

На рис. 2 показано влияние рециркуляции на выход окислов азота при различных коэффициентах избытка воздуха. Из графика (рис. 2) видно, что эффективность рециркуляции увеличивается с увеличением коэффициента избытка воздуха. На рис. 2 показана также зависимость снижения окислов азота от степени рециркуляции при сжигании различных топлив. Кривая 4, построенная для случая сжигания подмосковного бурого угля с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,2$, располагается ниже кривой 3 для случая сжигания мазута при том же избытке воздуха, что объясняется различными соотношениями $Q_{н}^P, V_{г}^o, V_{в}^o$ для этих топлив (рис. 2).

В ы в о д ы

Зависимости $\frac{NO}{NO^P} = f(r_{рец})$, полученные расчетным путем, довольно хорошо согласуются с результатом эксперимента при близких условиях.

Из рассмотренных факторов, влияющих на снижение выхода окислов азота, наибольшее влияние оказывает степень рециркуляции дымовых газов.

Л и т е р а т у р а

1. Wahnschaffe E. Die Bildung der Stickstoff-oxide bei der Verbrennung von schweren Heizöl. -- "VGB Kraftwerkstechnik", 1973, 53, N 4. 2. Жихар Г.И., Руденков Б.М. Исследование влияния различных факторов на выход окислов азота при циклонном способе сжигания мазута. — "Изв. ВУЗов. Энергетика", 1976, № 8.

Б.В. Яковлев, Л.В. Кузнецов

ВЫБОР ПРОФИЛЯ ТУРБИН МОЩНЫХ ТЭЦ ПРИ РАБОТЕ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В связи с интенсивным жилищным и промышленным строительством многие города имеют расчетную тепловую нагрузку 2000—3000 Гкал/ч. Мощность ТЭЦ, покрывающих эту нагрузку, равна 750—1500 МВт. Радиусы действия городских сетей составляют 10—20 км и более. Гидравлические режимы и схемы тепловых сетей сильно усложняются, а вместе с ними и мето-

ды регулирования отпуска тепла. Это происходит в связи с тем что от единой тепловой сети удовлетворяются разные виды тепловых нагрузок (отопление, горячее водоснабжение, вентиляция).

Распространенные системы теплоснабжения имеют существенные недостатки, основными из которых являются: высокая стоимость тепловых сетей, ограниченная маневренность, аварийная уязвимость, трудность регулирования и др.

Для повышения надежности и экономичности теплоснабжения требуется коренное усовершенствование системы теплоснабжения крупных городов. Поэтому начинают получать применение независимые системы теплоснабжения с повышенным температурным графиком [1,2].

Расчетная температура воды в независимых системах может быть повышена до 200°C и более, что практически невозможно в зависимых системах по условиям статического давления в сети и из-за отсутствия надежной автоматизации.

Проведенные исследования показывают, что для независимых систем теплоснабжения экономически оправданными на данном этапе являются температуры прямой сетевой воды $190\text{--}210^{\circ}\text{C}$ при удельном суммарном расчетном расходе сетевой воды $6\text{--}7 \text{ T}/(\text{Гкал}/\text{ч})$.

С переходом к независимым системам теплоснабжения возникает задача выбора профиля и расчетных параметров теплофикационных турбин. Особенностью теплофикационных турбин с отопительными отборами пара является их жесткая связь с системой теплоснабжения. В связи с этим профиль теплофикационных турбин со ступенчатым подогревом сетевой воды должен выбираться с учетом особенностей и режимов работы системы теплоснабжения. В частности, сюда относятся: выбор оптимальных параметров (мест) отопительных отборов; характеристик ЧНД и улучшение способов регулирования отпуска тепла от турбин; числа ступеней подогрева сетевой воды и поверхностей нагрева сетевых подогревателей по ступеням и др.

Для определения наивыгоднейшего числа ступеней подогрева сетевой воды рассматривались независимые системы теплоснабжения с температурными графиками $190/70^{\circ}\text{C}$, $200/70^{\circ}\text{C}$, $210/70^{\circ}\text{C}$.

В общем случае экономически наивыгоднейшее число ступеней подогрева определяется на основании технико-экономических расчетов с учетом технологического усложнения, удорожания турбоустановки за счет устройства дополнительных камер

отборов и подогревателей сетевой воды, полученной экономии топлива и замещающей мощности в энергосистеме и других составляющих. Экономия расчетных затрат на топливо и замещающей мощности обуславливается дополнительной выработкой электроэнергии на тепловом потреблении, величина которой существенно зависит от числа ступеней подогрева, конструктивного выполнения и ведения режимов ступенчатого подогрева сетевой воды. Максимальная выработка достигается при условии оптимального соотношения подогрева сетевой воды по ступеням.

Расчеты показывают, что в независимых системах теплоснабжения с повышенным температурным графиком (190/70°С, 200/70°С, 210/70°С) целесообразным является переход на трех- и даже четырехступенчатый подогрев сетевой воды. Это требует разработки нового профиля теплофикационной турбоустановки. При этом существенно увеличивается регулировочный диапазон давлений в камерах отборов и, в частности, в камере верхнего отопительного отбора. Причем в высокотемпературных системах теплоснабжения оптимальное значение $\alpha_{ТЭЦ}^P$ также находится в пределах 0,5—0,7 в зависимости от условий работы ТЭЦ и экономических факторов.

В табл. 1 приведены данные по предельному давлению в камере верхнего отопительного отбора в зависимости от температурного графика и величины $\alpha_{ТЭЦ}^P$.

Выпускаемые в настоящее время теплофикационные турбины с двухступенчатым подогревом сетевой воды Т-110-130; Т-175-130; ПТ-135-130 имеют предельное давление в камере верхнего отбора 2,45—2,94 бар, а турбина Т-250-240 — 1,96 бар, что не позволяет эффективно использовать их в высокотемпературных системах теплоснабжения как по числу ступеней подогрева, так и по перестановочному диапазону давлений. Естественно, что для этих турбин предельное значение коэффициента тепло-

Таблица 1

Показатели	Температурный график, °С											
	180/70			190/70			200/70			210/70		
	$\alpha_{ТЭЦ}^P$			$\alpha_{ТЭЦ}^P$			$\alpha_{ТЭЦ}^P$			$\alpha_{ТЭЦ}^P$		
	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6
Температура сетевой воды за верхним подогревателем турбины, С	125	136	144	130	142	154	135	148	161	140	154	168
Давление в камере верхнего отбора, бар	2,7	3,72	4,63	3,13	4,39	6,02	3,61	5,16	7,18	4,15	6,02	8,51

фикации обуславливается техническими ограничениями и находится в пределах 0,3—0,4. Такая зависимость не только снижает эффективность теплофикации, но и существенно увеличивает мощность пиковых источников теплоснабжения.

Таким образом, переход на независимые высокотемпературные системы теплоснабжения ставит перед исследователями и энергомашиностроителями задачу разработки нового профиля теплофикационной турбины мощностью 300—500 МВт с трех-, четырехступенчатым подогревом сетевой воды. Следует учитывать и то обстоятельство, что ужесточение требований к охране окружающей среды требует значительного удаления источника теплоснабжения от потребителей (на расстояние 8—15 км). Причем при сооружении ТЭЦ с мощностью, равной 1000—2000 МВт и более, конкурентным становится однопутный транспорт тепла от источника к потребителям, нагрев воды за счет отбора турбин при этом составляет 100—150°С. Это требует применения 3-х—5-ти ступеней подогрева. Как показывают исследования, наиболее приспособленной и экономичной для таких систем является теплофикационная турбина с независимыми потоками пара, предложенная кафедрой "Тепловые электрические станции" БПИ [3,4]. Отличительной особенностью турбины с независимыми потоками пара является конструктивное выполнение отборов в виде отсеков. Это устраняет влияние режимных и конструктивных факторов на оптимальный подогрев сетевой воды по ступеням и обеспечивает максимальную выработку электроэнергии на тепловом потреблении. Давление же пара перед отсеками (в точке разделения потоков) принимается таким, чтобы изменения тепловой нагрузки турбины и давлений пара в отборах (в течение отопительного сезона) практически не вызывали перераспределения расходов пара по ступеням.

Такая турбина оказывается более простой в смысле конструктивного выполнения и организации отопительных отборов и в то же время ее экономичность на 3—4% выше по сравнению с турбинами, у которых отопительные отбор: выполняются из одного потока пара.

Л и т е р а т у р а

1. Соколов Е.Я. и др. Современный уровень советской теплофикации и основные пути ее дальнейшего развития. — "Теплоэнергетика", 1967, № 2. 2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М., 1975. 3. Яковлев Б.В. Теплофикационная

турбина с отборами для ступенчатого подогрева сетевой воды. Авт. свид. № 250161. — "Бюлл. изобрет.", 1969, № 26. 4.
Леонков А.М., Яковлев Б.В. Возможности повышения эффективности использования и совершенствования теплофикационных турбоустановок с отопительными отборами пара. — "Изв. ВУЗов СССР. Энергетика", 1970, № 12.

В.А. Золотарева, Л.Н. Коршаков, Н.С. Зорин
В.Ф. Хромченков, Б.М. Дутлов

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ БЛОКОВ 300 МВт

Снижение температурного напора в подогревателях — основное направление повышения эффективности регенеративного подогрева питательной воды. Применительно к блокам мощностью 300 МВт это имеет особое значение для подогревателей низкого давления, которые по ряду причин работают с температурным напором в 2—3 раза выше расчетного. Большое значение имеет также повышение экономичности и надежности блоков за счет снижения выноса меди из регенеративных подогревателей.

В данной статье приводятся некоторые результаты работ, проведенных авторами на Лукомльской ГРЭС для достижения указанных целей.

Одним из недостатков работы ПНД-1 турбины К-300-240 является большое падение давления пара на направляющих перегородках. Замер перепада давления по высоте корпуса подогревателя показал, что сопротивление его составляет 42—45 мм рт. ст., а это приводит к снижению на 8—10⁰С температуры насыщения греющего пара в межтрубном пространстве, что является основной причиной недогрева конденсата в подогревателе. Кроме того, наличие больших кольцевых зазоров между корпусом и направляющими перегородками приводит к значительному перетoku пара в зону кольцевого отсоса воздуха и перегружает его.

Для уменьшения сопротивления трубного пучка в ПНД-1 на Лукомльской ГРЭС демонтирован паротбойный щиток и срезаны (за исключением нижней) направляющие перегородки, свободные от навивки трубок. Выполнен дополнительный кольцевой подвод пара в зону первого и четвертого ходов конденсата, т.е.