

**Применение видеэндоскопических средств для контроля элементов парогенераторов на АЭС с ВВЭР-1000  
В.А.Серебровский (ОАО «ВНИИАЭС»)**

**Введение**

В процессе эксплуатации парогенераторов на блоках с реакторами ВВЭР на теплопередающей поверхности («трубчатке») скапливаются отложения, а в «карманах» коллекторов и на нижней образующей парогенераторов скапливаются значительные объёмы шлама.

Отложения на стенках теплопередающей поверхности образуются в результате присутствия в питательной воде парогенераторов примесей, которые появляются из-за процессов коррозии, а так же попадают в парогенератор из конденсатно-питательного тракта (с другого оборудования второго контура). Отложения ухудшают теплообмен между 1-ым и 2-м контуром, что ведёт к перегреву трубок и к снижению общего КПД блока. Так же под образующимися отложениями возникает язвенная, питтинговая коррозия металла труб. Фотографии фрагмента теплообменных труб парогенератора и участка трубки, подверженной питтингу, приведены на рисунках 1,2. Отчётливо видны большие скопления отложений в межтрубном пространстве.

В отложениях накапливаются коррозионно-активные примеси (хлориды, сульфаты), вызывающие растрескивание нержавеющей стали 08X18H10T (из данной марки стали состоят теплообменные трубы парогенератора). По химическому составу образующиеся отложения на 70-90% состоят из оксидов железа и меди, а также включают незначительные количества соединений Zn, Ni, Mn, Co, Cr, входящих в состав конструкционных материалов оборудования конденсатно-питательного тракта, и примесей, поступающих с присосами охлаждающей воды в конденсаторах турбин: Ca, Mg, Si и др.

Наличие соединений меди в отложениях усиливает действие коррозионно-активных ионных примесей под отложениями и способствует образованию трещин вплоть до сквозного повреждения металла труб. Поэтому удаление отложений меди является одной из основных задач химической промывки [1].

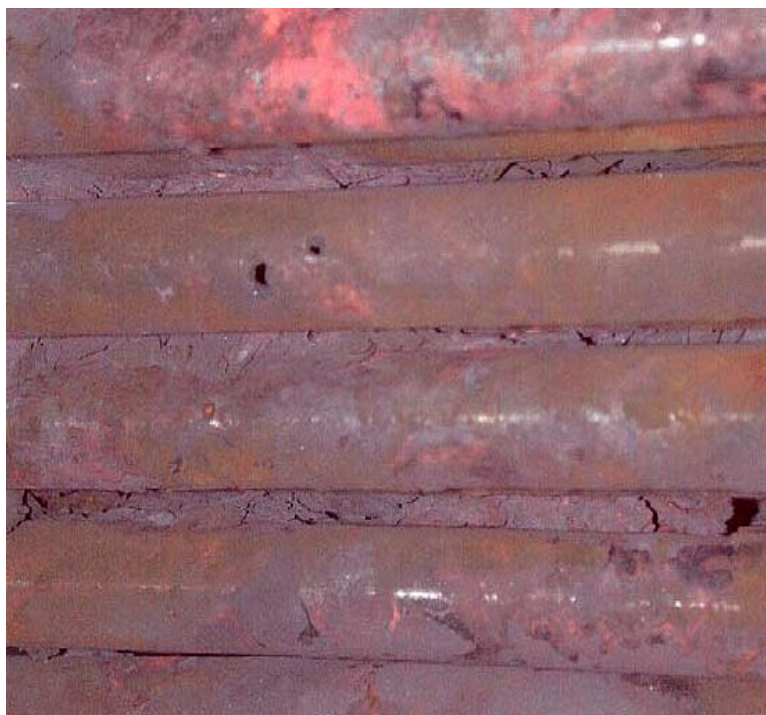


Рис.1 Отложения в межтрубном пространстве теплопередающей поверхности



Рис.2 Питтинг на поверхности теплообменных трубок

По мере роста количества отложений на поверхности теплообменных труб, они могут отслаиваться и накапливаться на нижней образующей парогенератора. Количество отложений на нижней образующей парогенератора может быть таким, что заполнит межтрубное пространство нижних рядов труб.

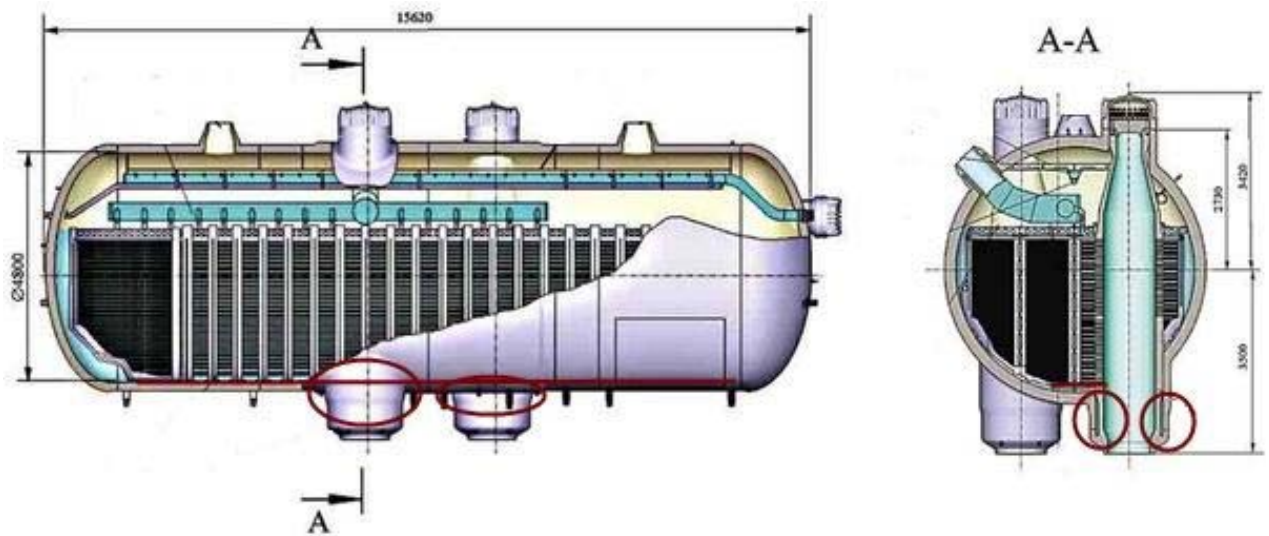


Рис.3 Продольный и поперечный разрез парогенератора. Красным указаны зоны скопления шлама.

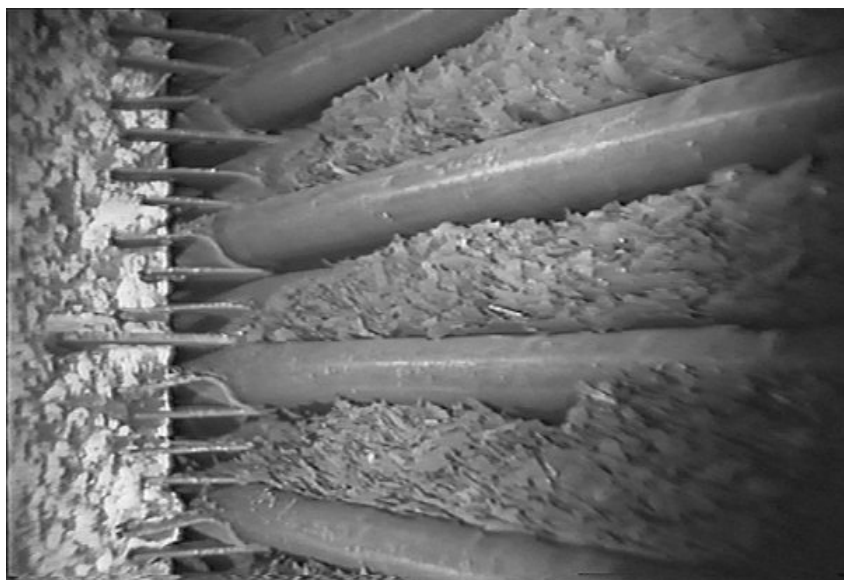


Рис.4 Залежи шлама в межтрубном пространстве теплообменных трубок парогенератора

Помимо отложений на теплообменной поверхности труб парогенератора, значительное количество шлама может оседать в «карманах» коллекторов парогенераторов. Чистота карманов – важная составляющая нормальной работы парогенераторов. Под шламом процессы коррозии происходят намного интенсивнее и это может создавать предпосылки для растрескивания металла, в том числе шва приварки главного циркуляционного трубопровода к коллектору парогенератора (шов №111).

#### **Опыт контроля элементов парогенераторов**

В каждом «кармане» предусмотрена продувка через два продувочных коллектора, которые предназначены для выведения шлама. Но как показывает практика эксплуатации парогенераторов, данной продувки недостаточно для обеспечения чистоты «карманов». По этой причине приходится прибегать к химической и/или гидродинамической отмывке «карманов» во время останова блока на ППР. Процедуры отмывки целесообразно проводить по результатам осмотра карманов в случае выявления шлама в карманах парогенератора.



Рис.5 Залежи шлама в «кармане» коллектора парогенератора



Рис.6 Дно «кармана» после отмывки.  
Отсутствие шлама.



Рис.7 Шов приварки главного  
циркуляционного трубопровода к коллектору  
парогенератора (шов №111).

При проведении осмотра для оценки состояния чистоты «карманов» коллекторов ПГ используются видеоэндоскопические методы контроля. При проведении контроля на действующих энергоблоках ОАО «ВНИИАЭС» активно использует гибкие управляемые видеоэндоскопы производства фирм Karl Storz, ViZaar и Olympus.



Гибкий видеоэндоскоп позволяет проникнуть внутрь «кармана» через арматуру продувочного коллектора и передать изображение с камеры, которая присутствует на головной части зонда, на экран. С помощью данных видеоэндоскопов можно получать как цветные фотографии, так и видео достаточно высокого качества. Головная часть зонда снабжена осветителями на сверхъярких светодиодах белого спектра.

Расстояние от входа в арматуру до «кармана», как правило, колеблется в районе от 1.5 до 4 метра. Длина гибкого зонда позволяет пройти это расстояние.

ОАО «ВНИИАЭС» активно участвовало в осмотре «карманов» коллекторов парогенераторов на 3-х блоках Калининской и на 1-ом блоке Ростовской АЭС.

### **Заключение**

Отложения и шлам могут способствовать образованию новых дефектов и развитию уже существующих. Поэтому своевременная очистка теплообменных трубок и «карманов» коллекторов парогенераторов снижает риски, связанные с повреждением оборудования и способствует повышению общего КПД станции.

Важность мероприятий по осмотру парогенераторов на предмет шлама и коррозионных отложений заключается в том, что мы можем отслеживать состояние теплообменных трубок и «карманов» коллекторов. Эти действия позволяют оценить степень загрязнения тех или иных зон. По результатам осмотра назначается отмывка «карманов» коллекторов, а также нижней образующей парогенератора. Для осмотра ОАО «ВНИИАЭС» использует видеоэндоскопический контроль. Вышеперечисленные видеоэндоскопы хорошо себя зарекомендовали на блоках Калининской и Ростовской АЭС

Список использованной литературы:

1. Реализация модернизированной технологии при химической промывке парогенераторов энергоблока №2 Армянской АЭС в период ППР-2008. Г.П. Кузнецова. Сборник трудов конференции молодых специалистов ОКБ «Гидропресс» 2009г.