УДК 621.311.22

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ТРУБНОГО ПУЧКА СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ Аверьянова А.А., Абасев Ю.В.** Казанский государственный энергетический университет annaannaaver@gmail.com

Сетевые подогреватели (СП) тепловых электрических станций предназначены для отпуска тепловой энергии в теплосеть – с теплоносителем в виде горячей воды, направляемой на отопление и горячее водоснабжение внешних потребителей. Подогрев обратной сетевой воды происходит за счет теплоты отборного пара турбины.

По конструкции сетевые подогреватели разделяют на вертикального и горизонтального типа. Оба типа имеют патрубки подвода пара из турбины, трубного пучка, заключенного в трубную доску, систему отвода неконденсирующихся газов. Отличие заключается в компактности горизонтальных подогревателей и расположения их вблизи турбины, что сокращает потери в трубопроводах и арматуре. Теплообменная поверхность СП изготавливается из латуни, имеющей высокую теплопроводность и сравнительно небольшую скорость коррозии и являющейся технологичным конструкционным материалом. В СП применяют только прямые трубки, в отличии от регенеративных подогревателей низкого давления, где устанавливают U-образные, что объясняется упрощенной чисткой трубной системы с водяной стороны, поскольку качество сетевой воды зачастую не соответствует требованиям и происходит интенсивное загрязнение внутренней поверхности нагрева.

Основной проблемой, которая возникает вследствие неправильной эксплуатации или же из-за недостатков проектирования, является недогрев (температурный напор), превышающий заводские (паспортные) значения. Главными причинами недогрева считают наличие коррозионных отложений на внутренней стороне трубок и наличие воздуха и неконденсирующихся газов в межтрубном пространстве подогревателя, существенно ухудшающих теплоотдачу от пара к воде. Присутствие этих газов в подогревателе объясняется неудовлетворительным отсосом паровоздушной смеси и повышенными присосами воздуха в теплообменниках, работающих под разряжением [1]. Также фактором повышенного температурного напора является уменьшение рабочей площади поверхности нагрева из-за заглушения части трубок или затопления поверхности при повышении уровня дренажа отборного пара турбины. Перечисленные проблемы снижают теплопередачу, тепловую эффективность СП, экономичность работы турбоустановки.

Известны несколько способов увеличения теплоотдачи от пара к воде путем модернизации трубок. Специалистами УрФУ и НПО «ЦКТИ» была проведена работа по внедрению профильно-витых трубок и анализа данных их работы. Во время капитального ремонта подогревателя ПСВ 500-14-23 была осуществлена замена гладких труб на профильно-витые [2]. Глубина канавок на поверхности латунных труб диаметром 19 мм и толщиной стенки 1 мм составила 0,8-1,2 мм с шагом 8-12 мм. В ходе проведенных испытаний, было выявлено, что произошло снижение температурного напора и увеличение теплопередачи в два раза, что подтвердило перспективность данного метода для улучшения технико-экономических показателей.

В [3] предлагают применять в сетевом подогревателе гидрофобные трубки. При помощи воздействия фемптосекундного лазера, а именно мощного лазерного излучения высокой частоты, достигается эффект «гравировки» внешней поверхности теплообмена. Придание гидрофобных свойств наружной поверхности трубок позволяет перейти от пленочной конденсации к капельной. Теплопередача от пара к воде увеличится за счет отсутствия термического сопротивления пограничного слоя жидкости, образующегося на внешней стороне трубки при пленочной конденсации. Проведенные расчеты показывают, что происходит увеличение коэффициента теплопередачи и, соответственно, уменьшение площади поверхности нагрева, что позволит делать подогреватели более компактными при неизменной тепловой нагрузки. Так, для ПСГ-2300-2-8-I необходимая площадь поверхности нагрева снижается с 2300 м2 до 1051 м2, то есть в 2,2 раза. Данная технология позволяет увеличить тепловую эффективность СП, делать их менее металлоемкими и повысить их экономичность.

Как отмечалось раннее, для эффективной работы СП недогрев (разница между температурой насыщения и температурой воды на выходе из подогревателя) не должен превышать расчетного значения. Для определения недогрева проводят гидравлические и тепловые испытания, где повышение гидравлического сопротивления и снижение тепловой нагрузки будут свидетельствовать о наличии отложений (накипи) на внутренней поверхности нагрева [4].

Основным методом очистки от отложений в течении длительного времени был химический, позволяющий без вскрытия теплообменного оборудования при помощи различного рода реагентов промыть трубную систему СП. Недостатком такого метода является значительный расход дорогостоящих реагентов и необходимость нейтрализации и утилизации сточных вод после очистки.

Согласно [5], рекомендованы следующие виды промывки – высоконапорный гидравлический, гидрокавитационный, термоабразивный, гидромеханический, электрогидроимпульсный, ультразвуковой. При выборе очистки стоит учитывать конструкцию теплообменника, его расположение, материал трубок, состав отложений, коррозионное состояние трубок теплообменника.

Для СП с латунными трубками от 16 до 25 мм и отложениями до 3 мм распространен высоконапорный гидравлический метод. В основе него положен принцип превращения энергии высокого давления воды, подаваемой в трубку через специальное сопло, в кинетическую энергию потока, двигающегося с высокой скоростью на выходе из сопла, постепенно передвигаемого в очищаемой трубке. В результате поток отрывает отложения от внутренней поверхности трубки. Установки такого типа должны эксплуатироваться при рабочем давлении перед соплом 63 МПа, которое создается плунжерным насосом. Снижение давления ниже 63 МПа приводит к ухудшению качества очистки трубок с твердыми карбонатными отложениями.

Известен способ шариковой очистки трубок подогревателей [6], при котором эластичные шарики из губчатой резины пропускают через трубки теплообменника. Шарики до ввода в СП насыщают ингибитором, используя способность удержания жидкости пористым телом (эффект губки). Такие предварительно насыщенные ингибитором пористые шарики благодаря своим очищающим свойствам в сочетании со способностью удерживать ингибитор не только очищают внутреннюю поверхность трубок, но и непрерывно покрывают ее тонким слоем защитной пленки.

Таким образом, можно сделать вывод, что повышение коэффициента теплопередачи и тепловой эффективности возможно за счет модернизации трубной системы. Промывка трубок позволит очистить их от карбонатных, железистых, илистых отложений, что позволит снизить недогрев, повысить экономичность сетевого подогревателя и турбоустановки в целом.

**Список использованных источников**

1. Типовая инструкция по эксплуатации установок подогрева сетевой воды на ТЭС и КЭС: РД 34.40.503-94: утв. РАО ЕЭС России 23.12.1994. – М: 1996. – 67 с.

2. Сафонов Л.П., Пермяков В.А., Ратнер Ф.3., Бродов Ю.М. Внедрение профильных труб в теплообменные аппараты паровых турбин // Энергомашиностроение. 1987. № 7.

3. А.С. Устинов, В.Е. Кузнецов. Применение гидрофобных трубок трубного пучка подогревателя сетевой воды ПСГ-2300-2-8-I на примере Петрозаводской ТЭЦ ТГК-1 // Вестник MAX, №1, 2020, с. 41-45.

4. Методические указания по испытанию сетевых подогревателей. МУ-34-70-001-82. -М, СПО «Союзтехэнерго», 1982.

5. Методические указания по безреагентным способам очистки теплообменного оборудования от отложений. РД 153-34.1-37.410-00. –М., АООТ «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт», 2000.

6. Патент РФ №2058008, 10.04.1996. Система шариковой очистки конденсатора паровой турбины. Патентообладатели: Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт.