

УДК 621.165

А.Л. ШУБЕНКО, д-р техн. наук, Н.В. ЛЫХВАР, канд. техн. наук,
О.А. ЗАЛИЗНЯК

*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины
г. Харьков, e-mail: shuben@ipmach.kharkov.ua*

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫМИ БЛОКАМИ ТЭЦ

Розглядається технологія розв'язання задач оптимізації режимів ТЕЦ з використанням гнучких моделей енергоустановок, що адаптуються до конкретної ситуації. Проведено розрахункові дослідження режимів відпуску теплоти від турбоустановки Т-250/300-240 з використанням розроблених засобів.

The technology of problem solving of heat-power station modes optimization with usage of changeable, adapted powerplant models is esteemed. The computational researches of heat tempering modes from turbine T-250/300-240 with usage of designed tools are performed.

Вопросам оптимизации режимов работы ТЭЦ в нашей стране уделяется большое внимание. Однако и на сегодняшний день эффективность ТЭЦ недостаточно высока, о чем свидетельствуют данные об удельных расходах топлива и коэффициентах использования установленной мощности на электростанциях такого типа. Это связано не только с качеством топлива, состоянием оборудования, но и с режимными факторами. Одной из важных причин такого положения является несоответствие реальных условий эксплуатации с теми условиями, которые закладывались при создании теплофикационных турбин. Поэтому весьма актуальным является выбор рациональных режимов отпуска теплоты теплофикационными блоками ТЭЦ.

Развитие вычислительной техники, а также методов и математических моделей теплоэнергетических установок, открывает возможность решения задач оптимизации режимов энергоблоков ТЭЦ на качественно новом уровне. Подход, базирующийся на применении полных, гибких и адаптируемых математических моделей, имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием моделей, основанных на аппроксимации диаграмм режимов. Во-первых, такая модель энергоустановки, основанная на расчете тепловых балансов, позволяет учесть взаимовлияние всех режимных и структурных факторов, что невозможно учесть при построении диаграмм режимов. Во-вторых, устраняются погрешности аппроксимации при построении энергетических характеристик и, тем самым, повышается точность оптимизации [1].

Для исследования режимов отпуска теплоты теплофикационными блоками ТЭЦ был использован программный комплекс тепловых расчетов энергоустановок SCAT [2], разработанный в ИПМаш НАН Украины, который позволяет анализировать не только параметры проточной части, элементов тепловой схемы и вспомогательного оборудования, но и структурные изменения тепловой схемы турбоустановки.

Важным достоинством пакета программ является простота и наглядность разработки и ввода исходных данных, а также анализа полученных результатов.

Целью исследования являлась возможность повышения эффективности производства электроэнергии и теплоты от турбоустановки с турбиной Т-250/300-240-З, принципиальная тепловая схема которой представлена на рис. 1.

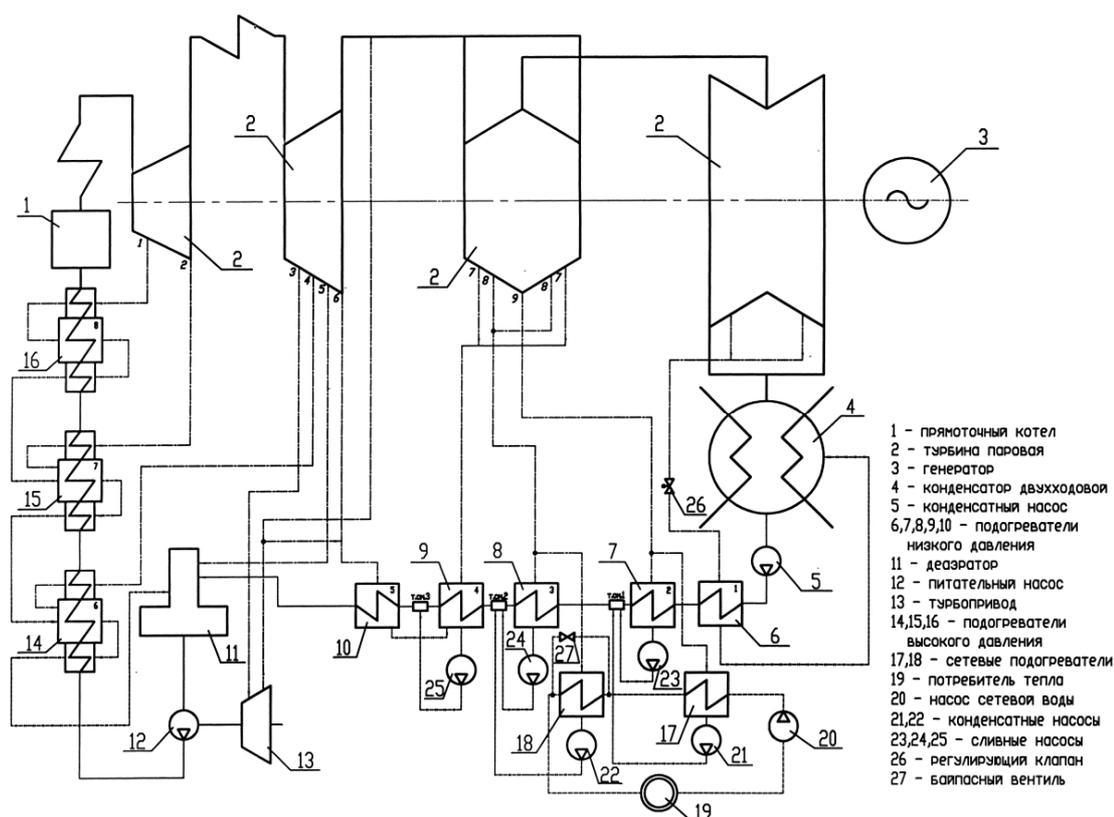


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема турбины Т-250/300-240

Турбина имеет два отопительных отбора пара [3] – нижний и верхний, предназначенных для ступенчатого подогрева сетевой воды.

Регулирование давления в нижнем отопительном отборе осуществляется с помощью регулирующих диафрагм, установленных на входе в ЦНД, в верхнем отопительном отборе – с помощью изменения расхода свежего пара на турбину.

Регулируемое давление в отопительных отборах поддерживается:

- в верхнем – при включенных обоих отопительных отборах;
- в нижнем – при включенном только одном нижнем отопительном отборе.

Работа с одним верхним отопительным отбором пара не допускается.

Установка для подогрева сетевой воды включает в себя два сетевых подогревателя: ПСГ №1 и ПСГ №2. При ступенчатом подогреве сетевой воды паром двух отопительных отборов регулирование поддерживает заданную температуру сетевой воды за верхним сетевым подогревателем (ПСГ №2). При подогреве сетевой воды паром только нижнего отопительного отбора температура сетевой воды поддерживается за нижним сетевым подогревателем (ПСГ №1).

Согласно температурному графику центрального регулирования отпуска теплоты для Харьковского региона (см. рис.2) был определен диапазон тепловых нагрузок турбоустановки Т-250/300-240 в схеме с одноступенчатым и двухступенчатым подогревом сетевой воды.

Проведены расчеты тепловых нагрузок, при которых целесообразно производить отпуск теплоты от отборов с нерегулируемым давлением пара и с регулируемым давлением только в нижнем теплофикационном отборе.

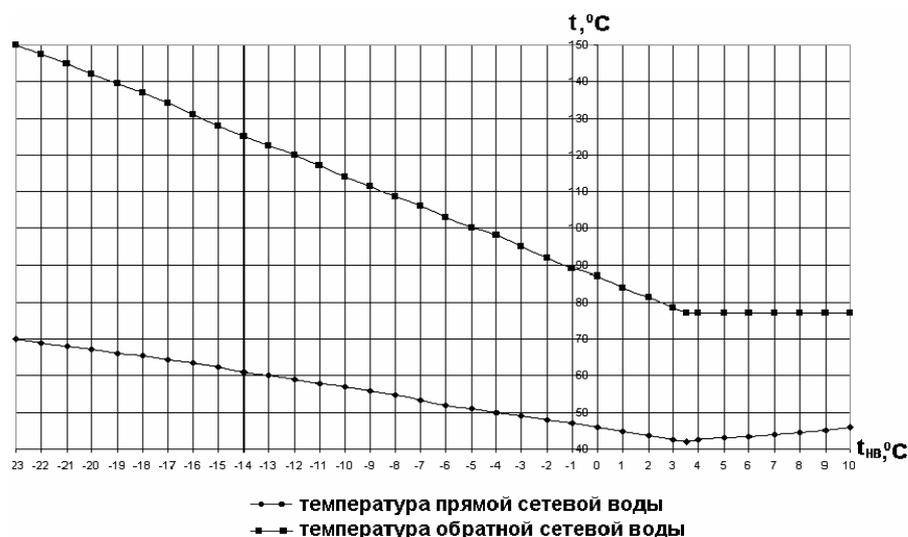


Рис. 2. Температурный график центрального регулирования отпуска теплоты (среднесуточные температуры в °C)

По результатам расчетных исследований построены зависимости (см. рис.3) изменения тепловой нагрузки Q_T и электрической мощности на теплофикационном режиме N_T от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ при неизменном расходе пара через турбину – 955 т/ч.

На рис. 3а) представлены зависимости, полученные при расходе сетевой воды 2000 т/ч.

Кривые 1,3 соответствуют одноступенчатому подогреву сетевой воды; кривые 2,4 – двухступенчатому.

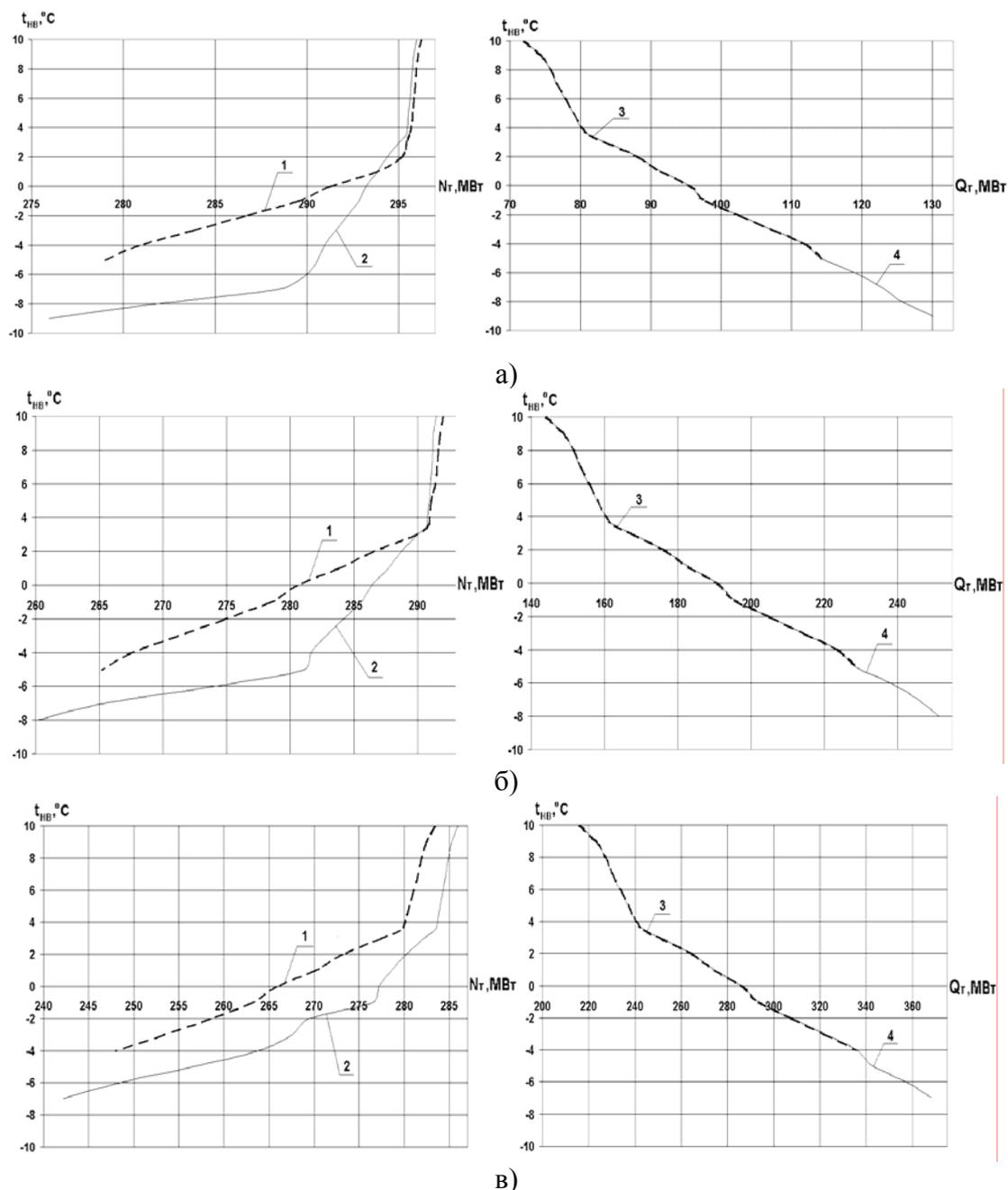
При одноступенчатом подогреве сетевой воды температура на выходе из сетевой установки поддерживалась без регулирования давления в отборе до температуры наружного воздуха $t_{нв} = +2$ °C.

Дальнейшее повышение тепловой нагрузки обеспечивалось регулированием давления в нижнем отопительном отборе. При этом происходит резкое снижение электрической мощности. Максимальная температура наружного воздуха, до которой можно обеспечить повышение отпуска теплоты внешним потребителям при данном расходе сетевой воды, составляет $t_{нв} = -5$ °C.

При включении второго бойлера (кривая 2,4) можно обеспечить повышение отпуска теплоты без регулирования давления в отборе до $t_{нв} = -6$ °C. Дальнейшее повышение отпуска теплоты возможно при регулировании давления в нижнем теплофикационном отборе до температуры наружного воздуха $t_{нв} = -9$ °C.

Полученные зависимости показывают, что при данном расходе сетевой воды 2000 т/ч целесообразно производить отпуск теплоты внешним потребителям без регулирования давления в отборе от одноступенчатой теплофикационной установки до $t_{нв} = +2$ °C, а при дальнейшем повышении отпуска теплоты – включить второй бойлер. При этом выигрыш в мощности составляет до 11,58 МВт.

На зависимостях, соответствующих расходу сетевой воды 4000 т/ч (см. рис. 3б)), картина несколько меняется. При данном расходе повышение отпуска теплоты без регулирования давления от одноступенчатой теплофикационной установки возможно только до $t_{нв} = +3,5$ °C, дальнейшее повышение до $t_{нв} = -5$ °C происходит при регулировании давления в нижнем отопительном отборе.



а) 2000 т/ч; б) 4000 т/ч; в) 6000 т/ч

Рис. 3. Изменение электрической мощности и тепловой нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха при расходе сетевой воды

При двухступенчатом подогреве сетевой воды повышение отпуска теплоты внешним потребителям происходит до $t_{нв} = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$ без регулирования давления в отборе, и до $t_{нв} = -8 \text{ } ^\circ\text{C}$ – с регулированием давления.

Таким образом, при данном расходе сетевой воды 4000 т/ч целесообразно производить отпуск теплоты внешним потребителям без регулирования давления в отборе от одноступенчатой теплофикационной установки до $t_{нв} = +3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, а при

дальнейшем повышении отпуска теплоты – включить второй бойлер. При этом выигрыш в мощности составляет до 15,85 МВт.

Рассмотрим режим работы теплофикационной установки, когда расход сетевой воды составляет 6000 т/ч (см. рис. 3в)). В данном случае повышение отпуска теплоты внешним потребителям невозможно без регулирования давления в отборе при одноступенчатом подогреве сетевой воды. Поэтому целесообразно производить режим работы турбоустановки Т-250/300-240 в схеме с двухступенчатой теплофикационной установкой. При этом повышение отпуска теплоты без регулирования давления в отборе возможно до $t_{нв} = -1$ °С, с регулированием давления – до $t_{нв} = -7$ °С. Выигрыш в мощности составляет до 15,76 МВт.

Можно сделать вывод, что режим работы турбоустановки с одноступенчатым подогревом сетевой воды является более рациональным в том случае, если возможно обеспечить заданный температурный график теплосети без регулирования давления пара в отборе.

В случае же, когда невозможно обеспечить заданную температуру без регулирования давления пара в отборе, то более рациональным является режим работы турбоустановки с двухступенчатым подогревом сетевой воды, обеспечивающим заданный температурный график. Это позволяет повысить выработку электрической энергии при одинаковой тепловой нагрузке.

Таким образом, существует резерв повышения эффективности отпуска теплоты за счет выбора рационального режима совместной выработки тепловой и электрической энергии.

Литература

1. *Лыхвар Н.В.* Гибкие математические модели энергоустановок для оптимизации режимов ТЭЦ // Сб.научн.трудов ИПМаш НАНУ Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования. – Харьков. – 2003. – с. 413-419.
2. *Лыхвар Н.В.* Структуры данных и язык системы машинного проектирования и исследований тепловых схем паротурбинных установок // Математическое обеспечение систем автоматизированного проектирования объектов машиностроения. – Харьков. – 1981. – с. 45-62.
3. К-28. Инструкция по эксплуатации турбоагрегата с турбиной типа Т-250/300-240. (Раздел первый). – Киев: Киевская ТЭЦ-5, 1979. – 214 с.
4. *Симою Л.Л., Эфрос Е.И. и др.* Теплофикационные паровые турбины: повышение экономичности и надежности. – СПб: Энерготех, 2001. – 208 с.
5. *Бененсон Е.И., Иоффе Л.С.* Теплофикационные паровые турбины. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 271 с.

© Шубенко А.Л., Лыхвар Н.В., Зализняк О.А., 2006