

УДК 621.039

ОПЫТ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ПРОЕКТА АЭС-2006 (РУ В-392М)

С.В. Яуров, К.Ф. Галиев, А.В. Боровой, А.С. Вольнов

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция»
396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, Промышленная зона Южная, 1*

Р

Рассмотрены проектные особенности системы продувки и дренажей парогенераторов проекта АЭС-2006 (РУ В-392-М). Проведен комплексный анализ конструктивных особенностей элементов и системы в целом, представлены достоинства и недостатки используемых схемных и проектных решений. Одним из несомненных достоинств технологической схемы является увеличение максимального расхода продувки до 140 т/ч. Вместе с тем выявлены проблемы, связанные с недостаточной проработкой конструктивных элементов.

На основании полученного опыта ввода в эксплуатацию системы предложена измененная технологическая схема продувки и дренажей парогенераторов с применением в ее составе многоходовых клапанов с приводом МЭО (механизм электрический однооборотный исполнительный). Модификация схемы позволяет снизить металлоемкость системы и освободить дополнительное пространство для обслуживания регенеративного теплообменника системы в герметичной оболочке; использовать на парогенераторах восемь многоходовых клапанов вместо 36-ти электромагнитных; снизить затраты на эксплуатацию и ремонт.

Предложены изменения в конструкции регенеративного теплообменника для повышения его эффективности, связанные с установкой в нижней входной (напорной) и верхней выходной камерах кольцевых перегородок. В результате регенеративный теплообменник становится трехходовым по трубному пространству, чем достигается необходимое увеличение скорости потока.

Указанные доработки позволяют повысить эффективность и надежность системы продувки и дренажей парогенераторов при выполнении проектных функций, что приведет к организации водно-химического режима второго контура для минимизации количества отложений на теплообменной поверхности парогенераторов ПГВ-1000МКП.

Ключевые слова: парогенератор, АЭС-2006, продувка, РУ В-392М, эксплуатация, модернизация, регенеративный теплообменник, водно-химический режим.

НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ И ДРЕНАЖЕЙ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ

Система продувки и дренажей парогенераторов (ПГ) по второму контуру предназначена для поддержания водно-химического режима второго контура [1].

Система обеспечивает вывод из ПГ растворенных примесей через солевой отсек (по

© С.В. Яуров, К.Ф. Галиев, А.В. Боровой, А.С. Вольнов, 2017

стоянная продувка) и шлама из нижних точек корпуса и карманов коллекторов второго контура (периодической продувки) с продувочной водой на установку СВО-5 и возврат очищенной воды.

Кроме того, система продувки и дренажей ПГ выполняет следующие функции [2, 3]:

- дренирование полностью заполненного парогенератора по второму контуру через трубопроводы продувки и дренажные трубопроводы расходом не менее 20 т/ч при давлении 0,098 МПа и температуре продувочной (котловой) воды 20 – 85 °С;
- проведение гидравлических испытаний парогенераторов по второму контуру (используется часть дренажных трубопроводов и трубопроводов продувки);
- вывод растворенных отложений и шлама с промывочным раствором из каждого парогенератора после проведения химической промывки через трубопроводы продувки и дренажные трубопроводы системы.

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ПГ НА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС (ПРОЕКТ АЭС-2006, РУ В-392М). ОТЛИЧИЯ ОТ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ВВЭР-1000 (РУ В-320)

Замкнутая система продувки ПГ на высокое давление является новой системой, не имеющей аналогов на действующих АЭС России [1, 3, 4].

Скорость движения среды в новой системе продувки ПГ выше по отношению к традиционной за счет увеличения расхода продувки до 140 т/ч (в традиционной не более 50 т/ч).

Отказ от традиционной системы продувки ПГ вне гермообъема обусловлен увеличением расхода продувки до 140 т/ч по требованию разработчика оборудования и многолетним опытом эксплуатации ПГ на действующих АЭС.

Основным материалом для оборудования, трубопроводов и арматуры в системе служит нержавеющая сталь аустенитного класса. Медьсодержащие сплавы отсутствуют.

Конструкция парогенератора в части продувки не претерпела значительных изменений по сравнению с последними блоками ВВЭР-1000. Изменились схема продувки, состав, конструкция и расположение оборудования. В классической схеме продувочная вода от каждого парогенератора по двум трубопроводам выводится за пределы контейнента, объединяется в два коллектора (постоянной и периодической продувки) и попадает в расширитель продувки, в котором поддерживается давление 0,8 МПа. Снижение давления и регулирование расхода осуществляются запорно-регулирующими клапанами (ЗРК). Выпар деаэратора и очищенная вода после СВО-5 сбрасываются в деаэратор машинного зала [6, 7, 10].

В проекте АЭС-2006 (РУ В-392М) расширитель продувки исключен.

Технологическая схема системы продувки и дренажей ПГ, примененная в проекте АЭС-2006 на Нововоронежской АЭС [5], представлена на рис. 1.

В состав системы продувки и дренажей второго контура ПГ блока № 1 Нововоронежской АЭС-2 входят следующие элементы:

- три насоса продувочной воды парогенераторов для возврата очищенной продувочной воды после очистки на СВО-5 в ПГ через систему трубопроводов основной питательной воды;
- регенеративный теплообменник (РТО) продувки парогенераторов для первоначального охлаждения продувочной воды, поступающей на СВО-5 и последующего нагрева очищенной продувочной воды после СВО-5 в различных режимах эксплуатации блока (при пуске, при работе блока на мощности и расхолаживании блока);
- теплообменник доохлаждения продувки и охлаждения дренажей парогенераторов для доохлаждения продувочной воды ПГ, поступающей на СВО-5, при работе блока на мощности, расхолаживании и пуске (на остановленном блоке теплообменник используется для охлаждения дренируемых из парогенераторов сред, включая охлаждение среды при проведении гидроиспытаний ПГ по второму контуру); в качестве РТО и доохладителя

- продувки применены вертикальные спирально-навитые теплообменники $\varnothing 1200$ мм;
- бак слива воды из парогенераторов;
 - насос бака слива воды из парогенераторов для перекачивания продувочной (котловой) воды, промывочного раствора;
 - трубопроводы и арматура.

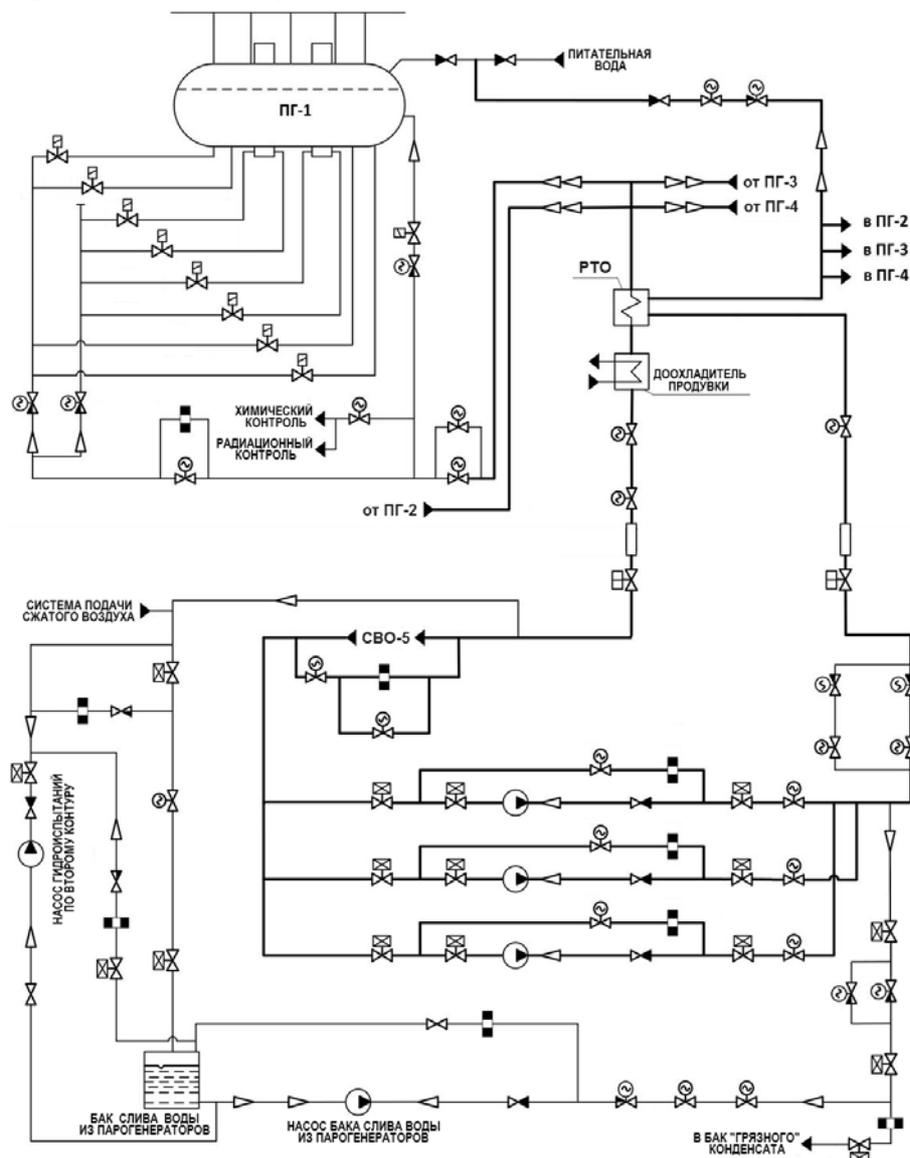


Рис.1. Технологическая схема системы продувки и дренажей ПГ, примененная в проекте АЭС-2006

Значительно изменился алгоритм продувки [3]. Продолжительность периодической продувки каждого парогенератора увеличилась с двух до шести часов в сутки, т.е. постоянно один из четырех ПГ находится в режиме периодической продувки.

Продувочная вода проходит РТО, доохладитель и направляется на СВО-5, оставаясь под давлением второго контура, после чего насосами закачивается в трубопроводы питательной воды между обратными клапанами. Все оборудование системы продувки и дренажей ПГ, за исключением насосов и фильтров СВО-5, большая часть трубопроводов и арматуры расположены внутри контейнента; другая часть

с низкотемпературной средой – в пределах вспомогательного реакторного здания. Основной расход непрерывной продувки организован из «солевого» отсека ПГ, размещенного на «холодном» днище корпуса.

Периодическая продувка парогенераторов организована как из «солевого» отсека (из патрубка Ду 50), так и из нижних точек ПГ (от каждого патрубка Ду 50 и от каждого штуцера Ду 32). Периодическая продувка осуществляется поочередно с каждого парогенератора в соответствии с регламентом продувки ПГ.

От патрубков Ду 50 на нижней образующей корпуса ПГ предусмотрены трубопроводы Ду 50, объединяющиеся в коллектор продувки корпуса Ду 50. От штуцеров Ду 32 «карманов» коллекторов теплоносителя предусмотрены трубопроводы Ду 32, объединяющиеся в коллектор продувки «карманов» Ду 50.

Коллектор продувки «карманов» Ду 50 и коллектор продувки Ду 50 из нижней образующей корпуса объединены в общий коллектор Ду 80, в который врезан трубопровод продувки из «солевого» отсека ПГ.

Общие коллекторы продувки Ду 80 каждого ПГ объединяются в общий коллектор продувки Ду 150 всех ПГ.

Объединенный трубопровод продувки Ду 150 и трубопровод возврата очищенной продувочной воды парогенераторов Ду 150 проходят через герметичную оболочку, наружную защитную оболочку (наружный контейнмент).

Для проведения эксплуатационного контроля водно-химического режима второго контура в системе продувки предусмотрены отборы проб продувочной воды из «солевого» отсека ПГ и из коллектора продувки нижней образующей корпуса ПГ.

Для проведения радиационного контроля в системе также предусмотрены отборы проб продувочной воды из «солевого» отсека ПГ.

За пределами герметичной оболочки продувочная вода парогенераторов подается в систему очистки продувочной воды ПГ (СВ0-5), после которой очищенная вода одним из насосов продувочной воды парогенераторов подается через регенеративный теплообменник продувки парогенераторов в трубопроводы подачи питательной воды каждого ПГ.

Во время дренирования ПГ продувочная (котловая) вода подается по трубопроводам продувки и общему дренажному трубопроводу Ду 100 в бак слива воды из парогенераторов, из которого поступает на всас насоса бака слива воды из парогенераторов и далее в бак «грязного» конденсата системы обессоленной воды машинного зала.

ДОСТОИНСТВА СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ПГ ПРОЕКТА АЭС-2006 (РУ В-392М)

Основной заявленной целью и важнейшим достоинством проектной схемы является увеличение максимального расхода продувки до 140 т/ч.

К достоинствам новой схемы продувки можно также отнести компактное расположение оборудования (рис. 2), что привело к значительному сокращению протяженности трубопроводов. Количество проходок в герметичном ограждении также уменьшилось с девяти до двух. Вместе с исключением из схемы расширителя продувки эти решения существенно снизили металлоемкость системы.

За счет установки дополнительной запорной арматуры периодическая продувка и контроль расхода для каждого трубопровода Ду 32 из карманов коллекторов проводятся индивидуально, что снижает риск образования отложений внутри трубопроводов и, как следствие, нарушения продувки карманов.

Кроме того, если по показаниям датчиков температуры и расхода все же будет определено «зарастание» трубопровода шламом, имеется возможность его продувки обратным током с напора насосов продувки.

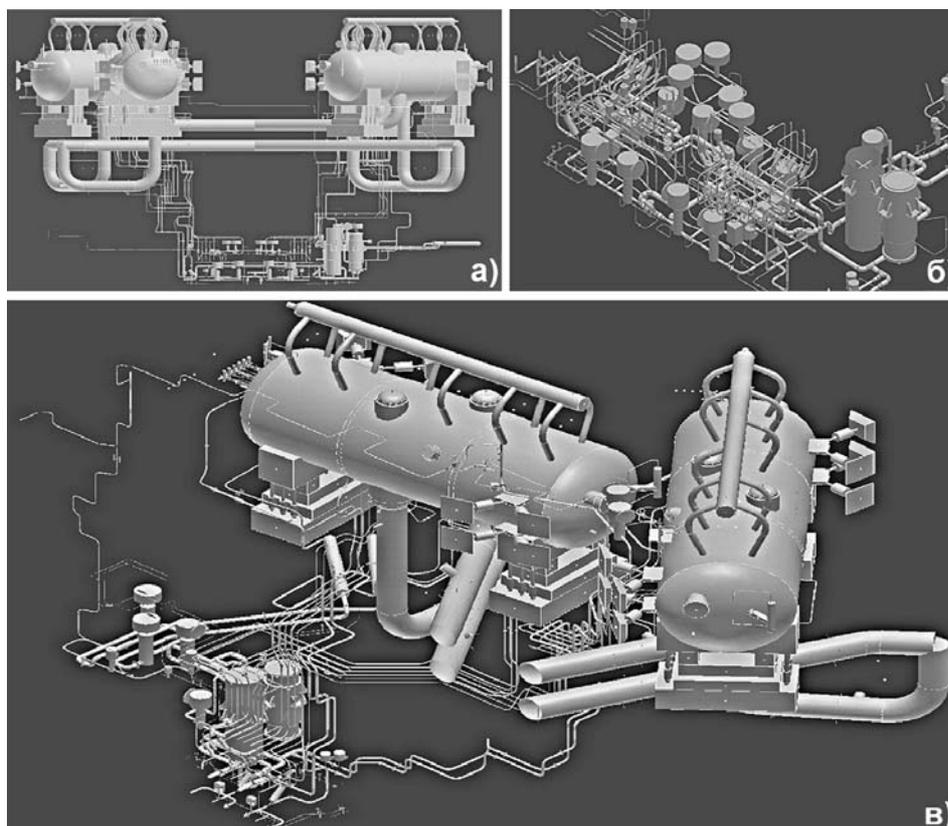


Рис. 2. 3D-модель системы продувки и дренажей ПГ: 1 – парогенератор № 3; 2 – парогенератор № 4; 3 – регенеративный теплообменник продувки; 4 – доохладитель продувки; 5 – арматура системы продувки и дренажей. а) – общий вид компоновки системы в гермообъеме совместно с ПГ; б) – трассировка трубопроводов системы в гермообъеме; в) – ПГ-3,4, РТО, доохладитель продувки, трубопроводы системы

НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ПГ ПРОЕКТА АЭС-2006 (РУ В-392М), ВЫЯВЛЕННЫЕ В ПРОЦЕССЕ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ БЛОКА № 1 НВАЭС-2

Необходимость применения трубопроводов, арматуры, теплообменников и корпусов насосов высокого давления значительно повышает стоимость при изготовлении и в некоторой степени нивелирует эффект снижения металлоемкости.

Компактное размещение оборудования внутри контейнента (см. рис. 2) оборачивается сложностью эксплуатации и низкой ремонтпригодностью в крайне стесненных условиях, затрудненным доступом к оборудованию, отсутствием свободного места для размещения деталей при разборке (крышек РТО, доохладителя продувки, выемных частей арматур и т.п.). В непосредственной близости от оборудования системы продувки ПГ находится оборудование и трубопроводы первого контура. В результате при работе блока на мощности даже технологически допустимый ремонт оборудования практически невозможен. На остановленном блоке возрастает продолжительность и трудоемкость ремонта, увеличиваются дозовые нагрузки на персонал.

Неудачным оказался выбор запорной арматуры для осуществления алгоритма периодической продувки. Электромагнитные клапаны (ЭМК) были применены по причине меньших по сравнению с электроприводной арматурой габаритов. Уже на этапе опытно-промышленной эксплуатации они показали низкую надежность [8]. Установленной причиной отказа является недостатки конструкции электромагнитных клапанов.

После проведения этапа ХГО (холодно-горячая обкатка) выявлена низкая эффективность РТО [9]. Ревизия РТО со стороны трубного пространства показала скопление шлама в верхней (выходной) камере и непроходимость периферийных теплообменных трубок (ТОТ). При снижении скорости потока на выходе из ТОТ в верхней камере РТО образуется вихревой поток, в результате чего шлам и нерастворенные примеси оседают сначала в верхней камере, накапливаясь затем внутри трубок РТО, сокращая площадь теплообменной поверхности трубного пространства (рис. 3).

Проведенная очистка трубного пространства РТО не привела к существенному улучшению работы теплообменника и достижению заявленных характеристик (проектные температуры на выходе из РТО в ДО – не более 100°С, проектная температура на выходе из РТО в ПГ – от 237 до 251°С).

Наиболее вероятной причиной неэффективности РТО является низкая скорость потока теплоносителя (0,63 и 0,34 м/с соответственно при проектном значении расхода 140 т/ч) в трубном и межтрубном пространстве РТО Ø 1200 мм. Для сравнения РТО ВВЭР-1000 состоит из двух секций Ø 300 мм и, соответственно, скорость потока примерно в восемь раз выше.

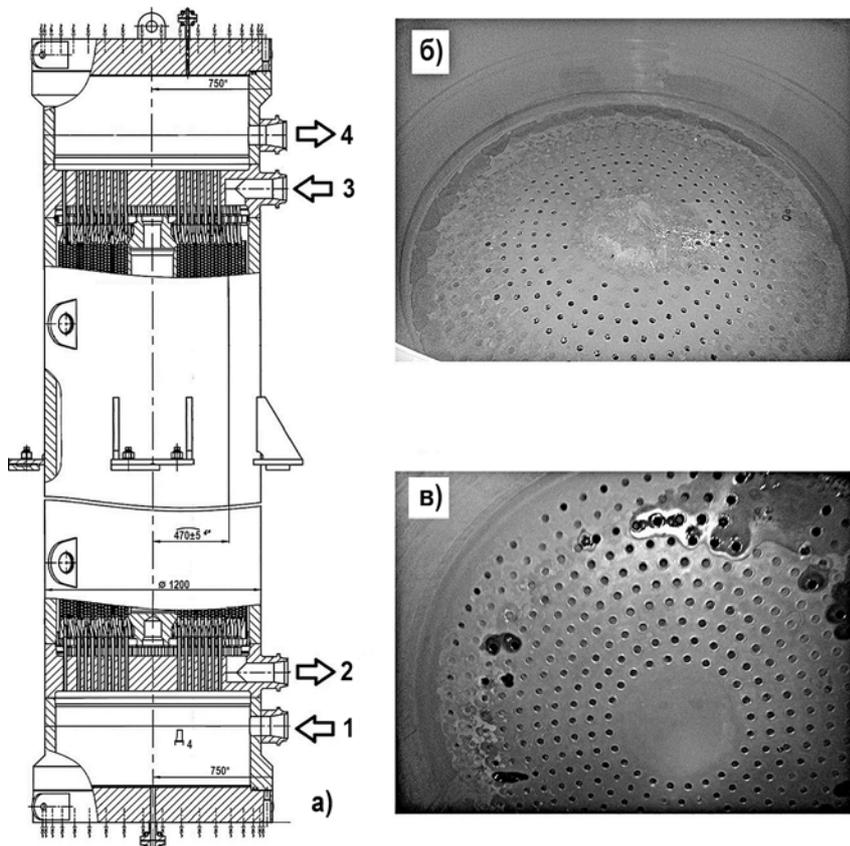


Рис. 3. а) – конструкция регенеративного теплообменника системы продувки и дренажей ПГ: 1 – подача охлаждаемого теплоносителя на охлаждение из ПГ; 2 – возврат очищенного и нагретого теплоносителя в парогенератор; 3 – подача очищенного теплоносителя от СВ0-5 на нагрев; 4 – подача охлажденного теплоносителя из парогенератора в доохладитель продувки; б) – состояние теплообменных трубок в выходной (верхней) камере РТО; в) – состояние теплообменных трубок в напорной (нижней) камере РТО

В РТО охлаждаемая среда (из парогенераторов) подается снизу вверх по трубному пространству, т.е. направления вынужденного и свободного (конвекционного) движения среды противоположны. При низких скоростях потока теплоносителя это оказыва-

ет существенное негативное влияние на эффективность РТО; при скоростях теплоносителя, традиционно используемых в расчетах конструкции ТО (2 – 4 м/с), вклад данного негативного эффекта незначителен и, как правило, не учитывается.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ И ДРЕНАЖЕЙ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ПРОЕКТА АЭС-2006 (РУ В-392М)

Выявленные недостатки могут привести к внеплановым остановам блока, увеличению продолжительности ремонта и, в крайнем случае, к повреждению парогенератора.

Для предотвращения указанных негативных последствий предлагается следующее.

1. Отказаться от применения в составе системы продувки ПГ электромагнитных клапанов. Взамен можно использовать многоходовые клапаны с приводом МЭО (механизм электрический однооборотный исполнительный). Каждый такой клапан заменяет четыре ЭМК. Принцип работы клапана представлен на рис. 4, технологическая схема, имеющая в своем составе многоходовой клапан, представлена на рис. 5.

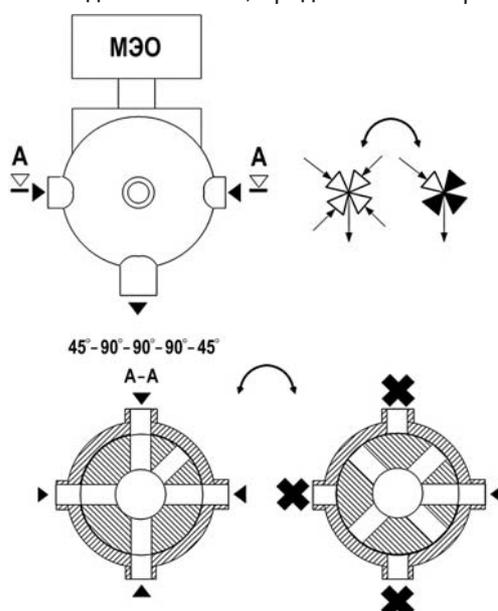


Рис. 4. Эскиз многоходового клапана с приводом МЭО

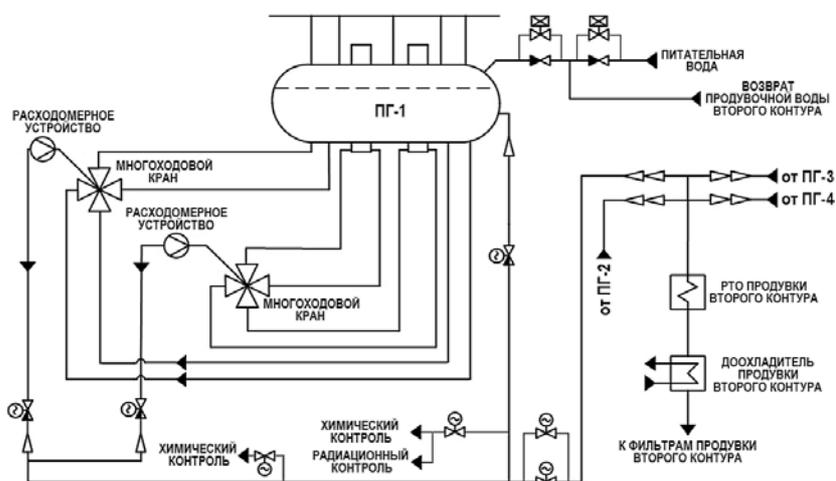


Рис. 5. Технологическая схема системы продувки и дренажей парогенераторов

- Положительный эффект от применения многоходовых клапанов:
- снизится металлоемкость системы, освободится дополнительное пространство для обслуживания РТО системы в герметичной оболочке;
 - вместо девяти электромагнитных клапанов на каждый парогенератор (всего 36) будет применено два многоходовых клапана на каждый парогенератор (всего восемь);
 - снизятся затраты на эксплуатацию и ремонт.
2. Провести реконструкцию РТО с установкой во входной и выходной камерах кольцевых перегородок (рис. 6). В результате РТО становится трехходовым по трубному пространству, чем достигается необходимое увеличение скорости потока.

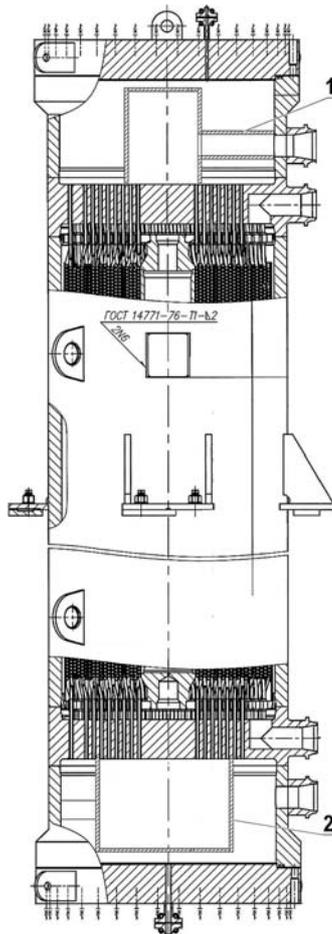


Рис. 6. Предложения по изменению конструкции РТО: 1 - кольцевая перегородка в выходной (верхней) камере РТО; 2 - кольцевая перегородка в напорной (нижней) камере РТО

3. Для блоков, находящихся на стадии проектирования, необходимо предусмотреть перенос РТО и ДО за пределы контейнента. Увеличивающиеся при этом протяженность трубопроводов и металлоемкость будут компенсироваться приемлемыми условиями для ремонта и эксплуатации.

4. При заказе оборудования должны быть пересмотрены исходные технические требования к конструкции теплообменников в части скорости потока сред, а также возможности контроля образования отложений и очистки теплообменных поверхностей механическим или химическим способом, как по трубному, так и по межтрубному пространству. Целесообразно разделить теплообменники системы на две секции, включенные параллельно, что позволит производить ремонт при работе блока на мощности без отключения продувки.

ВЫВОДЫ

Система продувки и дренажей парогенератора проекта АЭС-2006 (РУ В-392М), примененная на Нововоронежской АЭС, имеет ряд достоинств и недостатков по сравнению с системой продувки, используемой в серийных проектах РУ В-320.

Одно из достоинств технологической схемы является увеличение максимального расхода продувки до 140 т/ч.

В качестве основного материала для оборудования, трубопроводов и арматуры в системе принята нержавеющая сталь аустенитного класса, медьсодержащие сплавы отсутствуют, что приводит к пониженным количествам отложений на теплообменных поверхностях парогенераторов.

В ходе проведения пусконаладочных работ системы продувки и дренажей были выявлены проблемы, связанные с недостаточной проработкой конструкции элементов технологической схемы. Такими элементами оказались регенеративный теплообменник (низкая эффективность) продувки [9] и электромагнитные клапаны (низкая надежность) [8].

Предложена измененная технологическая схема продувки и дренажей парогенераторов с применением в ее составе многоходовых кранов с приводом МЭО (механизм электрический однооборотный исполнительный).

Предложено внести изменения в конструкцию регенеративного теплообменника с целью повышения его эффективности.

Указанные доработки позволят повысить эффективность и надежность работы системы продувки и дренажей парогенераторов при выполнении проектных функций, что приведет к организации водно-химического режима второго контура, позволяющего минимизировать количество отложений на теплообменных поверхностях парогенераторов ПГВ-1000МКП.

Литература

1. Отчет по обоснованию безопасности. Нововоронежская АЭС-2. Энергоблок № 1. Глава 6. Паротурбинная установка. – М.: АО «Атомэнергопроект», 2013.
2. Технологический регламент эксплуатации. Парогенератор ПГВ-1000МКП с опорами, АЭС-2006. – Подольск: ФГУП ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2010. – 67 с.
3. Инструкция по эксплуатации системы продувки и дренажей парогенераторов (1 LCQ10-40). – Нововоронеж: Нововоронежская АЭС, 2015. – 151 с.
4. Установка реакторная В-392М. Нормы водно-химического режима второго контура парогенератора. 392М Д14. – Подольск: ФГУП ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2007.
5. Альбом технологических схем РЦ-6 Нововоронежской АЭС. – Нововоронеж: Нововоронежская АЭС, 2016. – 154 с.
6. *Рассохин Н.Г.* Парогенераторные установки атомных электростанций. Учебник для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 384 с.
7. *Маргулова Т.Х.* Атомные электрические станции. Учебник для вузов, 5-е изд. – М.: ИздАТ, 1994. – 288 с.
8. Протокол испытаний электромагнитных клапанов системы LCQ10-40 № 571/2016-РЦ6/06-02 от 21.06.2016 г. – Нововоронеж: Нововоронежская АЭС, 2016. – 4 с.
9. Отчет о результатах испытаний регенеративного теплообменника системы продувки и дренажей парогенераторов (10LCQ10АС001) № 066/2016-РЦ6/06-04 от 06.09.2016. – Нововоронеж: Нововоронежская АЭС, 2016. – 14 с.
10. *Андрюшечко С.А., Афров А.М., Васильев Б.Ю. и др.* АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта. – М.: Логос, 2010. – 604 с.

Поступила в редакцию 26.06.2017 г.

Авторы

Яуров Сергей Васильевич, инженер по организации эксплуатации и ремонту РЦ № 6
E-mail: YaurovSV@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Галиев Камиль Фанисович, инженер по организации эксплуатации и ремонту РЦ № 6
E-mail: GalievKF@nvpp1.rosenergoatom.ru

Боровой Андрей Владимирович, ведущий инженер по эксплуатации РЦ-6
E-mail: BorovoyAV@nvpp1.rosenergoatom.ru

Вольнов Алексей Сергеевич, начальник РЦ № 6
E-mail: VolnovAS@nvpp1.rosenergoatom.ru

UDC 621.039

EXPERIENCE OF COMMISSIONING THE AES-2006 DESIGN (V-392M REACTOR PLANT) STEAM GENERATOR BLOWDOWN SYSTEM

Yaurov S.V., Galiev K.F., Borovoy A.V., Volnov A.S.

Branch of JSC «Concern Rosenergoatom» «Novovoronezh Nuclear Power Plant»
1 Promyshlennaya zona Yuzhnaya, Novovoronezh, Voronezh reg.,
396072, Russia

ABSTRACT

Structural features of the AES-2006 design (V-392M reactor plant) steam generator blowdown and drainage system have been considered. The structural features of components and the system as the whole have been comprehensively analyzed, and the advantages and deficiencies of the circuitry and design solutions used have been shown. An apparent advantage of the system's flowchart is an increase in the maximum blowdown rate to 140 t/h. At the same time, problems have been revealed caused by insufficient elaboration of the structure elements.

Based on the earlier experience of the system commissioning, a modified flowchart has been proposed for the steam generator blowdown and drainage using multi-way valves with a ME0 drive (an electric single-turn actuator) as part of the system. The flowchart modification makes it possible to reduce the specific amount of metals in the system and to have an extra free space for the maintenance of the system's regenerative heat exchanger in a pressurized shell; to use eight multi-way valves for the steam generators instead of 36 electromagnetic valves; and to reduce the operation and repair cost.

Modifications have been proposed to the regenerative heat exchanger design to give it a greater efficiency, including installation of circular partitions in the lower inlet (pressure) and the upper outlet chambers. As the result, the regenerative heat exchanger becomes a three-way heat exchanger on the tube side, leading to the required flow rate increase.

The above improvements will make it possible to improve the efficiency and reliability of the steam generator blowdown and drainage system for the performance of its design functions which will lead to the secondary circuit's water chemistry to be arranged so that to minimize the quantity of deposition on the heat-exchange surface of the PGV-1000MKP steam generators.

Key words: steam generator, AES-2006, blowdown, V-392M reactor plant, operation, upgrading, regenerative heat exchanger, water chemistry.

REFERENCES

1. Safety Assessment Report. Novovoronezh NPP-2 Power unit No. 1. Chapter 6. Steam-turbine plant. Moscow. JSC Atomenergoproect Publ., 2013 (in Russian).

2. Technological Regulation of Operation. Steam generator PGV-1000MKP, AES-2006. Podol'sk. OKB «GIDROPRESS» Publ., 2010, 67 p. (in Russian).
3. Operating Instruction for Scavenging System and Drainages of the Steam Generators (1 LCQ10-40). Novovoronezh. Novovoronezh NPP Publ., 2015, 151 p. (in Russian).
4. Reactor Project V-392M. The Norms of the Water-Chemical Regime of the Second Circuit of the Steam Generator. 392M D14. Podol'sk. OKB «GIDROPRESS» Publ., 2007 (in Russian).
5. Album of Technological Schemes RC-6 of Novovoronezh Nuclear Power Plant. Novovoronezh. Novovoronezh NPP Publ., 2016, 154 p. (in Russian).
6. Rassohin N.G. *Steam Generating Sets of Nuclear Power Plants*. Moscow. Energoatomizdat Publ., 1987. – 384 p. (in Russian).
7. Margulova T.H. *Nuclear Power Plants*. Moscow. IzdAT Publ., 1994. 288 p. (in Russian).
8. Protocol «Solenoid Valves of the System LCQ10-40 Testing. No. 571/2016-ПЦ6/06-02 Novovoronezh NPP». Novovoronezh. Novovoronezh NPP Publ., 2016, 4 p. (in Russian).
9. Report «Test's Results of a Regenerative Heat Exchanger for the Purging and Drainage System of Steam Generators (10LCQ10AC001) No. 066/2016-ПЦ6/06-04, Novovoronezh NPP». Novovoronezh. Novovoronezh NPP Publ., 2016, 14 p. (in Russian).
10. Andrushechko S.A., Afrov A.M., Vasilyev B.Y., Generalov V.N., Kosourov K.V., Semchenkov Yu.M., Ukraintsev V.F. *NPP with VVER-1000 TYPE reactor. From Physical Basics of Exploitation to Evolution Design*. Moscow. Logos Publ., 2010, 604 p. (in Russian).

Authors

Yaurov Sergey Vasilyevich, Engineer

E-mail: YaurovSV@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Galiev Kamil Fanisovich, Engineer

E-mail: GalievKF@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Borovoy Andrey Vladimirovich, Lead Engineer

E-mail: BorovoyAV@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Volnov Aleksey Sergeevich, Head of Department

E-mail: VolnovAS@nvnpp1.rosenergoatom.ru