

УДК 621.18-9

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК**

**METHODOLOGY FOR STUDYING THE INFLUENCE OF THE MAIN OPERATING PARAMETERS ON THE OPTIMAL VALUES OF FEEDWATER TEMPERATURE OF COGENERATION STEAM TURBINE UNITS**

Н.С. Волкович, А.О. Закиров, П.А. Дымков

Научный руководитель – З.Б. Айдарова, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Volkovich, A. Zakirau, P. Dymkov

Supervisor – Z. Aidarova, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

*Аннотация:* Влияние режимных параметров на оптимальную температуру питательной воды.

*Abstract:* Influence of operating parameters on the optimum feedwater temperature.

*Ключевые слова:* температура питательной воды, турбина, противодавление, регенеративный отбор.

*Keywords:* feedwater temperature, turbine, backpressure, regenerative extraction.

### Введение

Теплофикационные паротурбинные установки играют ключевую роль в современном энергетическом секторе, обеспечивая эффективное преобразование тепловой энергии в электрическую и тепловую. В условиях растущих требований к энергоэффективности и экологической безопасности, оптимизация режимных параметров этих установок становится особенно актуальной. Оптимальные значения температуры питательной воды напрямую влияют на термодинамические процессы в установках, что, в свою очередь, определяет их общую эффективность и надежность. Неправильный выбор температуры может привести к снижению КПД, увеличению расхода топлива и повышению выбросов вредных веществ в атмосферу. В данной статье будет рассмотрена методика исследования этого влияния

### Основная часть

Оптимальному значению температуры питательной воды соответствует максимум выработки электроэнергии на тепловом потреблении

Рассмотрим простейшую теплофикационную турбоустановку (рис. 1). Обозначим расход питательной воды (расход пара на турбину) через – 1, расход пара в отбор –  $a_{отб}$ , а расход в противодавление –  $a_k$ . Тогда

$$a_{отб} + a_k = 1 \quad (1)$$

$$a_{отб} \cdot h_{отб} + a_k \cdot h'_k = 1 \cdot h_{нв}, \quad (2)$$

где  $h_{отб}$ ,  $h'_k$ ,  $h_{нв}$  – теплосодержание пара отбора, его конденсата по состоянию за турбиной и питательной воды.

Работой сжатия в питательном насосе пренебрегаем. Решение уравнений (1) и (2) позволят записать:

$$a_{отб} = \frac{h_{нв} - h'_k}{h_{отб} - h'_k} \quad (3)$$

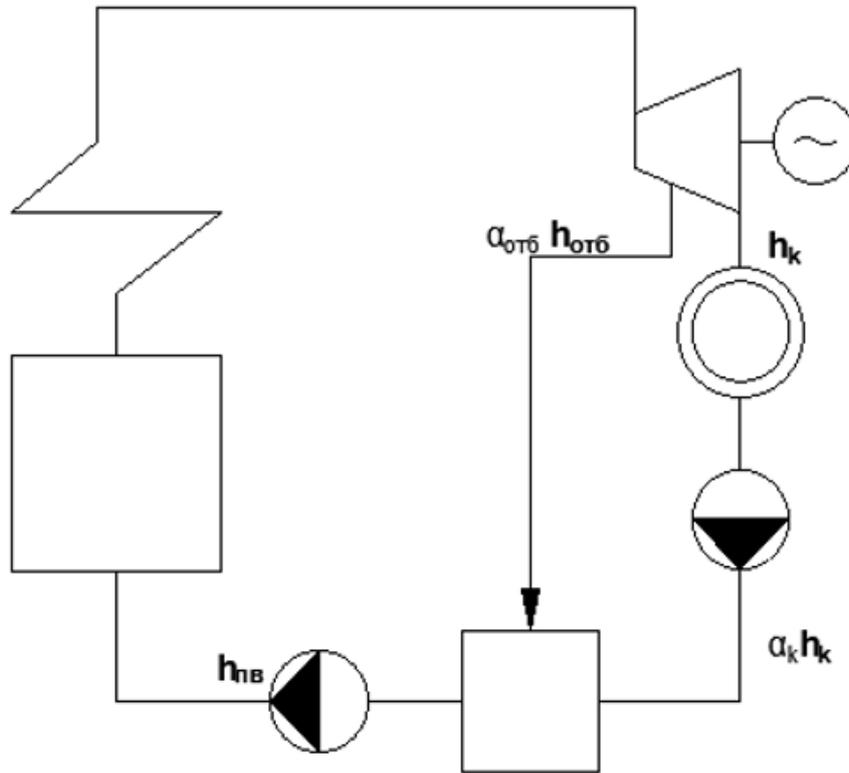


Рисунок 1 – Принципиальная схема простейшей теплофикационной установки с одним регенеративным отбором пара и противодавлением

Величина удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении для простейшей ТПТУ (см. рис. 1) может быть определена из выражения:

$$W_э = \frac{h_o - h_k}{h_{отб} - h'_k} + \frac{a_{отб}}{1 - a_{отб}} \cdot \frac{(h_o - h_{отб})}{h_k - h'_k}, \quad (4)$$

где  $h_o$ ,  $h_k$  – теплосодержание пара перед и за турбиной.

Решая совместно уравнения (4) и (5) получим:

$$W_э = \frac{h_o - h_k}{h_k - h'_k} + \frac{h_{нв} - h'_k}{h_{отб} - h_{нв}} \cdot \frac{h_o - h_{отб}}{h_k - h'_k} \quad (5)$$

При фиксированных начальных и конечных параметрах пара значения  $h_o$ ,  $h_k$  и  $h'_k$  в уравнении (5) будут постоянны. Из этого следует, что первое слагаемое в уравнении (5) будет постоянно и при оптимизации значения  $h_{нв}$  его можно не учитывать, тогда можно записать:

$$W'_э = \frac{h_{нв} - h'_k}{h_{отб} - h_{нв}} \cdot \frac{h_o - h_{отб}}{h_k - h'_k} \quad (6)$$

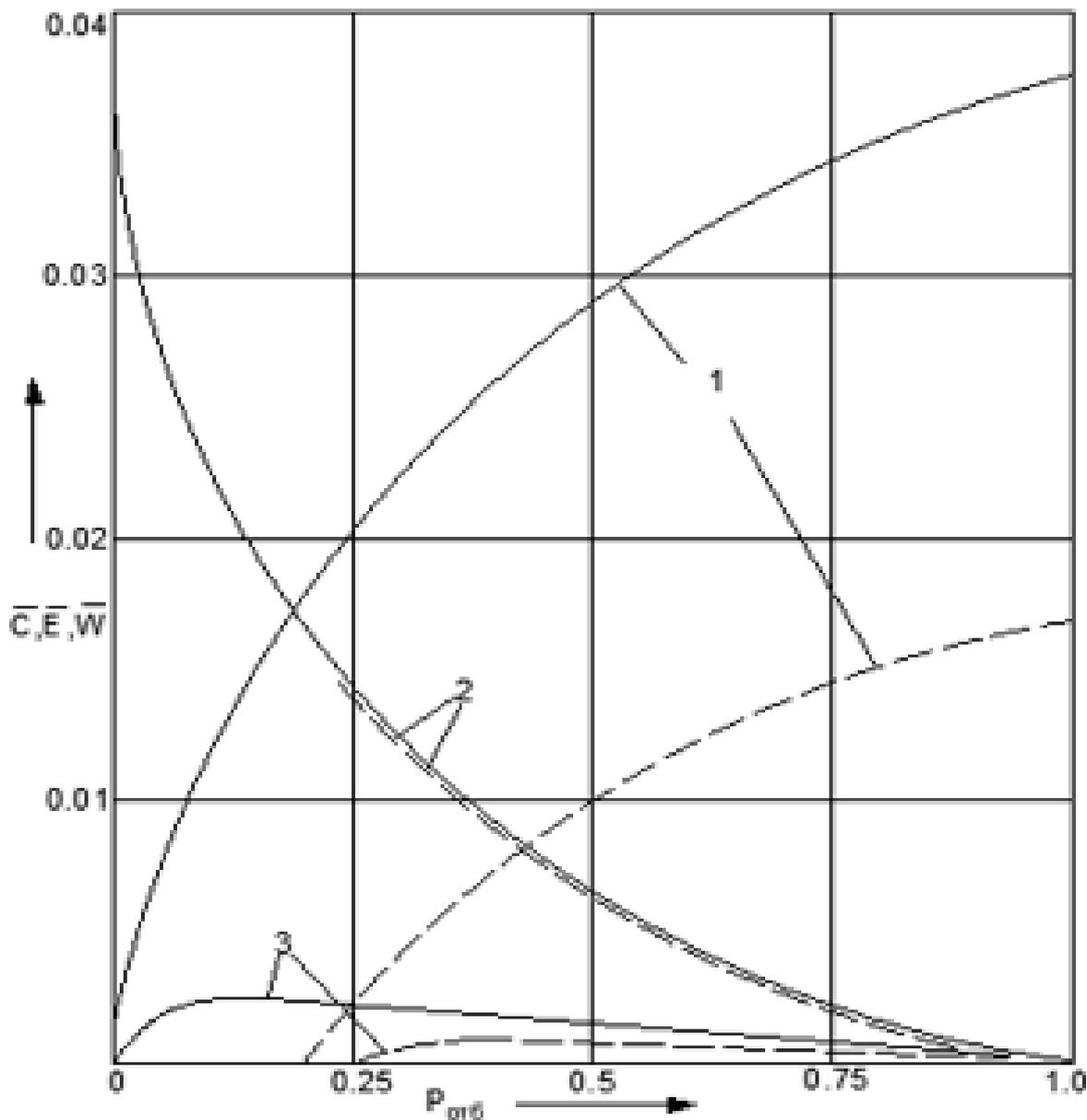


Рисунок 2 – Изменение сомножителей в выражении 6 для противодавления (сплошные) и (пунктир): 1-первого (C), 2- второго (E): 3 – величины  $W'$

Выражение (6) справедливо для любых начальных и конечных параметров пара турбоустановки с одним регенеративным отбором в противодавление для простейшей ТПТУ. Анализ уравнения (6) показывает, что первый сомножитель в знаменателе содержит теплоту конденсации пара отбора. Ей величина остаётся практически постоянной в широком диапазоне изменения давления пара в регенеративном отборе –  $P_{отб}$ . Числитель же первого сомножителя возрастает с ростом температуры питательной воды или же давления в регенеративном отборе, что определяет, в целом, рост правого сомножителя в уравнении (6). Очевидно, второй сомножитель в уравнении (6) с ростом  $P_{отб}(t_{нв})$  уменьшается. Из этого следует, что  $W'$  имеет оптимум при изменении  $P_{отб}$  или для

фиксированных начальных и конечных параметров цикла ТПТУ существует оптимум температуры питательной воды

### **Заключение**

Значения  $t_{нв}^{опт}$  растут с ростом величины противодействия. Важным представляется и «размытый» характер зависимости оптимума при повышении противодействия

### **Литература**

1. Балабанович В.К., Чиж В.А. Разработка и внедрение технических решений по организации нерегулируемого отбора пара повышенного давления от турбин ПТ-60-130/13 Гродненский ТЭЦ-2 и корректировка их нормативных характеристик /Научн. отчет БПИ, 1990, с. 31.
2. Калафати Д.Д. Применение турбин с противодействием как перспективное направление повышения эффективности малых и средних ТЭЦ. – Теплоэнергетика, 1992, № 10, с. 50-60.