

ЭКОНОМИЧНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ НАДСТРОЙКИ НА ЭНЕРГБЛОКАХ ТЭС

Я.А. Заугольникова, О.Ю. Ромашова, Е.А. Скребатун
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС

В настоящее время в России наметился рост промышленного производства, что в свою очередь обусловило увеличение потребления электроэнергии. Однако в связи с тем, что электрогенерирующее оборудование в большей мере изношено, возникает дефицит мощности. Основными направлениями развития теплоэнергетики являются реконструкция и техническое перевооружение тепловых электростанций, а также строительство новых электростанций, использующих новые эффективные технологии производства электроэнергии. В краткосрочной перспективе это может быть осуществлено за счет строительства высокоэффективных электростанций на базе ПГУ и ГТУ, прежде всего на действующих станциях.

Применение ПГУ позволяет достигнуть КПД электростанции 50-60%. Кроме этого позволяет сэкономить до 10% топлива, около 20% капиталовложений.

В данной работе рассмотрены способы повышения эффективности работы оборудования с использованием различных схем ГТ-надстройки на базе конденсационного блока К-300-240 [1]. За расчетный режим паротурбинной установки принят ее номинальный режим работы [2], параметры газовой турбины определялись по методике [3], расчет схемы парового блока на переменный режим осуществлялся с использованием формулы Стодолы-Флюгеля и других общепринятых зависимостей.

Одной из возможных схем реконструкции станции является ГТ-надстройка с вытеснением регенерации паровой турбины газоводяными подогревателями высокого и низкого давления (ГВП ВД и ГВП НД, рисунок 1). В качестве прототипа газовой турбины использовался агрегат ГТД-110 с температурой выхлопных газов $t_{\text{ВЫХ}} = 517^\circ\text{C}$ [2]. Для выбора наиболее экономичного варианта проведены вариантыные расчёты тепловой схемы ПГУ при изменении температуры газов на выходе из ГВП ВД $t_{\text{Г}}^{\text{ПВД}}$ и расхода основного конденсата $G_{\text{ОК_Г}}$ на ГВП НД. Расчеты выполнялись при фиксированных значениях следующих параметров: расход пара в конденсатор равен номинальному значению $172,62 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$; температура уходящих газов $t_{\text{УХ_Г}} = 120^\circ\text{C}$; температура питательной воды на входе в котел $t_{\text{ПВ}} = 266^\circ\text{C}$.

Результаты расчётов представлены на рисунке 2.

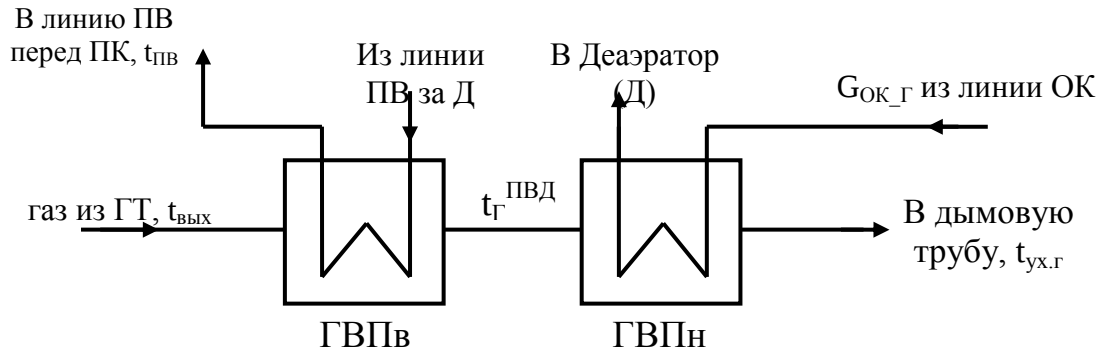


Рис. 1. Схема включения ПГУ с вытеснением регенерации

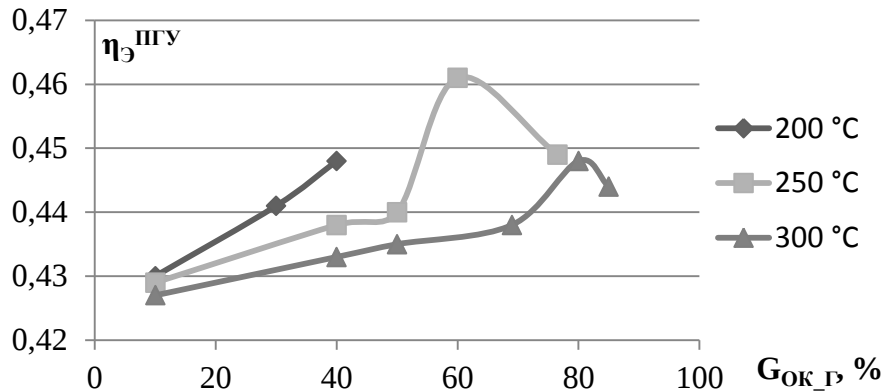


Рис. 2. Графики зависимости КПД по выработке электроэнергии ПГУ от температуры газов на выходе из ГВПВД $t_{г}^{ПВД}$ и доли расхода основного конденсата $G_{ОК_Г}$ через ГВПНД.

Как видно из графических зависимостей на рисунке 2, переменные значения температуры газов на выходе из ГВПВД $t_{г}^{ПВД}$ и доли расхода основного конденсата через ГВПНД $G_{ОК_Г}$ существенно влияют на экономичность работы ПГУ. Максимум КПД $\eta_{э}^{ПГУ}$ определяется оптимальными значениями этих двух параметров. Наибольшая тепловая экономичность достигается при $t_{г}^{ПВД} \approx 250^{\circ}C$ и $G_{ОК_Г} \approx (60-65) \%$ от общего расхода основного конденсата блока К-300-240. Кроме того, с ростом температуры $t_{г}^{ПВД}$ увеличивается возможный диапазон подачи основного конденсата $G_{ОК_Г}$ в котел-утилизатор; при наименьшей температуре $t_{г}^{ПВД} = 200^{\circ}C$ значение расхода $G_{ОК_Г}$ ограничено и составляет 40% от общего.

Расчетные исследования показывают, что прирост электрической мощности ТЭС для лучшего варианта составляет почти 45 МВт, из них доля газотурбинной части равна 65 МВт, мощность паротурбинного блока – 280 МВт. Увеличение электрического КПД $\delta\eta$ для схемы ПГУ с вытеснением регенерации по сравнению с КПД паротурбинного блока К-300-240 достигает $\delta\eta = 20 \%$.

Учитывая, что потенциал уходящих газов высок, появляется возможность осуществлять промежуточный перегрев (ПП) пара в КУ, вытесняя его из парового котла (схема ПГУ с вытеснением промперегрева).

Для такого способа ГТ-надстройки выбор газотурбинной части должен обеспечить перегрев пара, отработавшего в цилиндре высокого давления турбины К-300-240, до заданной температуры промперегрева $t_{пп}$, поэтому к рассмотрению были приняты две газовые турбины Siemens V64-3A с температурой выходящих газов $t_{вых} = 585\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

На рисунке 3 приведена схема включения котла-утилизатора в схему ПГУ с вытеснением промперегрева.

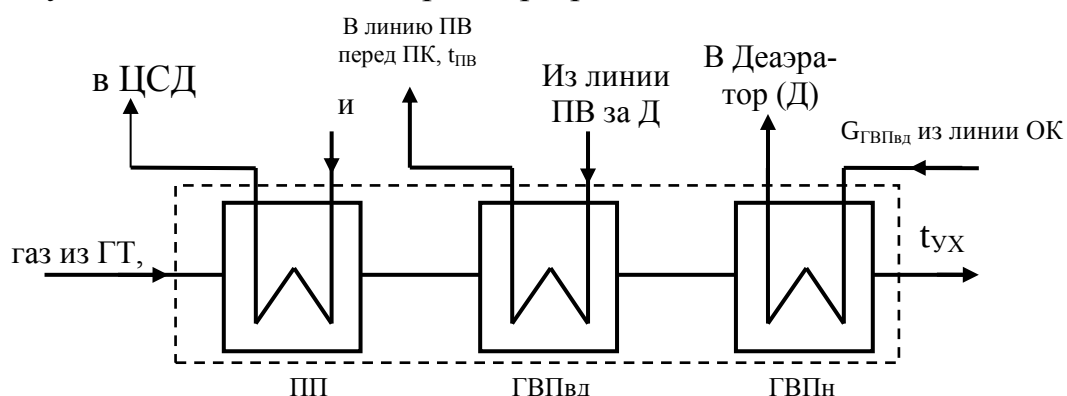


Рис. 3. Схема включения КУ в ПГУ с вытеснением промперегрева

Расчёт данной схемы был произведён для номинального расхода пара в конденсатор $172,62\text{ кг/с}$. Исследования показывают, что использование теплоты отработавших в ГТУ газов для промежуточного перегрева пара позволяет увеличить КПД ТЭС до $48,5\%$, что почти на 25% выше КПД исходной схемы. При этом суммарная электрическая мощность станции возрастает до 419 МВт , из них мощность газотурбинной части составляет $139,5\text{ МВт}$, а паротурбинной установки - $279,5\text{ МВт}$.

Сравнение показателей работы схем ПГУ с вытеснением регенерации и промперегрева по сравнению с исходным вариантом представлено на рис. 4,5 (где 1 – исходная схема К-300-240; 2 – схема ПГУ с вытеснением регенерации; 3 – схема ПГУ с вытеснением промперегрева).

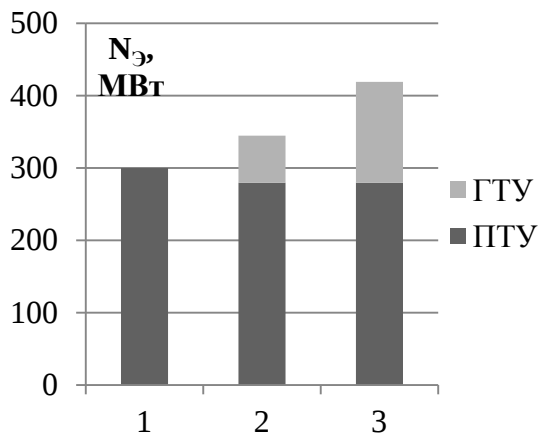


Рис. 4. Прирост мощности ТЭС за счет ГТ-надстройки

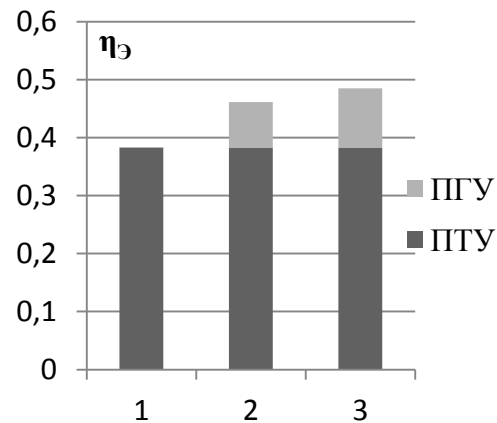


Рис. 5. Прирост КПД ТЭС за счет ГТ-надстройки

Выводы:

1. Рассмотрены два варианта газотурбинной надстройки для повышения экономичности паротурбинного энергоблока К-300-240 – с вытеснением регенеративного подогрева питательной воды и вытеснением промежуточного перегрева пара.
2. ГТ-надстройка увеличивает мощность ТЭС на (20-40) % и КПД по выработке электрической энергии на (15-25) %.
3. Схема ПГУ с вытеснением промперегрева имеет наибольший КПД ($\Delta\eta_{\text{э}} > 25\%$) по сравнению со схемой с вытеснением регенерации ($\Delta\eta_{\text{э}} \approx 15 - 20\%$).
4. Экономичность схемы с вытеснением регенерации определяется значениями температуры газов на выходе из газо-водяного подогревателя высокого давления $t_{\text{Г}}^{\text{ПВД}}$ и доли расхода основного конденсата через газо-водяной подогреватель низкого давления $G_{\text{ОК_Г}}$. Максимум КПД по выработке электроэнергии достигается при оптимальных значениях $t_{\text{Г}}^{\text{ПВД}}$ и $G_{\text{ОК_Г}}$.

Работа выполнена в рамках ВИУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березинец П.А. Газотурбинная надстройка блока 300 МВт Ко-стромской ГРЭС//Электр.станции. – 1999. - №7 С.64-72
2. Паровая турбина К-300-240 ХТГЗ/ Под общей редакцией Ю.Ф.Косяка – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.
3. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. Учебник для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2002.– 584с

Научный руководитель: О.Ю. Ромашова, к.т.н., доцент каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.