

К. С. Мохов, Д. М. Суворов

Вятский государственный университет, г. Киров

mokhov_98@list.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДОГРЕВА ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ВО ВСТРОЕННЫХ ПУЧКАХ КОНДЕНСАТОРОВ ПРИ РАБОТЕ ТЭЦ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ГРАФИКУ

В работе проведена оценка эффективности подогрева подпиточной воды во встроенных пучках конденсаторов при работе паровых турбин по электрическому графику. Рассчитана величина удельной экономии теплоты при различных температурах прямой сетевой воды и различной суммарной величине электрической мощности двух турбин, одна из которых имеет подогрев подпиточной воды во встроенных пучках при отключенных основных пучках конденсатора. Показано, что для всех вариантов экономия теплоты в несколько раз ниже, чем тепловая нагрузка встроенного пучка.

Ключевые слова: встроенный пучок; конденсатор; подогрев подпиточной воды; электрический график; математическая модель; ТЭЦ

K. S. Mokhov, D. M. Suvorov

Vyatka State University, Kirov

EFFICIENCY OF HEATING OF THE MAKEUP WATER IN THE BUILT-IN BEAMS OF CONDENSERS WHEN WORKING OF CHP ACCORDING TO ELECTRICAL SCHEDULES

The paper assesses the effectiveness of heating the makeup water in the built-in beams of condensers during operation of steam turbines according to the electrical schedule. Calculated values of specific heat saving at different temperatures of delivery water and different total electric power of two turbines, one of which is heated by makeup water in the built-in beams with the main condenser beams off. It is shown that for all the calculated options, the heat savings are several times lower than the thermal load of the built-in beam.

Keywords: built-in beam; condenser; heating of the makeup water; electrical schedule; mathematical model; CHP

Увеличение экономичности работы теплофикационных турбин – одна из важнейших задач современной теплоэнергетики. Одним из основных направлений повышения эффективности таких турбин является снижение потерь теплоты в холодном источнике [1].

В работе рассмотрен вариант подогрева подпиточной воды во встроенных пучках (ВП) конденсатора с отключенными основными пучками при работе ТЭЦ по электрическому графику. Энергетическая эффективность указанного способа была рассчитана с использованием математической модели турбоустановки Т-50-130 Уральского турбинного завода, разработанной в ВятГУ [2].

Рассматривалась работа двух турбин, работающих с двухступенчатым подогревом сетевой воды, у которых есть некоторая постоянная суммарная электрическая мощность. Первая турбина, в которой во встроенных пучках осуществляется подогрев подпиточной воды, работает с закрытой регулирующей диафрагмой части низкого давления (РД ЧНД) с расходом пара на нее, равным 70 кг/с, что близко к максимальному расходу пара на турбину. Для этой турбины сравнимым режимом является расчет без подогрева подпиточной воды, когда теплота потоков пара, поступающих в конденсатор, не используется, а подпиточная вода подогревается отбором пара из нижнего отопительного отбора этой же турбины. Вторая турбина обеспечивает покрытие заданной суммарной тепловой и электрической нагрузки двух турбин при одинаковых температурах как прямой, так и обратной сетевой воды. Расчеты были проведены при различных расходах пара на вторую турбину G_0 , равных 70 кг/с, 60 кг/с и 50 кг/с, что обеспечивает различную заданную электрическую нагрузку. Для обеих турбин были заданы одинаковые величины пропускной способности закрытой РД ЧНД на двух уровнях: расчетная заводская плотность и уплотненная (в 4 раза по величине пропускной способности) диафрагма [1, 2]. Расход подпиточной воды и ее температура были приняты 167 кг/с и 5 °С соответственно. Это объясняется тем, что имеют место ограничения по температуре воды на выходе из ВП, которая не должна превышать величину 30 °С, допустимую для химводоочистки.

Расчеты проводились при различных давлениях в нижнем отопительном отборе первой турбины p_n , что обеспечивает определенную температуру τ_1 ; их обобщенные результаты показаны в таблице.

Зависимость температуры прямой сетевой воды и тепловых нагрузок встроенного пучка от давления в нижнем отборе первой турбины

p_n , кПа	20	40	60	80	100	120	140
τ_1 , °С	72,5	87,3	97,1	103,6	108,5	112,6	116,1
$Q_{ВП}^{рп}$, МВт	4,831	6,214	7,563	8,893	10,211	11,522	12,832
$Q_{ВП}^{уд}$, МВт	3,807	4,189	4,5635	4,9303	5,298	5,662	6,024

Примечание к таблице:

τ_1 – температура прямой сетевой воды;

$Q_{ВП}^{рп}$ – нагрузка на ВП при расчетной плотности РД ЧНД;

$Q_{ВП}^{уд}$ – нагрузка на ВП при уплотненной РД ЧНД

Критерием эффективности является показатель удельной экономии теплоты $q_{уд}$, который показывает отношение экономии теплоты двух турбоустановок к полезной тепловой нагрузке встроенного пучка, определяемый по формуле:

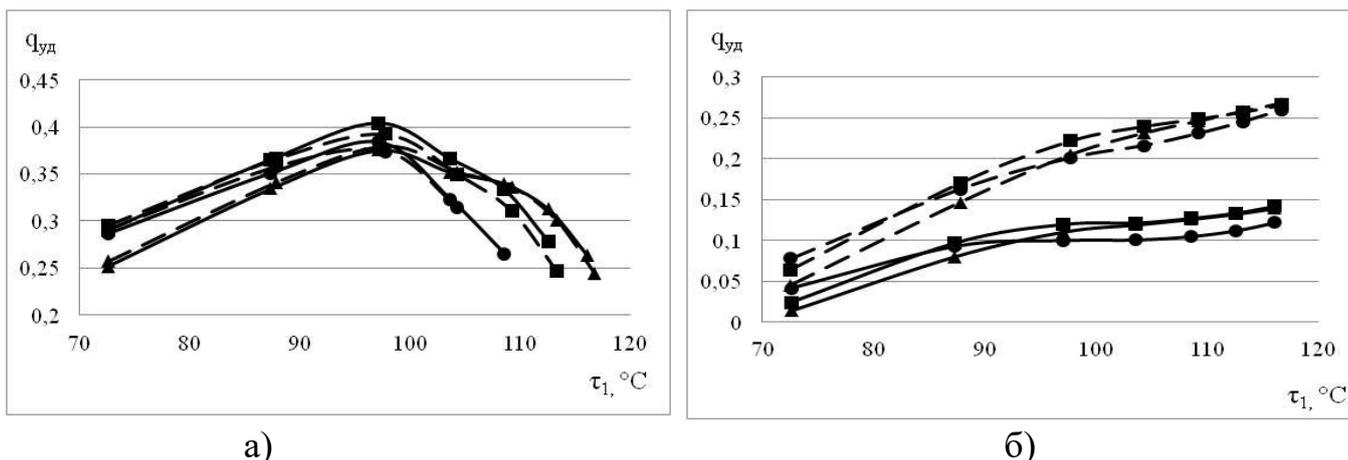
$$q_{уд} = \frac{\Delta Q_0}{Q_{ВП}}$$

где ΔQ_0 – изменение расхода теплоты на турбоустановки, МВт;

$Q_{ВП}$ – тепловая нагрузка на ВП конденсатора, МВт.

Как показали ранее выполненные исследования ВятГУ, величина показателя $q_{уд}$ при работе по тепловому графику, когда вся электрическая мощность вырабатывается на базе теплового потребления и когда работают пиковые водогрейные котлы, близка к единице. При работе по электрическому графику, как показали результаты данной работы, эта экономия в несколько раз ниже.

На рисунке представлена зависимость показателя $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при разных степенях открытия РД ЧНД на второй турбине.



Зависимости удельной экономии теплоты турбоустановки $q_{уд}$ от температуры прямой сетевой воды τ_1 при различных расходах пара на вторую турбину.

а) – степень открытия РД ЧНД на второй турбине 50 %;

б) – степень открытия РД ЧНД на второй турбине 0 %;

уплотненная диафрагма – сплошная линия;

диафрагма с расчетной плотностью – пунктирная линия;

расход пара на вторую турбину: ▲ – 70 кг/с; ■ – 60 кг/с; ● – 50 кг/с.

Из отображенных зависимостей следует, что максимально возможная удельная экономия теплоты при подогреве подпиточной воды во ВП при работе ТЭЦ по электрическому графику составляет около 40 % от полезной тепловой нагрузки конденсатора $Q_{ВП}$.

Таким образом, проведенные расчеты позволяют сделать вывод, что экономия теплоты при подогреве подпиточной воды во встроенных пучках конденсаторов при работе ТЭЦ по электрическому графику всегда имеет место, но эффективность данного способа и целесообразность его применения должна рассчитываться для каждого случая отдельно.

Список использованных источников

1. Эфрос Е. И., Симою Л. Л., Лагун В. П., Гуторов В.Ф., Шемпелев А. Г. Повышение эффективности эксплуатации современных теплофикационных турбин // Теплоэнергетика. 1999. № 8. С. 62–67.
2. Tatarinova N. V., Suvorov D. M., Shempelev A. G. Approaches to Building Computational Mathematical Models Based on the Flow and Power Characteristics of Cogeneration Steam Turbine Stages and Compartments // Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), International Conference on. – IEEE, 2017. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICEAM.2017.8076463. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8076463> (дата обращения: 20.11.2019)