

УДК 621.44

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СХЕМ
РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ЕЁ
ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ****THEORETICAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF THE
REGENERATIVE HEATING SCHEME OF FEED WATER ON ITS
OPTIMAL VALUES**

Д.В. Глинкин

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

D. Glinkin

Supervisor – Z. Aidarova, Senior lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Влияние регенеративного подогрева питательной воды на её оптимальные значения.

Abstract: The effect of regenerative heating of feed water on its optimal values.

Ключевые слова: теплофикационная паротурбинная установка, питательная вода, котлоагрегат, температурный напор, регенеративный подогреватель.

Keywords: heating steam turbine unit, feed water, boiler unit, temperature pressure, regenerative heater.

Введение

Эксплуатационные оптимальные значения температуры питательной воды теплофикационной паротурбинной установки (ТПТУ) дополнительно требуют уточнения влияния изменения экономичности котлоагрегата, работы сжатия в питательном насосе, температурных напоров в подогревателях и ряда других режимных характеристик.

Основная часть

Вопросом связанным с регенеративным подогревом питательной воды в ТПТУ на протяжении всего периода их развития уделялось большое внимание. Тем не менее, здесь имеются значительные резервы повышения тепловой экономичности ТПТУ. Температура $t_{пв}^{отп}$ в значительной степени определяется основными потоками пара в ней: в регулируемые отборы, в противодавление и конденсатор. Переменные режимы работы характерны для современных ТПТУ и их влияние на $t_{пв}^{отп}$ изучено недостаточно. В этой связи представляется важным учёт влияния на $t_{пв}^{отп}$ таких факторов как распределение подогрева питательной воды по ступеням, взаимная увязка «внешней» и «внутренней» регенерации и ряд других факторов. Разработка модели учёта таких факторов на $t_{пв}^{отп}$ приводится ниже. Рассмотрим тепловую схему простейшей противодавленческой ТПТУ состоящую из двух регенеративных подогревателей (рис.1).

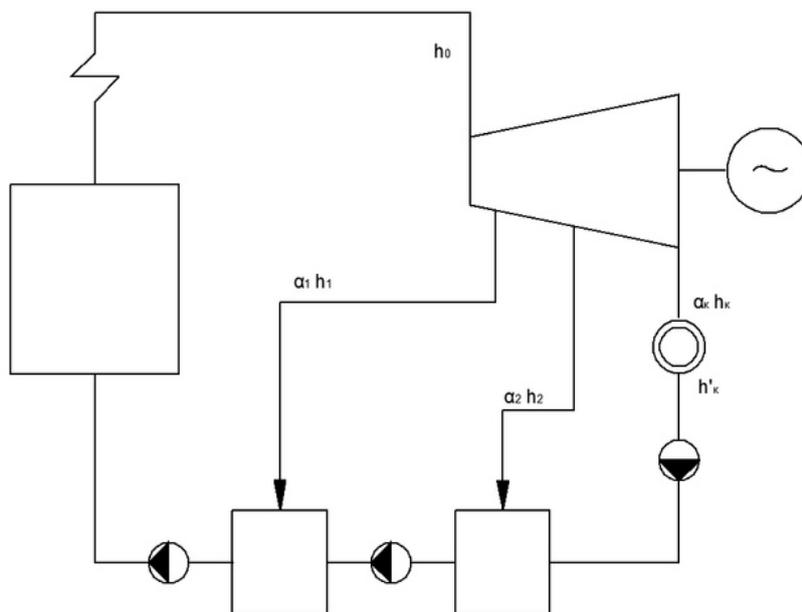


Рисунок 1 - Принципиальная тепловая схема ТПТУ с двухступенчатым регенеративным подогревом питательной воды

Для такой установки удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении может быть определена из выражения:

$$W_{\text{э}} = \frac{\alpha_1 \cdot (h_0 - h_1) + \alpha_2 \cdot (h_0 - h_2) + \alpha_{\text{к}} \cdot (h_0 - h_{\text{к}})}{\alpha_{\text{к}} \cdot (h_{\text{к}} - h'_{\text{к}})}, \quad (1)$$

где: $h_0, h_1, h_2, h_{\text{к}}$ – соответственно, теплосодержание пара перед турбиной, в первом и втором регенеративных отборах и за турбиной;

α_1, α_2 и $\alpha_{\text{к}}$ – доли регенеративных отборов пара в регенеративные отборы и противодавление.

Доли отборов можно определить из уравнения материального и теплового балансов регенеративных подогревателей:

$$\alpha_1 = \frac{\tau_1}{\tau_1 + q_{r1}}, \quad (2)$$

$$\alpha_2 = \frac{\tau_2}{\tau_2 + q_{r2}} * \frac{q_{r1}}{\tau_1 + q_{r1}}, \quad (3)$$

где: $\tau_1 = h_{\text{п1}} - h_{\text{п2}}, \tau_2 = h_{\text{п2}} - h'_{\text{к}}$ - нагрев воды в регенеративных подогревателях; $h_{\text{п1}}$ и $h_{\text{п2}}$ - соответственно, температура питательной воды за подогревателями;

q_{r1} и q_{r2} - удельная на 1 кг пара теплота конденсации пара в подогревателях.

Задача по определению $t_{\text{пв}}^{\text{отп}}$ решается из закона распределения подогрева питательной воды по ступеням.

Для любого числа смешивающих подогревателей в тепловой схему ТПТУ (рис.2) и простейшем равномерном законе распределения подогрева по ступеням подогрев в одной ступени определится как:

$$\tau_z = z + \sqrt[1]{(h_0 - h_{\text{к}}) * q_r^z} - q_r, \quad (4)$$

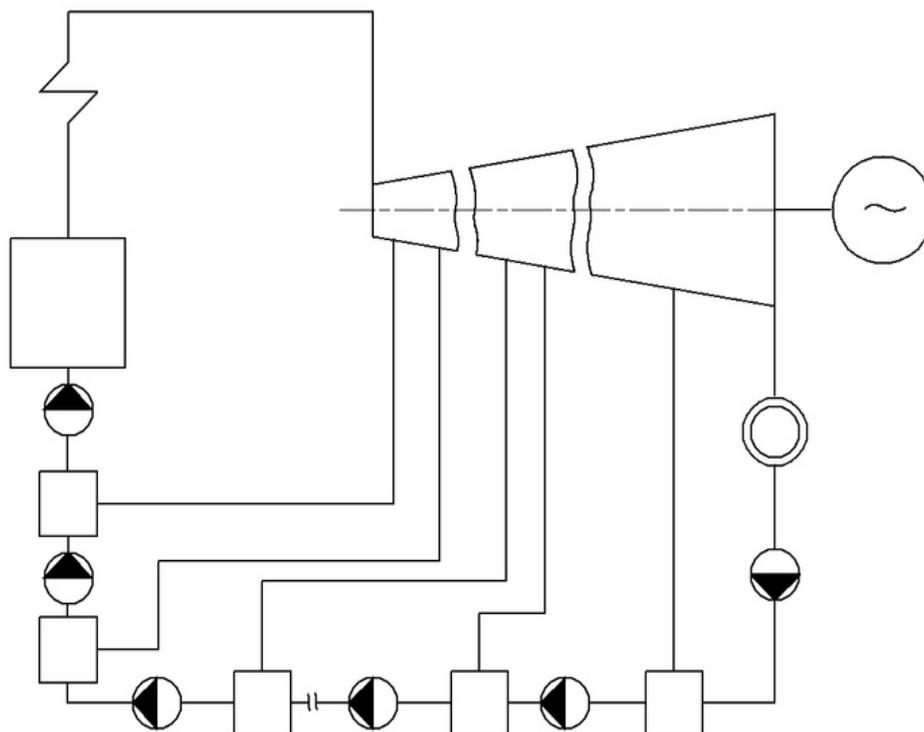


Рисунок 2 – Принципиальная тепловая схема турбоустановки с противодавлением и любым числом регенеративных отборов

Тогда теплосодержание (температура) питательной воды:

$$h_{пв} = h'_к + z * \tau_z, \quad (5)$$

При наличии регулируемых отборов обычно применяют принцип горизонтального расщепления цикла ТПТУ. В соответствии с принятым равномерным подогревом питательной воды при наличии одного регулируемого отбора оптимальное значение теплосодержания (температуры) питательной воды может быть определено как:

$$h_{пв} = h_{п} + m * (m + \sqrt[1]{(h_0 - h_{п}) * [q_r + \alpha_{п} * (h_{ок} - h_{п})]} - q_r), \quad (6)$$

где m - число ступеней регенерации после верхнего регулируемого отбора;

$h_{п}$ и $h_{ок}$ - теплосодержание пара регулируемого отбора и его конденсата;

$\alpha_{п}$ - доля пара регулируемого отбора.

Заключение

Анализ выражения (6) показывает, что $t_{пв}$ зависит не только от параметров пара перед турбиной и в регулируемом отборе, но и от доли пара в него. Это позволяет сделать важный вывод о том, что при $\alpha_{п} = var$; $t_{пв} = var$, а это означает что теплофикационная паротурбинная установка должна быть снабжена мобильной системой регенеративного подогрева питательной воды с возможностью включения (отключения) одного или нескольких верхних регенеративных подогревателей. Этот вывод будет подтвержден дополнительными исследованиями в последующем разделе данной главы применительно к натурным теплофикационным паротурбинным установкам и с учетом режимов их работы.

Литература

1. Балабанович В.К. Анализ возможностей повышения эффективности белорусских ТЭС и котельных путём их техпереворужения на основе паротурбинных и газотурбинных установок. Науч. Отчёт БГПА., Мн., 1993 г., с.51.
2. Леонков А.М., Балабанович В.К. Исследование части низкого давления теплофикационных турбин на режимах с минимальными пропусками пара конденсата// Известия вузов СССР. Энергетика. 1982. – С.8-12.
3. Неуймин В.М. Повышение эффективности ТЭЦ за счёт оптимизации низкочастотной части теплофикационного оборудования. Автореф. дисс. к.т.н., Мн., 1995г., с.20.