

## Методические аспекты расчета технико-экономических показателей атомных энергетических опреснительных установок

Ю. И. КОРЯКИН, А. А. ЛОГИНОВ, В. А. ЧЕРНЯЕВ

УДК 621.311.1:33

Имеющиеся неясности методического характера обуславливают существование разных методических подходов к расчету технико-экономических показателей комбинированного производства. В статье изложены основные положения технико-экономических расчетов; даны выражения для критерия экономической эффективности — суммарных приведенных затрат — применительно к атомным двухцелевым опреснительным установкам (АДОУ) и указаны аналитические выражения для распределения суммарных приведенных затрат между отдельными видами продукции на атомных теплоэлектроцентралях (АТЭЦ), поставляющих тепло для опреснения.

Большое внимание уделено составляющей приведенных затрат, характеризующей себестоимость продукции — издержкам производства.

Дан обзор существующих методов распределения суммарных издержек производства при комбинированной выработке электроэнергии и тепла и проанализированы их принципиальные особенности. Рассмотрены следующие методы: метод отключения, метод коэффициентов, физический метод, метод сохранения, эксергетический метод, термодинамический метод и метод недовыработки.

Проведенный анализ позволил сформулировать сущность обобщенного метода. Этот метод, как и физический, учитывает структуру общих издержек производства по АТЭЦ; как эксергетический и термодинамический методы, он ставит ценность тепла в зависимости от его потенциала и, наконец, как метод недовыработки, учитывает реальность процесса работы пара в энергетическом цикле. Та часть издержек производства, которую нельзя непосредственно отнести на один из видов продукции, при обобщенном методе распределяется пропорционально выработанной  $W_{\text{э}}^{\text{АТЭЦ}}$  и недовыработанной  $W_{\text{э}}^{\text{АЭС}} - W_{\text{э}}^{\text{АТЭЦ}}$  электроэнергии на АТЭЦ по сравнению с

конденсационной АЭС с тем же реактором и такой же тепловой мощностью.

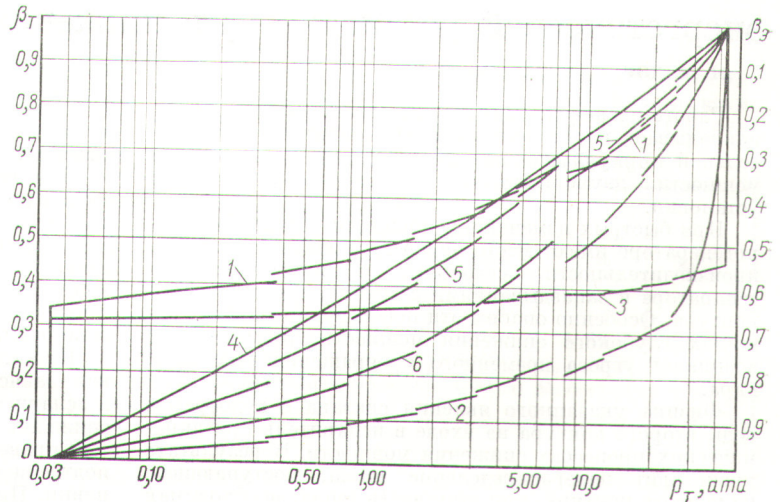
Издержки производства электроэнергии  $S_{\text{э}}$  и тепла  $S_{\text{т}}$ , определяемые обобщенным методом, определяются следующими соотношениями:

$$S_{\text{э}} = S_{\text{э.ч}} + S_{\text{р.ч}} \frac{W_{\text{э}}^{\text{АТЭЦ}}}{W_{\text{э}}^{\text{АЭС}}} + S_{\text{о.з}} \frac{S_{\text{э.ч}} + S_{\text{р.ч}} \frac{W_{\text{э}}^{\text{АТЭЦ}}}{W_{\text{э}}^{\text{АЭС}}}}{S_{\text{АТЭЦ}} - S_{\text{о.з}}};$$

$$S_{\text{т}} = S_{\text{т.ч}} + S_{\text{р.ч}} \frac{W_{\text{э}}^{\text{АЭС}} - W_{\text{э}}^{\text{АТЭЦ}}}{W_{\text{э}}^{\text{АЭС}}} +$$

$$+ S_{\text{о.з}} \frac{S_{\text{т.ч}} + S_{\text{р.ч}} \frac{W_{\text{э}}^{\text{АЭС}} - W_{\text{э}}^{\text{АТЭЦ}}}{W_{\text{э}}^{\text{АЭС}}}}{S_{\text{АТЭЦ}} - S_{\text{о.з}}};$$

где  $S_{\text{АТЭЦ}}$  — суммарные издержки производства на АТЭЦ;  $S_{\text{р.ч}}$  — часть издержек на АТЭЦ, приходящаяся на реакторное оборудование;  $S_{\text{э.ч}}$  — часть издержек на АТЭЦ, приходящаяся на электроэнергетическое оборудование;  $S_{\text{т.ч}}$  — часть издержек на АТЭЦ, приходящаяся на тепловое оборудование;  $S_{\text{о.з}}$  — часть



Составление результатов, полученных различными методами разнесения общих издержек производства на АТЭЦ с водо-водяным реактором тепловой мощностью 1450 Мэв:

1 — физический метод; 2 — метод сохранения; 3 — метод коэффициентов; 4 — термодинамический; 5 — метод недовыработки; 6 — обобщенный метод.

издержек на АТЭЦ, составляющая общестанционные затраты.

Для сопоставления рассмотренных методов проведено расчетное исследование, результаты которого обработаны в виде зависимости от величины противодействия  $p_T$  безразмерных параметров  $\beta_a$  и  $\beta_T$ , представляющих собой отношение издержек производства электроэнергии  $S_a$  и тепла  $S_T$  к суммарным издержкам производства на АТЭЦ  $S_{ATЭЦ}$ . Величина  $p_T$  варьировалась от давления в конденсаторе  $p_K$  до давления на входе в турбину  $p_0$ . Эта зависимость представлена на рисунке.

Сформулированный обобщенный метод объединяет положительные стороны других методов и в то же время в достаточной мере свободен от их недостатков.

На основании обобщенного метода разработана отраслевая методика расчета технико-экономических показателей атомных двухциклевых опреснительных установок.

(№ 312/5090. Поступила в Редакцию 3/Х 1968 г. Полный текст 1,1 а. л., 3 рис., 6 библиографических ссылок.)

## О вычислении колебательных режимов в ядерных реакторах

В. П. ГОРБУНОВ, А. В. КРЯНЕВ, С. Б. ШИХОВ

Для некоторых типов реакторов существует предельная мощность, выше которой реактор становится линейно неустойчивым.

В области линейной неустойчивости возможны только два случая: 1) мощность реактора, постепенно возрастающая, выходит за предел допустимых мощностей; 2) реактор после определенного промежутка времени, называемого периодом установления, начинает работать в колебательном режиме, находящемся в области допустимых мощностей (предполагается, что в этой области нет устойчивых состояний равновесия).

В настоящей работе дается достаточный критерий существования периодического колебательного режима и приводится алгоритм его вычисления.

Используемый метод применим в том случае, когда линейная неустойчивость реактора обусловлена появлением пары комплексных корней с положительной реальной частью в следующей системе уравнений:

$$T \frac{dW}{dt} \left( \sum_{j=1}^n \Delta k_j - \sum_{i=1}^m \beta_i \right) W + \sum_{i=1}^m \frac{R_i}{\tau_i} W = 0$$

$$\frac{dR_i}{dt} - \beta_i W = \frac{R_i}{\tau_i}, \quad i=1, \dots, m;$$

$$\frac{d\Delta k_j}{dt} = \sum_{s=1}^n a_{js} \Delta k_s + b_j (W - W_0), \quad j=1, \dots, n.$$

Здесь  $\Delta k_j$  — коэффициент реактивности;  $A = a_{js}$  — неособая постоянная матрица, т. е.  $\det A \neq 0$ ;  $b_j$  — постоянные; остальные обозначения общепринятые. Система (1) описывает динамику реактора с линейной обратной связью.

Предлагаемый метод обнаружения и расчета периодического колебательного режима может быть обобщен на системы с нелинейной обратной связью.

(№ 313/4866. Статья поступила в Редакцию 12/IV 1968 г., аннотация — 26/III 1969 г. Полный текст 0,3 а. л., 3 рис., 2 библиографических ссылки.)

## Динамика парообразования в двухконтурной ядерной энергетической установке при снижении мощности

М. Х. ДОРРИ, М. М. СОЛОВЬЕВ

Работа посвящена выявлению ограничений, которые накладывает парогенератор с многократной принудительной циркуляцией на выбор программы изменения мощности двухконтурной ядерной энергетической установки.

При быстрых изменениях мощности установки в парогенераторе имеют место перерегулирования по паропродуктивности, связанные с инерционностью сепаратора и запаздываниями в трубопроводах второго контура. Особенно опасны эти перерегулирования в режимах глубокого снижения мощности, при которых возникает угроза временного прекращения генерации пара.

Физика указанного явления связана с недогревом воды второго контура на входе в испаритель при динамических процессах снижения мощности. В результате происходит перераспределение тепла, поступающего из первого контура, при этом часть тепла, необходимая

для генерации требуемого количества пара, расходуется на дополнительный подогрев воды до температуры кипения.

При прочих заданных конструктивных и технологических параметрах установки величина недогрева воды на входе в испаритель и, следовательно, величина перерегулирования по паропродуктивности определяются скоростью снижения мощности. Исходя из этого, возникает ограничение на величину скорости снижения мощности при выборе программ управления установки.

При некоторых допущениях получена аналитическая зависимость величины недогрева воды на входе в испаритель от параметров парогенератора и скорости снижения мощности установки.

Справедливость аналитически полученной оценки подтверждена на полной математической модели установки. На модели были исследованы также особенности

УДК 621.039.566