

УДК 621.311.25

ШАРИКООЧИСТКА ТРУБОК КОНДЕНСАТОРОВ ТУРБИН

Ботько Е.Н.

Научный руководитель – ассистент Зеленин Д.С.

Способы очистки трубок конденсаторов от загрязнений

Применяемая для охлаждения конденсаторов и других теплообменников поверхностная вода содержит растворенные и нерастворенные вещества, которые выпадают в виде осадка и отложений на внутренней поверхности трубок, что снижает коэффициент теплопередачи теплообменных аппаратов и экономичность блока в целом. К веществам, загрязняющим трубки, относятся взвешенные частицы в воде (песок, грязь, водоросли, различные микроорганизмы, продукты коррозии трубопроводов) и растворенные неорганические соли, которые с повышением температуры воды переходят границу растворимости и откладываются в виде твердых отложений (соли железа, силикаты, карбонаты и сульфаты кальция, магния).

Существуют три способа очистки трубок конденсаторов турбин от загрязнений: термический, химический и механический. Для турбин перегретого пара используется метод термической сушки конденсаторов путем поочередного отключения половин конденсаторов по циркуде и повышением температуры отработавшего пара до 50–60°C. За счет теплоты отработавшего пара отложения подсыхают и отслаиваются от поверхности трубок, а затем смываются водой при быстром заполнении системы. Для турбин блоков с РБМК такой метод неприменим, поскольку в тепловую схему турбоустановки включена конденсатоочистка, ионообменная смола которой не допускает повышения температуры конденсата более 50°C. На всех турбинах АЭС смонтированы установки термической сушки конденсаторов, но они используются не для очистки, а для предотвращения стояночной коррозии трубок конденсаторов со стороны охлаждающей воды при нахождении блока в ремонте. При этом максимально допускаемая температура антикоррозионного покрытия трубных досок КНД оставляет 45°C, поэтому температура воздуха за калорифером не должна превышать этого значения.

Наиболее эффективным способом очистки внутренней поверхности трубок от солевых отложений или накипи следует считать химический способ, который проводится только на остановленной машине. Так на конденсаторах турбин КуАЭС, для охлаждения которых используется вода с высоким содержанием солей железа, смонтирована штатная схема кислотной промывки трубок КНД раствором азотной кислоты с присадкой, предотвращающей окисление сплава МНЖ.

Самый же широко применяемый способ механической непрерывной очистки трубок заключается в непрерывной циркуляции через трубную систему КНД определенного количества резиновых или пористых губчатых шариков. Раньше в системах шарикоочистки КНД использовались отечественные резиновые шарики диаметром 24 мм, то есть на 1 мм меньше внутреннего диаметра трубок. Немецкие шарики из губчатой резины имеют диаметр 26 мм (полировочные шарики типа «L») и они обеспечивают более эффективную очистку внутренней поверхности трубок от отложений. Для удаления твердых отложений предусмотрено также использование в системе шарикоочистки «Taprogge» чистящих шариков типа «Т» со сплошным корундовым покрытием диаметром 25 мм (на АЭС в связи с отсутствием солевых отложений на внутренней поверхности трубок и неудачного опыта применения корундовых шариков, приведшего к массовому повреждению трубок, в систему очистки загружают только полировочные шарики). В потоке циркуляционной воды шарики находятся практически во взвешенном состоянии (плотность замоченных шариков – 1 г/см³), что обеспечивает равномерное их распределение по трубкам. Количество шариков, загружаемых в систему шарикоочистки одного КНД, составляет всего лишь несколько процентов от числа трубок и работа установки считается удовлетворительной при частоте

прохождения 1-2 шариков в секунду по схеме шарикоочистки с использованием водоструйных эжекторов и 6-8 шариков в секунду по схеме шарикоочистки «Tarpogge».

Разновидностью механического способа очистки является гидравлический способ, заключающийся в том, что трубки поочередно промываются сильной струей воды с давлением до нескольких сотен атмосфер. До внедрения шарикоочистки «Tarpogge» конденсаторы турбин АЭС промывались во время ППР с помощью высоконапорной установки HAMMELMAN (Германия), включающей в себя насос с напором до 1000 кг/см^2 и электродвигатель мощностью 154 кВт. Такая промывка может производиться и при работе турбины (как это делается на КуАЭС) с поочередным отключением конденсаторов по циркуводе.

Фильтровальная установка и система шарикоочистки фирмы «Tarpogge»

Установка шариковой очистки трубок конденсаторов представляет собой систему нормальной эксплуатации, не влияющей на безопасность АЭС, присоединенную к основному тракту охлаждающей циркуляционной воды. Традиционная схема шарикоочистки предполагает использование в качестве побудителей циркуляции шариков через трубки КНД водоструйных эжекторов с единой системой подачи на них эжектирующей воды. Схема шарикоочистки «Tarpogge» (по имени разработчика Йозефа Тапрогге) полностью независима для каждого КНД и включает в себя (рисунок 1):

- центробежный насос (НСШО), со специально сконструированным рабочим колесом, обеспечивающим шадящую транспортировку чистящих шариков, не вызывая их повреждения;

- фильтр предварительной очистки (ФПО), установленный в напорном циркуводе и шарикоулавливающее устройство (ШУ) в сливном циркуводе, для которых предусмотрена автоматическая промывка по достижению определенного перепада давлений на них;

- шлюз для шариков (ШШ), предназначенный для загрузки, улавливания и удаления шариков из системы;

- трубопроводы возврата шариков с ШУ и ввода их в напорный циркувод.

Фильтр предварительной очистки Ду 1800 смонтирован в напорном циркуводе до узла ввода шариков и выполнен в виде двенадцати вогнутых перфорированных сегментов с отверстиями диаметром 5 мм. Со стороны грязной воды перед фильтром установлен ротор обратной промывки, который прилегает к фильтрующей вставке и образует купол, имеющий размеры одной секции фильтра. При увеличении перепада давлений на фильтре до 140 мбар или 200 мбар ($0,14 \text{ кг/см}^2$ или $0,2 \text{ кг/см}^2$) открывается мембранный клапан на трубопроводе Ду 250, соединяющий ротор обратной промывки со сливным циркуводом и включается привод вращения ротора. Под действием разрежения в сливном циркуводе возникает встречное движение воды с расходом около 3 % от общего расхода циркуводы и отводом отслоившихся загрязнений в сливной циркувод. Во время обратной промывки ротор перекрывает каждый сегмент фильтра. В случае заедания или блокирования ротора случайным предметом, прошедшим сетки ВЗС, направление его вращения автоматически изменяется.

По истечении задаваемого программой времени промывки (30 сек при перепаде 140 мбар, 300 сек при перепаде 200 мбар) и снижении перепада давлений ниже уставки 140 мбар привод автоматически отключается и закрывается арматура стоков. Автоматическая промывка фильтра может также включаться блоком времени через каждые 24 часа работы на время 30 сек. Пропускная способность фильтра предварительной очистки составляет 23180 м³/час, максимально допустимый перепад давлений – 600 мбар ($0,6 \text{ кг/см}^2$), частота вращения ротора – 140 об/мин, расход воды обратной промывки – 680 м³/час..

За фильтром предочистки в напорный циркувод с противоположных его сторон

врезаны два трубопровода Ду 80, через которые очищающие шарики с напора НСШО «впрыскиваются» в поток охлаждающей воды. Для достижения равномерного распределения

шариков трубопроводы ввода входят в напорный циркуловод примерно на 0,5 м и срез их направлен навстречу потоку очищенной воды.

Шарикоулавливающее устройство Ду 1800 и длиной 1850 мм состоит из двух полуэллиптических сит с приводом, снабженным механизмом поступательного движения, позволяющим устанавливать сита либо в положение эксплуатации, когда происходит отделение шариков от потока воды, либо промывки, когда сита устанавливаются вдоль потока и промываются охлаждающей водой. Разворот сит из одного положения в другое на

угол 30° может производиться также вручную с помощью маховика, расположенного на приводе. Отвод шариков на всас НСШО с каждого из сит осуществляется по трубопроводу Ду 80 с мембранным клапаном. Перед отводящими патрубками установлено турболизирующее устройство в виде металлического козырька шириной 35 мм по периметру сливного циркуловода, которое исключает залипание и уход шариков из системы. Оба трубопровода возврата шариков перед насосом шарикоочистки объединяются одним трубопроводом Ду 80.

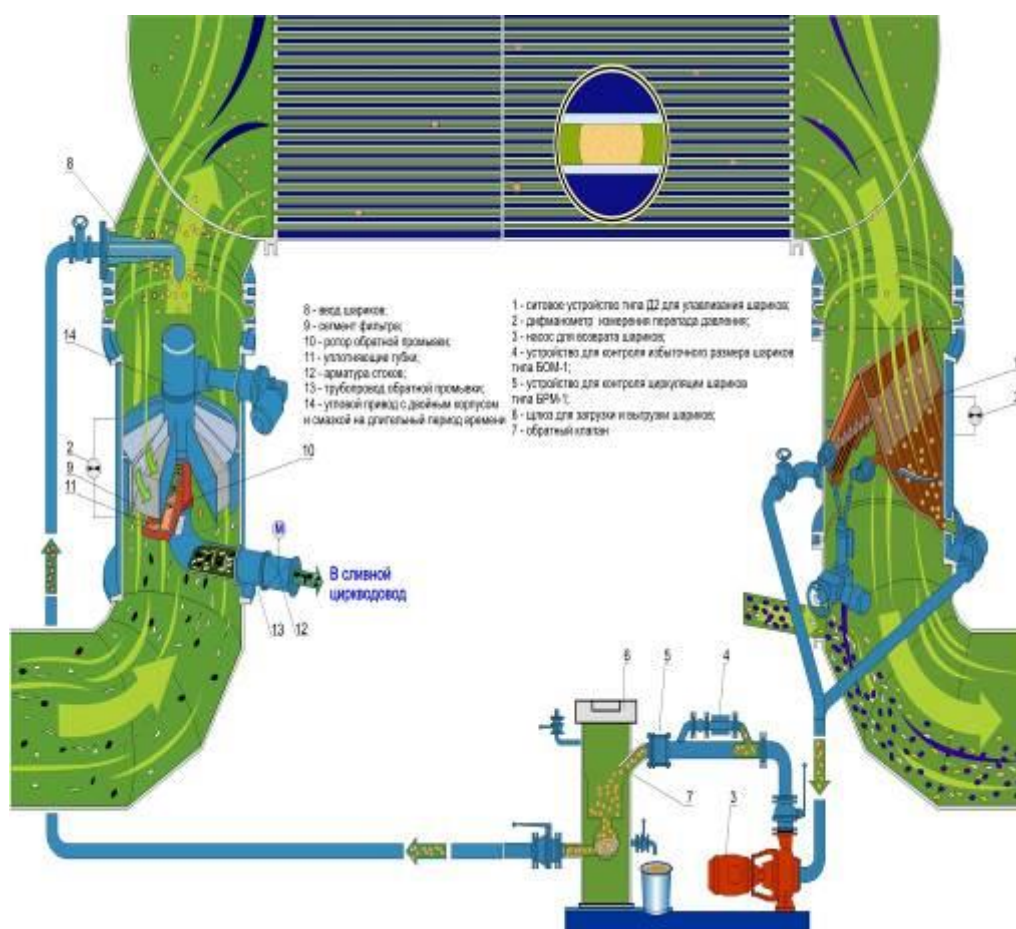


Рисунок 1 – Схема шарикоочистки фирмы «Tarpogge»

Сита, набраны из отдельных пластин с продольными ребрами жесткости при ширине зазора между пластинами 5,2 мм, длине встроенных частей 1955 мм и расстоянием между осями вращения сит – 700 мм. Максимально допустимый перепад давлений на ситах ШУ, при котором возможно их разрушение, также как для фильтра предварительной очистки составляет 600 мбар. Максимально допускаемая сила тяги механизма поступательного движения привода сит – 60000 Н.

Насос системы шариковой очистки – центробежный консольный с рабочим колесом диаметром 209 мм, производительностью 30–45 м³/ч и развиваемым напором 1,3–1,38 кг/см²

при мощности электродвигателя 4 кВт. Безлопастное рабочее колесо насоса изготовлено из углеродистой стали и представляет собой два диска с изогнутыми перегородками, образующими два канала для выхода воды с шариками. Вал уплотняется вращающимся контактным уплотнительным кольцом. Шарикоподшипник снабжен высококачественной смазкой с литиевыми присадками, рассчитанной на 15000 часов работы или на 2 года при нормальных условиях эксплуатации.

Шлюз для загрузки и выгрузки шариков выполнен в виде вертикального цилиндрического сосуда, закрытого сверху крышкой со смотровым стеклом. Снаружи в верхнюю часть корпуса вварены входной патрубок Ду 80 и патрубок Ду 30 под воздушник, в нижнюю часть корпуса – выходной и дренажный патрубки. Для сбора шариков внутри корпуса шлюза установлена перфорированная корзина, соединенная с выходным патрубком через шарикоулавливающий клапан.

В рабочем положении шарикоулавливающий клапан открыт и шарики через выходной патрубок шлюза проходят в напорный циркуловод. В положении улавливания шариков перед промывкой ШУ клапан закрыт и шарики задерживаются в корзине. Приводится в действие шарикоулавливающий клапан поворотным сервоприводом или маховиком по месту.