

УДК 621.187.12

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА II КОНТУРА

Войтенкова Д.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чиж В.А.

Одной из основных задач контроля водно-химического режима является оценка состояния эксплуатируемого теплоэнергетического оборудования в отношении коррозии и образования различного вида отложений, что позволяет судить об эффективности ведения ВХР за предшествующий период.

Для того, чтобы судить о состоянии ВХР на работающем оборудовании, когда возможность «заглянуть внутрь» полностью исключена, остается другой путь наблюдения за протеканием отдельных физико-химических процессов - следить за изменением концентраций тех примесей в рабочей среде, которые могут участвовать в этих процессах.

Химический контроль воды и пара на различных участках контуров ЯЭУ призван характеризовать фактическое состояние водного режима и его соответствие или размеры отклонений от действующих норм.

Для того, чтобы иметь представление о фактическом качестве пара и воды на всех участках контуров ЯЭУ, для которых установлены нормы, необходимо отбирать пробы рабочей среды и систематически выполнять соответствующие анализы. Такой повседневный контроль называют эксплуатационным или текущим химическим контролем [1].

Современная система химико-технологического мониторинга – это интегрированный автоматизированный комплекс, состоящий из следующих технических средств: устройств для отбора проб воды и пара, оборудования, устройств подготовки пробы, приборов автоматического химического контроля (кондуктометров, кондуктометров с предвключенным Н-катионитовым фильтром, рН-метров, анализаторов содержания натрия, анализаторов растворенного кислорода, редокс-метров, анализаторов растворенного водорода, анализаторов кремния), приборов лабораторного химического контроля, приборов теплотехнического контроля, контроллеров, серверов, базового и прикладного программного обеспечения, автоматизированных рабочих мест (АРМ).

Применение систем мониторинга с использованием современных средств контроля показывает, что происходит снижение:

- повреждаемости оборудования и количества аварийных остановов, связанных с ВХР, не менее чем на 50%;
- расхода корректирующих реагентов не менее чем на 30%;
- расхода условного топлива на 0,5%;
- скорости роста отложений на 50%;
- количества нарушений ВХР в 5 – 10 раз [2].

Система химического контроля предназначена для получения оперативной информации о состоянии водно-химического режима контуров ЯЭУ в целях поддержания нормируемых показателей качества теплоносителя и рабочей среды при эксплуатации энергоблока.

Система химического контроля включает:

- систему автоматизированного химического контроля;
- систему лабораторного химического контроля.

Совокупность данных систем АХК, ЛХК и технических параметров средств обеспечения ВХР должна представлять собой информационную модель ВХР контуров ЯЭУ. Сбор, обработку и архивацию данных системы необходимо проводить с использованием современных средств вычислительной техники, устройств связи с объектом контроля, программного обеспечения интерфейса пользователями для работы с базами данных. При этом данные системы АХК должны обрабатываться автоматически с установленной

частотой опроса средств измерения, а данные системы ЛХК должны периодически вноситься в базу данных ВХР.

Содержанием принципиальной схемы химического контроля является следующая информация

- точки отбора проб;
- объем контроля;
- график отбора проб;
- методы анализа отбираемых проб (автоматические и ручные).

Отбор проб из оборудования и систем второго контура осуществляется:

- периодически, для выполнения лабораторного химконтроля;
- непрерывно, для выполнения лабораторного контроля и подачи проб на средства измерения системы непрерывного (автоматического) химического контроля (АХК).

Основы организации лабораторного химического контроля

Система отбора проб предназначена для отбора представительных проб из систем и оборудования второго контура, подготовки проб (снижение давления и температуры), а также для обеспечения свободного слива дренажей из пробоотборных лотков. Пробу называют представительной, когда концентрации определяемых примесей в пробе совпадают со средней их концентрацией в контролируемом объекте.

Техника отбора проб должна по возможности исключать причины, вызывающие нарушение представительности проб. Нарушение представительности пробы может возникнуть в процессе отбора, транспортировки или длительного хранения пробы перед ее обработкой. Для уменьшения влияния на представительность пробы продуктов коррозии конструкционных материалов пробоотборные линии должны быть изготовлены из аустенитной нержавеющей стали.

Пробы воды отбираются из трубопроводов пробоотборными зондами, причем скорости потока в трубопроводе в месте отбора пробы и в устье зонда должны быть равны друг другу при расходе отбираемой среды  $14 \pm 3$  г/с ( $50 \pm 10$  кг/ч).

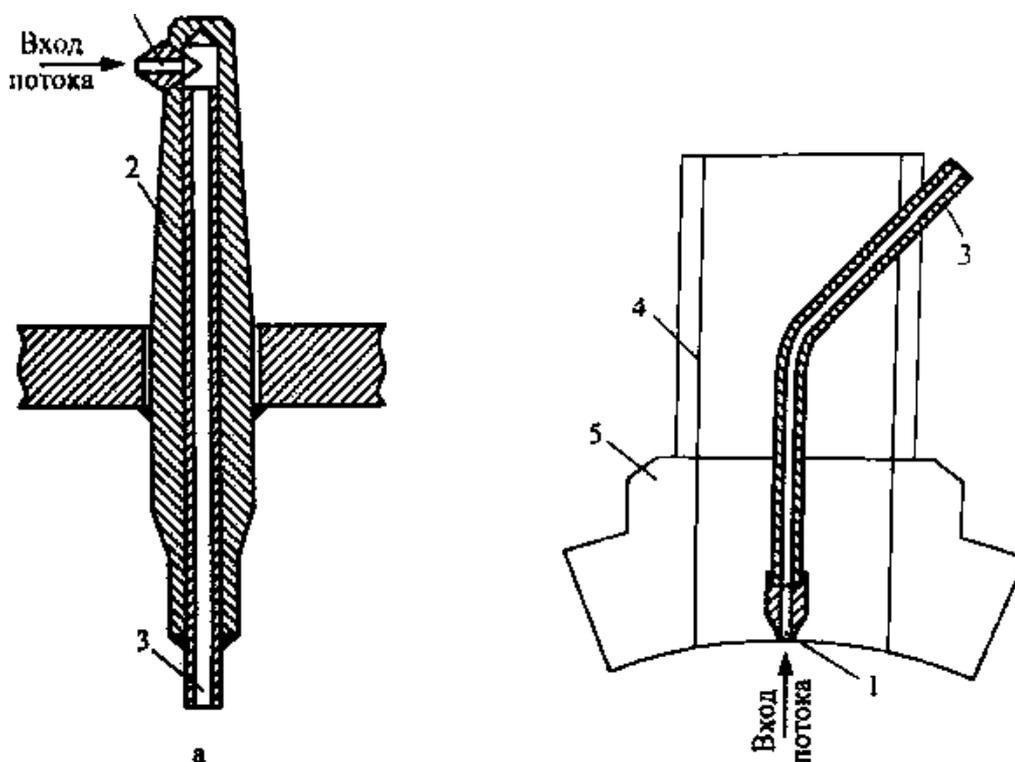


Рисунок 1. Пробоотборные зонды для отбора воды (а) и насыщенного пара (б): 1 - устье зонда; 2 - приварной штуцер; 3 - трубка 10x2 мм из нержавеющей стали; 4 - трубопровод (паропровод); 5 - сепаратор или парогенератор.

Для получения представительных проб насыщенного пара их отбирают на выходе из парогенератора пробоотборными трубами, установленными во входных сечениях обычно средней и крайних паропроводящих труб.

Отобранная проба воды и пара проходит через устройство подготовки пробы, состоящее в общем случае из холодильника и дросселя, предназначенных для снижения температуры и давления.

Основы организации автоматического химического контроля

Для оперативного контроля водно-химического режима АЭС особенно целесообразно использовать автоматические приборы. При этом эффективным является применение не отдельных автоматических приборов, а системы химического контроля, предусматривающей автоматическое проведение всех операций контроля качества теплоносителя.

Подготовленная к анализу проба поступает в датчики автоматических приборов химического контроля. Получаемая с приборов информация, преобразованная в унифицированный сигнал 0,5 мА постоянного тока, подается на вторичные регистрирующие приборы. Сигналы о нарушениях воднохимического режима выводятся на щит химического контроля и блочный щит управления.

Оперативно с помощью автоматических приборов целесообразно контролировать только те показатели качества теплоносителя, нарушение которых может быть оперативно устранено. К таким нарушениям относятся присосы охлаждающей воды в конденсаторы турбин, поступление загрязняющих веществ с добавочной водой, истощение ионообменных фильтров установок обработки воды, появление кислорода в питательной воде, недостаток или избыток корректирующих добавок и т.п.

Для контроля качества рабочей среды и технологических сред вспомогательных систем второго контура нормативным документом предусмотрены минимально необходимый и рекомендуемый объем АХК ВХР второго контура, а также минимально-необходимый объем и периодичность ЛХК ВХР второго контура.

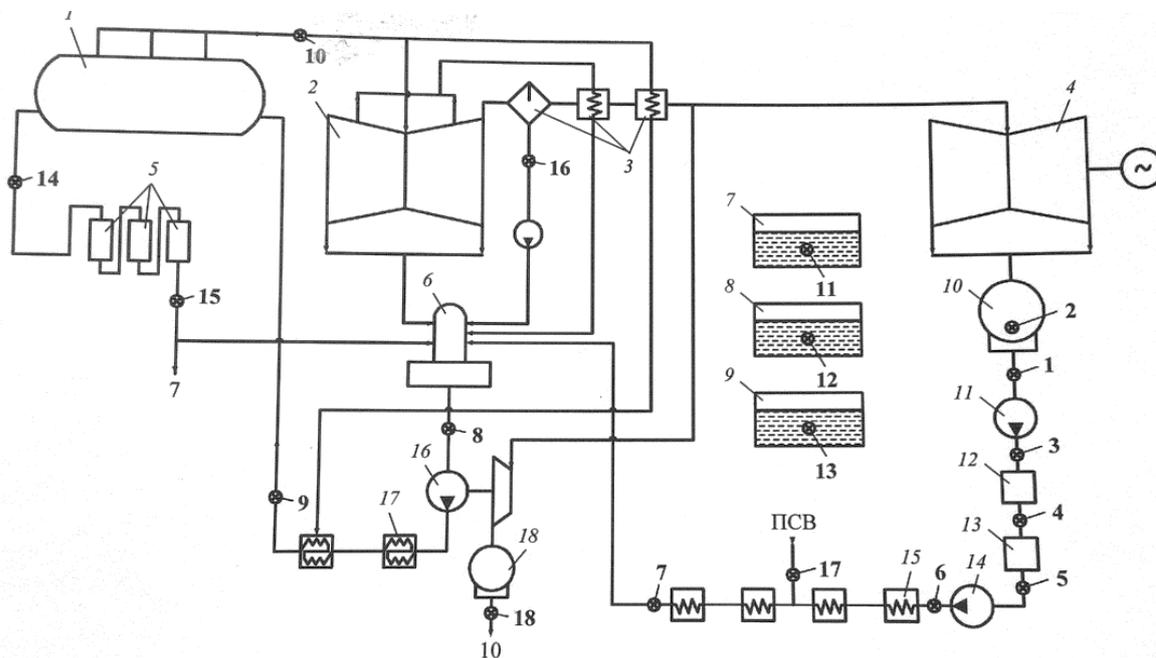


Рисунок 2. Принципиальная схема отбора проб второго контура ЭБ с ВВЭР: 1 – ПГ; 2 – цилиндр высокого давления; 3 – СПП; 4 – цилиндр низкого давления; 5 – фильтры СВО-5; 6 – деаэратор; 7 – дренажные баки; 8 – баки запаса конденсата; 9 – баки запаса ХВО; 10 – главный конденсатор; 11 – КЭН-1; 12 – ЭМФ; 13 – ФСД; 14 – КЭН-2; 15 – ПНД; 16 – ТПН; 17 – ПВД; 18 – конденсатор ТПН

Для контроля качества рабочей среды второго контура предусмотрены следующие точки отбора проб:

- точка 1 – всасывающий коллектор конденсатных насосов первой ступени;
- точка 2 – главный конденсатор;
- точка 3 – напорный коллектор конденсатных насосов первой ступени;
- точка 4 – после ЭМФ блочной обессоливающей установки для контроля его работоспособности;
- точка 5 – после ФСД блочной обессоливающей установки для контроля их работоспособности;
- точка 6 – напорный коллектор конденсатных насосов второй ступени;
- точка 7 – после подогревателей низкого давления;
- точка 8 – после деаэратора;
- точка 9 – после подогревателей высокого давления;
- точка 10 – свежий пар после парогенераторов;
- точка 11 – дренажные баки машзала;
- точка 12 – баки запаса конденсата;
- точка 13 – баки аварийного запаса химически обессоленной воды системы аварийной питательной воды парогенераторов;
- точка 14 – коллектор продувки парогенераторов
- точка 15 – после фильтров системы очистки продувочной воды парогенераторов (СВО-5) для контроля их работоспособности;
- точка 16 – сепарат после СПП;
- точка 17 – конденсат подогревателей сетевой воды системы теплофикации;
- точка 18 – конденсат из конденсаторов турбопитательных насосов [1].

За последние годы все большие изменения претерпевают устройства подготовки пробы – идет непрерывный процесс их усовершенствования современные УПП обеспечивают параметры контролируемой среды на выходе в соответствии с техническими требованиями к применяемым анализаторам, расход пробы в них составляет не менее 60 л/ч. В УПП реализован отбор пробы для ручного анализа, предусмотрены сигнализация отклонения параметров среды (температуры и давления) за пределы заданного диапазона, а также аварийное отключение подачи пробы к анализаторам. Несмотря на соблюдение большинства требований, предъявляемых к современным устройствам подготовки пробы, проблема их выбора остается в связи с отсутствием простых и надежных в эксплуатации и обслуживании приборов. Сегодня все чаще эксплуатируются УПП настенного исполнения, одностороннего обслуживания. Именно такие УПП могут быть установлены без конструктивных осложнений на стойках одностороннего обслуживания и могут успешно использоваться для создания систем мониторинга.

Современные системы мониторинга функционируют в любых режимах работы основного энергетического оборудования, однако при пусковых и переходных режимах возникают определенные проблемы, влияющие на работу технических средств, к которым можно отнести следующие:

- занос анализаторов, следовательно, искажение результатов измерений;
- засорение механических фильтров, установленных на УПП, и, как следствие, снижение общего расхода пробы на УПП;
- отсутствие пробы на лабораторный химический контроль из-за снижения общего расхода пробы на УПП.

Система химико-технологического мониторинга в переходных и пусковых режимах должна работать при повышенном внимании со стороны обслуживающего персонала, только в этом случае система будет выполнять свои функции в полном объеме [2].

Качество рабочих сред второго контура характеризуется следующими показателями:

- величина удельной электропроводности Н-катионированной пробы (УЭПн) и удельной электропроводности без Н-катионирования (УЭП), мкСм/см;

- величина рН;
- массовая концентрация гидразина, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация аммиака, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация растворенного в воде кислорода, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация хлорид-ионов, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация сульфат-ионов, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация углекислоты, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация натрия, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация меди, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация железа, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация ацетат-ионов, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация формиат-ионов, мкг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация этаноламина (ЭТА), мг/дм<sup>3</sup>;
- массовая концентрация нефтепродуктов, мкг/дм<sup>3</sup>;
- величина прозрачности, % [1].

Необходимо подчеркнуть важность проводимых работ по оснащению электростанций полнофункциональными интегрированными в АСУ ТП системами мониторинга и дальнейшего прикладного развития этих систем. Современные технические средства, используемые в СХТМ, позволяют поддерживать качество водно-химического режима на заданном уровне и повышают надежность работы основного и вспомогательного оборудования с учетом представительности пробы, точности и достоверности измерений. Только современная система мониторинга сможет обеспечить ведение качественного ВХР, поэтому необходимо активно продолжать работу по реализации программ, направленных на модернизацию и создание ВХР [2].

#### Литература

1. Воронов В.Н. Химико-технологические режимы АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами: учебное пособие для вузов / В.Н. Воронов, Б.М. Ларин, В.А. Сенина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 390 с.
2. Егошина О.В., Воронов В.Н., Назаренко М.П. Современное состояние систем химико-технологического мониторинга на тепловых станциях на основе опыта МЭИ и НПЦ «Элемент» // Теплоэнергетика. – 2014. - №3. – С. 39-45.