.

Такой подход мог иметь некоторое оправдание в условиях административно управлявшейся экономики СССР, где прибыль всех предприятий и отраслей полностью сосредотачивалась в государственном бюджете и затем распределялась централизованно. Однако в условиях рыночной экономики прибыль, будучи одним из основных показателей эффективности производства, никак не может игнорироваться в экономическом анализе. Практика показывает, что возвращение прибыли в производство приводит к развитию последнего и достижению успеха в конкуренции. Поэтому например кажется удивительным, что в классической теории фирмы подробно решаются задачи максимизации прибыли, однако совершенно не рассматривается проблема использования этой прибыли для развития производства.

Часто встречается утверждение, что развитие предприятий должно происходить не за счет собственной прибыли, а исключительно за счет кредитов (инвестиций). Однако при этом как-то забывается тот факт, что никто не будет инвестировать (кредитовать) производство, которое заведомо не будет иметь прибыли. Предварительное рассмотрение инвестиционных проектов (бизнес—планов) всегда устраивается именно для того, чтобы выяснить ожидаемую прибыль и отдачу от инвестиций (см. рис.5-8). Можно утверждать, что инвестиции в любой бизнес будут делаться только тогда, когда предварительный анализ доказал потенциальную прибыльность этого бизнеса..

Решение задачи использования прибыли для развития производства (самофинансирования) подробно рассмотрено выше. В частности, получено выражение закона ценообразования в виде (5.2), и система уравнений равновесия (9.5-9.6) (более общий случай рассмотрен в работе [12]), решения которой (9.9-9.11) определяют равновесную цену, отвечающую некоторому темпу развития системы Y . Полученные решения системы уравнений (9.5-9.6) вполне соответствуют перечисленным выше признакам рыночной экономики, причем оказалось, что одновременно существует еще одно очень важное условие, которому должны удовлетворять все математические модели, описывающие рыночную экономику и претендующие на определение рыночных цен.

Этим принципиальным условием, ужу упоминавшимся выше и вытекающим из определения цены равновесия, является недопустимость использования в любых экономико-математических моделях, претендующих на описание рыночной экономики, критерия вида (10.1). Последнее непосредственно следует из выражения закона ценообразования в виде (5.2) и формулируется в виде уравнения (9.5). Согласно этим выражениям, если технология начинает развиваться, неизбежно цена её продукции возрастает пропорционально индивидуальному темпу развития (в то время, как стоимость сохраняется неизменной). Поэтому именно цена (а не стоимость) продукции является определяющей при сравнении технологий. Цена лучшей технологии при некотором темпе развития сравнивается с ценой (равной

стоимости) худшей технологии и критерий "min Cd" исчезает. Таким образом, оптимальным решением в рыночной экономике является именно равновесное решение.

Отчасти становится понятным почему, несмотря на примерно 40-50—летнюю историю развития моделей математического программирования, последние практически так и не внедрены в экономическую практику, оставаясь лишь инструментом теоретических исследований. Все замечания относительно критерия оптимальности, естественно справедливы также и для имитационных моделей, т.е. использование критерия (10.1) невозможно при описании этими моделями рыночной экономики.

По-видимому, опыт использования имитационных моделей подсказал необходимость варьировать цены ресурсов, назначая зачастую более высокие (замыкающие) цены. В частности, в исследовании [18], где рассматривались два сценария развития энергетики с разными темпами роста спроса на электроэнергию, оптимистическому сценарию приписывались цены органического топлива, определявшиеся верхней границей оцененного диапазона, тогда как для пессимистического сценария использовалась нижняя граница диапазона цен органического топлива. Тем не менее, подобный прием вряд ли допустимо использовать вместо закона ценообразования (5.2), согласно которому стоимость топлива всегда зависит от сценария развития соответствующей технологии. Недопустимо также (как это сделано например в работе [25]) использовать фиксированные (т.е. не зависящие от индивидуальных темпов развития технологий) значения цен как органического, так и ядерного топлива. Ошибки при этом оказываются весьма значительными, тем более, когда должным образом не учитывается наличие или отсутствие инфраструктуры, связанной с каждой из технологий.

11 Заключение

В заключение кратко остановимся на главных новых методических проблемах, поднятых в данной работе и имеющих, на наш взгляд, определенное практическое значение при исследовании развития систем энергетики.

1. Предложена концепция дисконтированной стоимости, включающая возмещение как физического, так и морального износа, позволяющая иначе подойти к определению показателя дисконтирования. В основе эффекта морального износа лежит воздействие НТП на производство, приводящее к относительному снижению цены продукции по мере внедрения результатов НТП в производство. Отмечается, что процедуру дисконтирования не следует смешивать с начислением процента на капитал.

2. На основе предложенной концепции получены оценки показателя (норматива) дисконтирования, в которых использованы данные о расходах на научные исследования и разработки (НТП) в отрасли. Имеются и другие, в том числе иностранные источники, указывающие на то, что показатель дисконтирования следует оценивать подобным образом. Наиболее корректно определяется этот показатель по данным об ожидаемом снижении стоимости продукции в результате НТП. В частности, в работе [26] указывается величина предполагаемого снижения в США средней цены электроэнергии за счет НТП к 2020г. Если в 1996г. средняя цена электроэнергии составляла 6,9 цента на кВт·ч, то к 2020г. прогнозируется её снижение до 5,5 цента на кВт·ч. Таким образом, темп снижения (очевидно за вычетом инфляции) ожидается равным 0,058 цента на кВт·ч в год или примерно 1% в год. Соответственно такого же порядка величины должна иметь оценка показателя дисконтирования при определении стоимости электроэнергии в США.

В работе [27] обсуждается проблема дисконтированной стоимости, связанной с собственностью и с так называемой внешней стоимостью (externalities) выработки электроэнергии. При дисконтировании стоимости собственности принято использовать норматив, определяемый реальной рыночной стоимостью капитала или иначе реальной ставкой процента на инвестиции, тогда как при дисконтировании внешней стоимости рекомендуется использовать индивидуальные ставки дисконтирования, которые в ряде специальных исследований оцениваются как 2-4% годовых, т.е. по крайней мере в несколько раз ниже ставки процента на инвестиции. Таким образом утверждается, что при сравнении различных составляющих стоимости банковские ставки процента на капитал далеко не всегда применимы при назначении норматива дисконтирования.

И наконец в работе [28] приводятся сравнительные данные по затратам на научные исследования в России и других странах. В процентах от величины внутреннего валового продукта (ВВП) эти затраты

составили в России в 1991г. 0,96%, в 1995г. 0,32%. С учетом снижения ВВП в 1997г. по сравнению с 1991г., расходы на науку в 1997г. оказались реально значительно ниже, чем в 1991г. Таким образом, в России расходы на НТП в последние годы составляют около 0,5% ВВП и норматив дисконтирования должен устанавливаться такого же порядка, во всяком случае никак не выше 1% годовых. В то же время в развитых странах этот показатель устойчиво составляет: в Японии — 3,1%, в США — 2,6%, во Франции — 2,4%, в Германии — 2,9%, в Великобритании — 2,1%. Следует отметить, что каждый из этих показателей в свою очередь, относится ко всем отраслям экономики страны, а не только к энергетике. Таким образом, по-видимому величины соответствующих норматив дисконтирования можно оценивать указанными значениями, как предельными (сверху), имея в виду, что в энергетике доля затрат на НТП может оказаться ниже, чем в среднем по стране.

3. Выплата банковского процента (процента на капитал) связывается не с дисконтированной стоимостью, а с ценой продукции, иначе говоря, с величиной прибыли. Последнее утверждение представляется достаточно очевидным, если обратиться к общеизвестной практике, согласно которой в условиях рынка предприятие, не имеющее прибыли, обычно не имеет шансов получать кредиты. Более того, необходимо удовлетворять достаточно жестким условиям по индивидуальному темпу роста для осуществления возможности успешного инвестирования и кредитования производства, т.е. выгодного как производителям, так и потребителям. При низких прогнозируемых темпах роста (порядка 2-3% в год) самофинансирование (т.е. кредитование потребителями) становится для предприятий единственным доступным способом финансирования собственного развития. Таким образом, индивидуальный темп развития технологии является определяющим показателем при выборе способа финансирования. Исходя из величины индивидуального темпа (определяемого спросом, рынком и конкуренцией), оцениваются основные показатели эффективности инвестиций, используемые в международной практике экономических расчетов.

4. Посредством обобщения хорошо известной теории приведенных затрат выведен общий закон ценообразования и рассмотрена методология равновесного ценообразования. Показано, что в рыночной экономике оптимальным является равновесное решение, основанное на дисконтированной стоимости.

В заключение отметим, что рассмотрение многих проблем экономического анализа рыночной экономики в настоящей работе или только намечено, либо сознательно опущено вследствие отсутствия пока еще достаточных оснований для их обсуждения. Уже представленный выше материал несет достаточный заряд для дискуссий. В процессе этих дискуссий как раз и должна появиться почва для изложения более частных и одновременно практически более значимых проблем экономики энергетике.

Благодарности

Автор выражает благодарность А.А.Афанасьеву за продотворную критику отдельных положений работы и Л.О. Фаворской за помощь при обработке и оформлении материала препринта.

Список литературы

1. А.Я.Аврух .“Проблемы себестоимости и ценообразования в энергетике”. “Энергия”, М., 1970.
2. Методика определения оптовых цен на новую продукцию производственно-технического назначения. Утверждена ГКНТ СССР, Советом Министров СССР 26 апреля 1974 г. Прейскурантиздат. М., 1974.
3. Методика определения оптовых цен и нормативов чистой продукции на новые машины, оборудование и приборы производственно-технического назначения. Утверждена Госкомцен СССР 7 декабря 1982. Прейскурантиздат. М., 1982.
4. Методика технико-экономических расчетов в энергетике. ГКНТ СССР, Минэнерго СССР, АН СССР. 1996.
5. А.Г.Захарин, В.П.Браилов, В.И.Денисов ."Методы экономического сравнения вариантов в энергетике по минимуму приведенных затрат" "Наука", М., 1971.

6. Методика определения экономической эффективности новой техники. ГКНТ СССР, СМ СССР, АН СССР, 14.02.1977г. N 48 16/13/3.
7. В.В.Новожилов. "Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании". "Наука", М., 1972.
8. А.А.Бесчинский, Ю.М.Коган . "Экономические проблемы электрификации". "Энергоатомиздат" М. 1983.
9. "Комплексный анализ эффективности технических решений в энергетике". Под редакцией В.Р.Окорокова, Д.С.Щавелева. "Энергоатомиздат", Ленинград, 1985.
10. Я.В.Шевелев. "Нормативная экономическая теория социализма". "Экономика", М., 1991, 432 с.
11. В.В.Ковалев. "Финансовый анализ. Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности". "Финансы и статистика" М., 1995, 429с.
12. А.Н.Кархов . "Основы рыночной экономики" ТОО ФИАНФОНД, М.,1994.
13. G.H.Stevens, "Comparative Assessment of the Economics of Nuclear Power and Other Options", Nuclear Energy Agency of the OECD. IAEA-SM-338/91P, p. 792, 1995.
14. E.Bertel, G.H.Stevens, "Factors Affecting the Cost and Competitiveness of Nuclear Electricity", Nuclear Energy Agency of the OECD, Proceedings of the SFEN/ENS International Conference TOPNUX.96 "Economic Nuclear Power for the 21st Century Towards the New Generation of Reactors", Vol. 2, p. 461, 1996.
15. Пособие по подготовке промышленных технико-экономических исследований. Вена. ООН, 1978.
16. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Официальное издание. Утверждено Госстроем России от 31 марта 1994г.(N^o7-12/47), М.,1994.-80 с.
17. "Программа развития атомной энергетики Российской Федерации на 1998-2005гг. и перспектива до 2010г." Минатом РФ, ЦНИИАтоминформ. М.,1997.
18. "Совместное исследование альтернатив развития энергетики (СИАРЭ)", Итоговый доклад для Минатома России и Госдепартамента США, Приложение 3. 1995.
19. А.А.Afanasiev, L.A.Bolshov, A.N.Karkhov, "Economic Competitiveness of New Generation of NPPs With NP-500 Units in Russia", IBRAE RAS, Proceedings of TOPNUX.96, p. 118, 1996.
20. А.А.Афанасьев, Л.А.Большов, А.Н.Кархов ."Экономическая эффективность АЭС нового поколения". "Атомная энергия", том 81, вып. 2, август 1996, с. 114.
21. А.Н.Кархов, Н.И.Щедрин ." Математические методы программирования в экономике" "Статистика", М., 1974, 143с.
22. В.З.Беленький, А.М.Белостоцкий . "Математическое моделирование развития ядерной энергетики". "Наука",М., 1979, 160с.
23. Я.В. Шевелев, А.В. Клименко ."Эффективная экономика ядерного топливного цикла". РГГУ, ВТФ "Энергия", М., 1996, 730.
24. IAEA, Wien Automatic System Planning Package (WASP), A Computer Code for Power Generating System Expansion Planning, Version WASP-III Plus, IAEA, Vienna, 1993.
25. Yu.F. Chernilin, S.L.Kononov, E.F.Zakharova, V.S.Kagramanyan, A.V.Malenkov "Development of the Regional Capacity Expansion Plan in Russia. *Application of the WASP Model*". IAEA-SM-338/85P
26. EIA New Releases. National Energy Information Center. Vol.4, 1997.
27. EPRI Technical Review of Externalities Issues. EPRI TR-104813. Project 3231 Final Report December 1994.
28. Абалкин Л.И. "Экономическая безопасность России" Вестник РАН. Том 67, Номер 9. МАИК "Наука", 1997.