

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.22:338

П.Н.Кнотько, инженер, В.И.Трутаев, инженер,
Т.М.Гурбан, инженер, Б.В.Яковлев, канд. техн. наук
(ВНИПИэнергопром)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАНЕВРЕННЫХ ТЭЦ

В последние годы проблема покрытия переменной части графика электрических нагрузок в энергосистемах значительно обострилась. Это обострение во многом вызвано тем, что традиционно используемые в этой части графика энергоустановки в основном исчерпали свои маневренные возможности и возникла необходимость привлекать к регулированию электроснабжения базовые ТЭЦ и АЭС и создавать новые маневренные мощности. В этих условиях большое практическое значение приобретает высказанная еще в середине 70-х годов идея широкого использования теплофикационных агрегатов ТЭЦ в маневренном режиме за счет принудительной разгрузки отборов и передачи тепловой нагрузки потребителей непосредственно на котлоагрегаты. Такое использование ТЭЦ в регулировании электроснабжения сопровождается сокращением выработки электроэнергии по теплофикационному циклу, требует дополнительных устройств и операций по переключению тепловой нагрузки и нуждается в обстоятельных технико-экономических расчетах и обоснованиях. Подобные исследования проводятся в институте ВНИПИэнергопром.

В работах [1, 2] рассмотрена экономическая эффективность использования ТЭЦ в маневренном режиме с принудительной разгрузкой отборов при условии замещения их в базовой части графика нагрузок атомными станциями и вытеснения из полупиковой зоны графика маневренных конденсационных энергоблоков на органическом топливе. В работах использованы конкретные стоимостные показатели установок и энергоресурсов, принимаемые в настоящее время при проектировании, и сделан вывод об эффективности этого мероприятия во всех энергосистемах Европейской части СССР, имеющих достаточно высокую долю ТЭЦ и

значительный ввод мощности на АЭС. В то же время исследования вопроса показали большую зависимость совокупного эффекта названного мероприятия от соотношения стоимостных показателей ядерной энергетики и энергетики на органическом топливе как от местных, так и региональных условий. Поскольку технико-экономические показатели обычных и ядерных энергоустановок, а также стоимости органического топлива и ядерного горючего имеют разную достоверность (вследствие методической и информационной несопоставимости, обусловленной недостаточным опытом применения ядерной энергетики), было признано целесообразным исследовать влияние изменения названных показателей на величину эффекта и определить их экономически предельные значения в условиях конкретной энергосистемы. С этой целью на основании детального анализа покрытия перспективных графиков электрической нагрузки объединенных энергосистем Северо-Запада, Средней Волги и Центра была разработана структурная схема технико-экономических исследований (рис. 1), предусматривающая замещение переводимых в полупиковый режим базовых ТЭЦ и КЭС атомными конденсационными электростанциями и соответствующее сокращение специальных

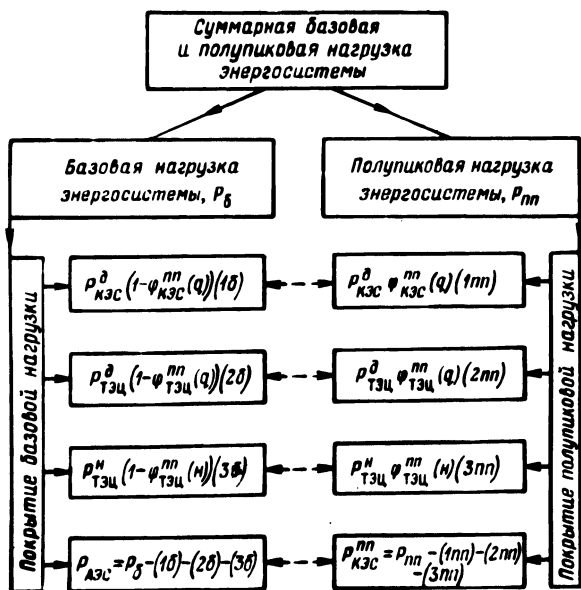


Рис. 1. Схема технико-экономических связей в вариантах перевода базовых КЭС и ТЭЦ в маневренный полупиковый режим.

полуликовых КЭС на органическом топливе. Для исследований была разработана также целевая функция суммарных приведенных затрат, в которой в качестве варьируемых величин выступают удельные приведенные затраты на АЭС, ядерное горючее и коэффициенты, характеризующие график электрической нагрузки и структуру генерирующих мощностей в рассматриваемой энергосистеме. Суммарные приведенные затраты определяются в зависимости от доли суммарной мощности каждой категории базовых энергоустановок, переводимых в полуликовый режим. По всем остальным величинам, имеющим более определенный и устойчивый характер, принимались конкретные значения на основании нормативов проектных разработок и данных эксплуатации. Расчеты и исследования проводились применительно к объединенной энергосистеме Северо-Запада, общее выражение затрат для которой после подстановки значений неварьируемых показателей имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 Z_{\Sigma} = & 82,19 + (z_{\text{АЭС}} + 2,52z_{\text{яг}} + 82,19)\alpha_6 + \\
 & + \alpha_{\text{ГРЭС}}^{\partial} [90,84 - 2,52z_{\text{яг}} - z_{\text{АЭС}} - \varphi_{\text{ГРЭС}}^{\partial} (111,51 - \\
 & - 2,52z_{\text{яг}} - z_{\text{АЭС}})] + \alpha_{\text{ТЭЦ}}^{\partial} [82,78 - 2,52z_{\text{яг}} - z_{\text{АЭС}} - \\
 & - \varphi_{\text{ТЭЦ}}^{\partial} (104,15 - 2,52z_{\text{яг}} - z_{\text{АЭС}})] + \alpha_{\text{ТЭЦ}}^{\text{H}} [97,54 - \\
 & - 2,52z_{\text{яг}} - z_{\text{АЭС}} - \varphi_{\text{ТЭЦ}}^{\text{H}} (102,37 - 2,52z_{\text{яг}} - z_{\text{АЭС}})],
 \end{aligned}$$

где $z_{\text{АЭС}}$, $z_{\text{яг}}$ - удельные приведенные затраты в АЭС и ядерное горючее соответственно, руб/кВт и руб/т.у.т.; α_6 - доля базовой нагрузки в сумме максимальной базовой и полуликовой электрической нагрузки энергосистемы; $\alpha_{\text{ГРЭС}}^{\partial}$; $\alpha_{\text{ТЭЦ}}^{\partial}$; $\alpha_{\text{ТЭЦ}}^{\text{H}}$ -

доля действующих ГРЭС, ТЭЦ и новых ТЭЦ в общей мощности базовых и полуликовых мощностей энергосистемы, для которых технически возможен перевод в полуликовый режим; $\varphi_{\text{ГРЭС}}^{\partial}$; $\varphi_{\text{ТЭЦ}}^{\partial}$; $\varphi_{\text{ТЭЦ}}^{\text{H}}$ - доля мощности действующих ГРЭС, ТЭЦ и новых ТЭЦ, переводимых в полуликовый режим.

В процессе исследований ставились задачи:

а) определить экономическую последовательность и абсолютную экономическую эффективность перевода базовых ТЭЦ и ГРЭС в маневренный полуликовый режим;

б) выявить влияние затрат на АЭС и ядерное горючее на эффективность перевода ТЭЦ и ГРЭС в маневренный режим;

в) определить экономически предельные значения затрат на АЭС и ядерное горючее, при которых перевод ТЭЦ и ГРЭС в полуликовый режим становится неэффективным.

В качестве базовых значений экономических показателей для АЭС принимались удельные капиталовложения 270 руб/кВт и затраты на ядерное горючее 11 руб/т.у.т. Результаты расчетов представлены на рис. 2 и 3 и в табл. 1. Они говорят о том, что при указанных базовых значениях затрат в АЭС перевод

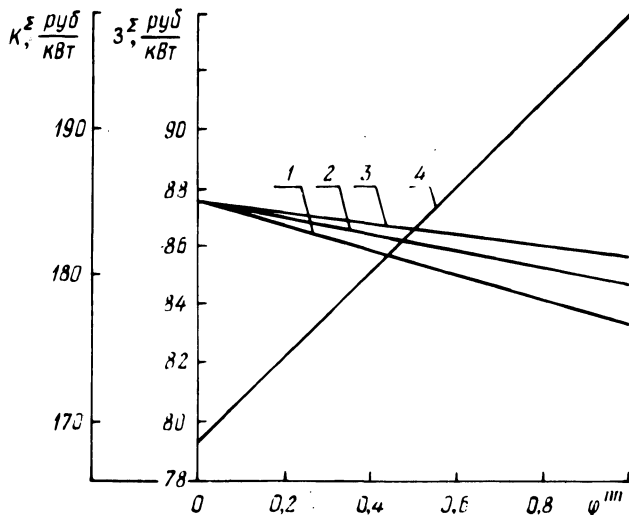


Рис. 2. Зависимость суммарных удельных приведенных затрат в энергосистеме от доли мощности действующих КЭС (1), действующих ТЭЦ (2) и новых ТЭЦ (3), переводимых в маневренный полупиковый режим. Линия (4) — дополнительные удельные капиталовложения в энергосистеме.

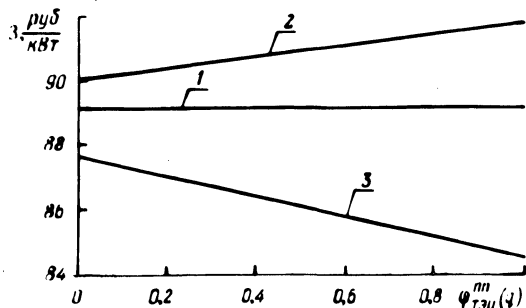


Рис. 3. Зависимость суммарных удельных приведенных затрат в энергосистеме от доли мощности действующих ТЭЦ, переводимых в маневренный полупиковый режим при различных затратах на ядерное горючее: 1 — при затратах на ядерное горючее 16,8; 2 — 20; 3 — 11 руб/т.у.т.

Таблица 1.

Экономические показатели использования базовых ТЭЦ
и ГРЭС в маневренном полупиковом режиме

Категория электростанций	Экономия затрат на 1 руб. капиталовложений в энергосистеме, коп.	Экономически предельные затраты в атомной энергетике, при которых перевод в полупик неэффективен	
		на ядерное горючее, руб /т.у.т.	на АЭС, руб /кВт*
Действующие ГРЭС	15	19,6	84/380
Действующие ТЭЦ	10	16,8	76/350
Новые ТЭЦ	9	16,0	75/340

* Числитель - приведенные затраты; знаменатель - удельные капиталовложения.

блочных конденсационных энергоблоков мощностью 150-300 тыс. кВт и теплофикационных агрегатов ТЭЦ с отбором пара в условиях ОЭС Северо-Запада экономически оправдывается. При этом наибольшая эффективность получается при переводе в маневренный режим действующих КЭС, затем действующих ТЭЦ и наименьшая - новых ТЭЦ. В связи с повышенными капиталовложениями в атомную энергетику перевод всех названных электростанций сопровождается ростом капитальных вложений по энергосистеме (рис. 2). В табл. 1 показана экономия суммарных затрат в энергосистеме на 1 руб. капиталовложений.

Из рис. 2, 3 и табл. 1 видно, что стоимость ядерного горючего и затраты в АЭС оказывают достаточно сильное влияние на эффективность использования базовых ТЭЦ и ГРЭС в маневренном полупиковом режиме. При примерном удвоении затрат на ядерное горючее такое использование становится абсолютно неэффективным. Экономически предельные значения затрат по атомной энергетике дифференцируются по категориям переводимых в полупиковый режим энергоустановок и превышают принимаемые в настоящее время значения примерно в 1,25-1,4 раза по затратам в АЭС и в 1,45-1,75 раза по затратам на ядерное горючее.

Литература

1. Развитие теплоэлектроцентралей на новом этапе / В.П.Корытников, М.И.Гитман, Я.А.Ковылянский, И.А.Смир-

нов. - Электрические станции, 1979, № 11, с. 16-22.
 2. М.И.Гитман, Г.А.Маслова. Зависимость технико-экономических показателей ТЭИ от глубины разгрузки в минимум электрических нагрузок. - Электрические станции, 1980, № 6, с. 53-58.

УДК 66.074.8

Л.В.Шатон, инженер, В.И.Чернышев, инженер,
 А.П.Несенчук, канд. техн. наук (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДЕСОРБЦИИ
 УГЛЕКИСЛОТЫ ИЗ ЧАСТИЦ ЦЕОЛИТА СаА
 ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В десорберах, использующих принцип псевдооживления мелко-дисперсного сорбента потоком десорбируемого газа [1], частицы сорбента нагреваются в процессе соприкосновения с греющей поверхностью. При этом каждая частица получает тепловой импульс, энергия которого частично рассеивается в процессах межфазовой релаксации, а частично компенсирует энергию, поглощаемую в процессе отрыва молекул сорбата от поверхности сорбента. Кинетика охлаждения частицы целиком определяет скорость выделения газообразного сорбата.

Коэффициент диффузии выражается зависимостью [2]

$$D = D_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (1)$$

где в числителе экспоненты содержится энергия взаимодействия молекулы сорбата с поверхностью цеолита E_a , а D_0 определяется внутренней структурой кристалла цеолита. Для системы углекислота — цеолит СаА обе величины исследованы мало. Кроме того, до настоящего времени практически не исследован процесс переноса тепла внутри кристаллов цеолита, определяемый коэффициентом теплопроводности $\lambda_{эфф}$. Эти обстоятельства вызвали необходимость экспериментального исследования кинетики десорбции при импульсном тепловом воздействии.

Математическая формулировка процессов переноса массы сорбата и энергии внутри сферической частицы радиуса R_0 в сферических координатах представляется так:

$$\frac{da}{dt} = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} r^2 D_0 e^{-\frac{E_a}{RT}} \frac{da}{dr}; \quad (2)$$