

## СЕКЦИЯ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.311.22

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
ТРУБНОГО ПУЧКА СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ  
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ****А.А. Аверьянова,**

студент 1 курса магистратуры, напр. «Теплоэнергетика и  
теплотехника», проф. спец. «Технология производства электрической  
и тепловой энергии»

**Ю.В. Абасев,**

научный руководитель,  
к.т.н., доц.,  
КГЭУ,  
г. Казань

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные проблемы сетевых подогревателей и причины их возникновения. Затронуты конструктивные особенности и материалы изготовления трубок. Приведены методы повышения эффективности подогревателей путем модернизации их трубного пучка. Также изложены методы очистки трубок от коррозионных отложений, позволяющие снизить значение недогрева. Проанализированы предложенные модернизации и мероприятия по повышению эффективности подогревателей.

**Ключевые слова:** сетевой подогреватель, трубный пучок, латунь, гидрофобные трубки, промывка

Сетевые подогреватели (СП) тепловых электрических станций предназначены для подогрева обратной сетевой воды за счет теплоты отборного пара турбины.

Теплообменная поверхность СП обычно изготавливается из латуни, имеющей высокую теплопроводность и сравнительно небольшую скорость коррозии и являющейся технологичным конструкционным материалом. В СП применяют только прямые трубки, в отличие 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, превышающий заводские 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 [1]. Также фактором повышенного температурного напора является уменьшение рабочей площади поверхности нагрева из-за загромождения 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 [2]. 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 фемтосекундного 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, тем самым повысив теплопередачу. Данная технология позволяет увеличить тепловую эффективность СП, делать их менее металлоемкими и повысить их экономичность.

В качестве материала для изготовления трубок СП применяют также аустенитную нержавеющую сталь, например, сталь 12X18H10T

в ПСГ-5000. Такой материал отличается своей коррозионной стойкостью, но во время эксплуатации (уже после 8000 часов работы) происходит их растрескивание из-за напряжений. Для устранения проблемы автором предлагается увеличить расход воды в режиме консервации, чтобы исключить возможность повышения температуры трубок [4]. Ученые из Японии предлагают использовать аустенитно-ферритную сталь, а также производить крепление трубок в трубных досках при помощи сварки [5].

Как отмечалось ранее, 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 [6].

Основным методом очистки от отложений в течение 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 [7], 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.

Известен способ шариковой очистки трубок подогревателей [8], при котором эластичные шарики из губчатой резины пропускают через трубки теплообменника. 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 литературы

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

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

[4] Василенко Г.В. Обеспечение надежности трубной системы сетевого подогревателя ПСГ-5000. / Г.В. Василенко, И.М. Мещеряков. // Теплоэнергетика. – 2010. № 1. 40-44 с.

[5] Pruning des Korrosionsverhaltens rosbestandiger Wärmeaustauscherrohre für den Kraftwerksbau und Betriebserfahrungen. / H. Sepp et al. // VGB Kraftwerkstechnik. – 1985. № 5. 514-522 p.

[6] Методические указания по испытанию сетевых подогревателей. МУ-34-70-001-82. – М: СПО «Союзтехэнерго», 1982.

[7] 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.

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

© А.А. Аверьянова, 2021