

УДК 620.4-19

П.А. Кругликов, д-р техн. наук*ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»)**ул. Атаманская, 3/6, г. Санкт-Петербург, Россия, 191167**E-mail: general@ckti.ru***МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ**

Анализируются критерии выбора технических решений для реконструируемых энергетических установок в условиях рыночной экономики.

Ключевые слова: *критерии выбора, теплоэнергетические установки, окупаемость капиталовложений, аннуитет.*

Рассмотрение задач проектирования и сооружения энергоустановок невозможно в отрыве от проблем обеспечения финансирования рассматриваемых проектов и сроков их окупаемости. В последнее десятилетие XX века, в период перехода в России и стран СНГ к рыночным экономическим отношениям, создание энергообъектов было существенно усложнено неустойчивой экономической ситуацией в стране, когда цены на все виды ресурсов и оборудования постоянно росли, причем динамика роста отличалась по регионам и во времени. Одновременно возрастали требования по защите окружающей среды. В этих условиях важное значение приобретает выбор критерия оптимального варианта проектирования, модернизации, реконструкции или принятия технического решения.

Если сопоставлять критерии оптимизации, применявшиеся в плановой экономике с методологией рыночных технико-экономических обоснований, то формально многие используемые формулы идентичны.

Например, нормативный коэффициент эффективности капиталовложений соответствовал норме дисконта, учитывающей процент на капитал (кредитную ставку), налоги, страховки, а чистый дисконтированный доход, рассчитанный в пределах одного шага (года) тождественен годовому экономическому эффекту. В то же время содержательная сторона критериев или показателей существенно отличается.

Такие экономические показатели, как отчисления на реновацию и ремонт, нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, стоимость ресурсов и производимой энергии, определялись в плановой экономике, как правило, на основе директивных документов. В условиях рыночной экономики все стоимостные характеристики должны определяться в результате взаимодействия на рынке производителей и потребителей и в зависимости от ситуации на рынке они могут постоянно изменяться.

В реальности не существует рыночных или плановых экономик в их абсолютно чистом виде. В плановой экономике зачастую используются рыночные механизмы и показатели. И наоборот, рыночная экономика невозможна без определенных мер государственного и социального регулирования, хотя бы в периоды кризисов.

Необходимо отметить, что в 90^{ые} годы XX века отсутствие сбалансированного денежного обращения в РФ привело к чрезмерному росту местно-вексельных расчетов. Их рост на внутреннем рынке до 60% от общего объема взаиморасчетов, вместо 4÷6% при нормальном денежном обращении, привел к сверхвысоким ставкам банковского кредита. В отдельные периоды эти ставки доходили до 100% и более, что было эквивалентно требованию окупаемости инвестиций за период менее года.

Как правило, в условиях индустриально развитых стран Запада с рыночной экономикой суммарный коэффициент отчислений от капиталовложений (включая норму дисконта) не превышает 0,1...0,15. Применительно к России конца XX века он доходил до 0,8...1,1.

В этих условиях применительно к энергетике чрезвычайно трудно обосновать и реализовать даже самые перспективные и высокоэффективные проекты и технические решения, которые, как правило, связаны со значительными инвестициями и сроками реализации.

В указанный период существовали значительные трудности в достоверной оценке необходимых капиталовложений в силу нарушенной системы хозяйственных связей, инфляции и существовавшей динамики роста цен на продукцию энергомашиностроения. Зачастую дифференциация роста цен по различной энергопродукции и сырью отличалась в 1,5 – 2 раза.

Для иллюстрации скачкообразной динамики роста цен можно сопоставить их изменение в РФ с 1991 года по январь 1995 г. За этот период цены на потребляемую электроэнергию увеличились в ~ 1200 раз, на газ в ~ 1400 раз, на уголь в 1140 раз; на топочный мазут в 2150 раз; на тепловую энергию в 1400 раз. Цены на металлопродукцию, применяемую в энергомашиностроении, выросли в ~ 1900 раз, а оптовые цены в черной металлургии в ~ 2500 раз.

Средняя заработная плата выросла в ~600 раз, а средний рост цен на энергооборудование в ~ 1700 раз, при этом дифференциация роста цен по различной номенклатуре оборудования также отличалась в 2-3 раза.

Цель статьи – анализ эффективности технических решений для реконструируемых энергоустановок. При осуществлении любых технических мероприятий по реконструкции энергообъектов и модернизации их оборудования первостепенное значение приобретает критерий срока окупаемости мероприятия, а также размер аннуитета, т.е. периодических платежей в счет погашения кредита и процентов к нему. При этом срок окупаемости соответствует интервалу времени, за пределами которого чистый дисконтированный доход (ЧДД) становится и в дальнейшем остается неотрицательным. То есть, в частных, но наиболее широко распространенных случаях – это интервал времени в течение, которого $ЧДД \leq 0$.

Если предположить, что внедрение определенного технического решения требует осуществления единовременных дополнительных затрат ΔK , и эффект достигаемый на каждом «m» шаге расчета (или годовой эффект без учета капиталовложений) постоянен, т.е. $\Delta \mathcal{E}_m = \Delta \mathcal{E}_{\text{год}} = \text{const}$, то дисконтированный чистый доход при постоянной норме дисконта E определится как

$$ЧДД = \Delta \mathcal{E}_m \sum_m (1+E)^{-m} - \Delta K. \quad (1)$$

Если шаги расчета срока окупаемости варьируются от 1 до $\tau_{ок}$, при котором ЧДД становится равным 0, то получаем выражение

$$\frac{\Delta K}{\Delta \mathcal{E}} = \sum_{m=1}^{\tau_{ок}} (1+E)^{-m}, \quad (2)$$

в котором правая часть представляет собой сумму геометрической прогрессии со знаменателем $q = (1+E)^{-1}$. Сумма убывающей геометрической прогрессии состоящей из n членов равна

$$S_n = \frac{b_1(1-q^n)}{1-q}, \quad (3)$$

где b_1 – первый член геометрической прогрессии равный в нашем случае $b_1 = (1+E)^{-1}$. Считая n членов геометрической прогрессии равными искомому сроку окупаемости ($\tau_{ок}$) и проведя алгебраические преобразования, получаем

$$\sum_m^{\tau_{ок}} (1+E)^{-m} = \frac{1-(1+E)^{-\tau_{ок}}}{E} \quad \text{или} \quad \frac{\Delta K}{\Delta \mathcal{E}_m} = \frac{1-(1+E)^{-\tau_{ок}}}{E} \quad (4)$$

преобразовывая и логарифмируя последнюю формулу, получаем выражение для определения срока окупаемости

$$\tau_{ок} = - \frac{\ln \left(1 - \frac{E \Delta K}{\Delta \mathcal{E}_m} \right)}{\ln(1+E)}. \quad (5)$$

Полученное выражение позволяет при минимуме исходной информации оценивать срок окупаемости единовременных капитальных затрат для реализации технического решения или проекта с позиций потенциального инвестора.

Кроме того из (4) следует, что

$$\frac{1}{\sum_{m=1}^{\tau_{ок}} (1+E)^{-m}} = \frac{E}{1-(1+E)^{-\tau_{ок}}}. \quad (6)$$

Проведя алгебраические преобразования с правой частью уравнения (6) получаем

$$\begin{aligned} \frac{E}{1-(1+E)^{-\tau_{ок}}} &= \frac{E}{(1+E)^{\tau_{ок}} - 1} + E \quad \text{или} \\ \frac{1}{\sum_{m=1}^{\tau_{ок}} (1+E)^{-m}} &= \frac{E}{(1+E)^{\tau_{ок}} - 1} + E = \alpha. \end{aligned} \quad (7)$$

С учетом полученного коэффициента « α » выражение (1) может быть записано, как

$$\alpha \cdot \text{ЧДД} = \Delta \mathcal{E}_{200} - \alpha \Delta K. \quad (8)$$

В этом выражении полученный коэффициент « α » определяет годовой аннуитет, т.е. является суммарным коэффициентом отчислений от произведенных капиталовложений ΔK по годам, а его слагаемые могут быть интерпретированы: первое, как коэффициент отчислений на амортизацию (возврат заемного капитала), а второе – проценты за кредит. Приведенная формула (7) позволяет упрощенно рассчитывать аннуитет исходя из заданного срока окупаемости при модернизации.

В частности при принятой в РФ для технико-экономических обоснований норме дисконта $E \approx 10\%$, в зависимости от требуемого срока окупаемости могут быть рассчитаны коэффициенты отчислений от капиталовложений.

Таблица 1 – Коэффициенты отчислений от капиталовложений в зависимости от $\tau_{ок}$

$\tau_{ок}$ лет	1	3	5	10	15	20	30
α	1,1	0,402	0,264	0,162	0,131	0,117	0,106

Таким образом, видно, что требование снижения срока окупаемости ведет к резкому увеличению коэффициента отчислений от капиталовложений, т.е. увеличению годового аннуитета (погашения кредита и процентов по нему).

Если рассматриваются шаги расчета за пределами срока окупаемости, то критерием наилучшего варианта технического решения является максимизация ЧДД. Из выражений (1) и (8) следует, что максимум ЧДД соответствует максимуму усредненного с учетом дисконтирования годового эффекта от модернизации. В этом случае максимум годового экономического эффекта может служить не только критерием целесообразности проведения модернизации, но и для определения предельно допустимых капиталовложений при осуществлении технического решения.

В частности, если реализация технического решения осуществима за период менее года, допустимо сопоставление, основанное на сравнении единовременных капитальных затрат и обусловленных ими изменений ежегодных издержек.

При этом условием реализации технического решения является положительное значение величины экономического годового эффекта, т.е. $\Delta \mathcal{E}_{200} > 0$. Тогда, например, при увеличении тепловой экономичности электрогенерирующей установки, достигаемом только дополнительными капиталовложениями, из формулы:

$$\Delta \mathcal{E}_{200} = C_{\mathcal{E}} W_{\mathcal{E}} - \mathcal{Z}_{200} = C_{\mathcal{E}} \overline{\Delta \eta} N \cdot h - K(p + E) \geq 0, \quad (9)$$

где p – коэффициент амортизации, включая текущий ремонт, $C_{\mathcal{E}}$ – стоимость электроэнергии, $\overline{\Delta \eta}$ – относительное увеличение экономичности, $W_{\mathcal{E}}$ – годовая выработка электроэнергии, K – дополнительные капиталовложения, N – электрическая мощность установки, h – число часов использования мощности в году, E – норма дисконта, может быть определена величина удельных предельно допустимых капиталовложений

$$K_{пред} \leq \frac{C_{\mathcal{E}} \cdot \overline{\Delta \eta} \cdot N \cdot h}{p + E} \quad \text{или} \quad K_{пред}^{уд} \leq \frac{C_{\mathcal{E}} \cdot \overline{\Delta \eta} \cdot h}{p + E}. \quad (10)$$

На рисунке 1 изображена зависимость величины предельно допустимых капиталовложений в модернизацию электрогенерирующей установки в зависимости от стоимости отпускаемой электроэнергии.

В расчетах рассмотрены 3 случая с различным энергетическим эффектом модернизации: увеличение относительного КПД энергоустановки на 2% и 10%, что соответствует ограниченным техническим модернизационным решениям; и 30%, что может быть оценено, как существенная реконструкция, например конденсационной ТЭС в парогазовую установку. Оценки проведены для значения коэффициента отчислений от капитальных вложений, соответствующего относительно стабильной финансово-экономической ситуации при норме дисконта 10%.

Дальнейшие разработки будут направлены на учет повышения требований МАГАТЭ и других надзорных органов к проектам АЭС и ТЭС и уточнению значений финансово-экономических показателей, учитывающих вносимые изменения при принятии оптимальных технических решений.

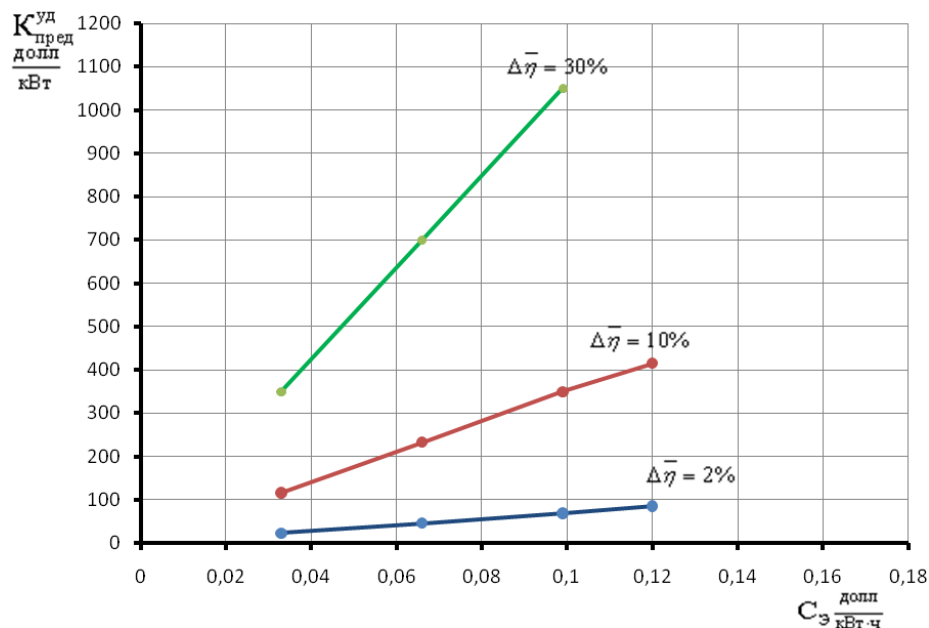


Рисунок 1 – Предельно допустимые удельные капиталовложения для повышения экономичности энергоустановки в зависимости от стоимости электроэнергии

ВЫВОДЫ

1. В период перехода к рыночным отношениям неустойчивая финансово-экономическая ситуация предопределила сверхвысокие ставки банковского кредита.

2. При больших значениях коэффициента суммарных отчислений от капиталовложений экономически могут оправдываться только небольшие инвестиции, направленные на поддержание оборудования энергообъектов в работоспособном состоянии. Дорогостоящие проекты, связанные с внедрением прогрессивных технологий, требуют тщательного экономического обоснования. Для их реализации необходима стабильная финансово-экономическая конъюнктура рынка, характеризующаяся низкими процентными ставками, либо специальным выделением государственных кредитов с низкими процентными ставками или беспроцентных.

3. При выборе и обосновании технических решений по модернизации или реконструкции энергоустановки на начальной стадии проекта, характеризующейся минимумом исходной информации, возможно применение критериев, базирующихся на ряде незначительных упрощающих допущений. При этом могут быть определены такие важные для проекта показатели, как срок окупаемости, аннуитет и величина предельно допустимых капиталовложений.

Библиографический список использованной литературы

1. Кругликов П.А. Технично-економическіе основы проектирования ТЭС и АЭС / П.А. Кругликов. — СПб: СЗТУ, 2004. — 119 с.
2. Рутберг Ф.Г. Технично-економическіе характеристики и возможности мероприятий по обновлению энергооборудования на электростанциях России // Ф.Г. Рутберг, Ю.К. Петреня, П.А. Кругликов // Энергетическая безопасность России: матер. Всеросс. науч. семинара, г. Санкт-Петербург, 17-20 сент.2006 г. — СПб, 2006. — С. 46–61.

Поступила в редакцию 07.04.2011 г.

Кругликов П.О. Методи оцінки ефективності технічних рішень в енергоустановках

Аналізуються критерії вибору технічних рішень для теплоенергетичних установок, що підлягають реконструкції, в умовах ринкової економіки.

Ключові слова: критерії вибору, теплоенергетичні установки, окупність капіталовкладень, ануїтет.

Kruglikov P.A. The estimation methods of technical decisions efficiency in power plants

The choice criteria of technical decisions for modernized heat power plants under the conditions of market economy are analyzed.

Keywords: choice criteria's, heat power plants, capital investment recoupment, annuity.