

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ПГ И РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ И ДАВЛЕНИЯ В РАСШИРИТЕЛЯХ ПРОДУВКИ ПГ

Ю.Н.Бондаренко
Филиал концерна “Росэнергоатом”, “Волгодонская АЭС”

1. Назначение и принцип работы системы продувки парогенераторов

Технологическая система продувки парогенераторов РУ предназначена для вывода коррозионно-активных примесей с периодической и непрерывной продувками, поддержания норм водно-химического режима котловой воды в парогенераторах и поддержания заданных значений уровня и давления в расширителях продувки РУ10В01 и РУ10В02 во всех режимах работы ПГ. На рис.1 приведена схема продувки парогенераторов.

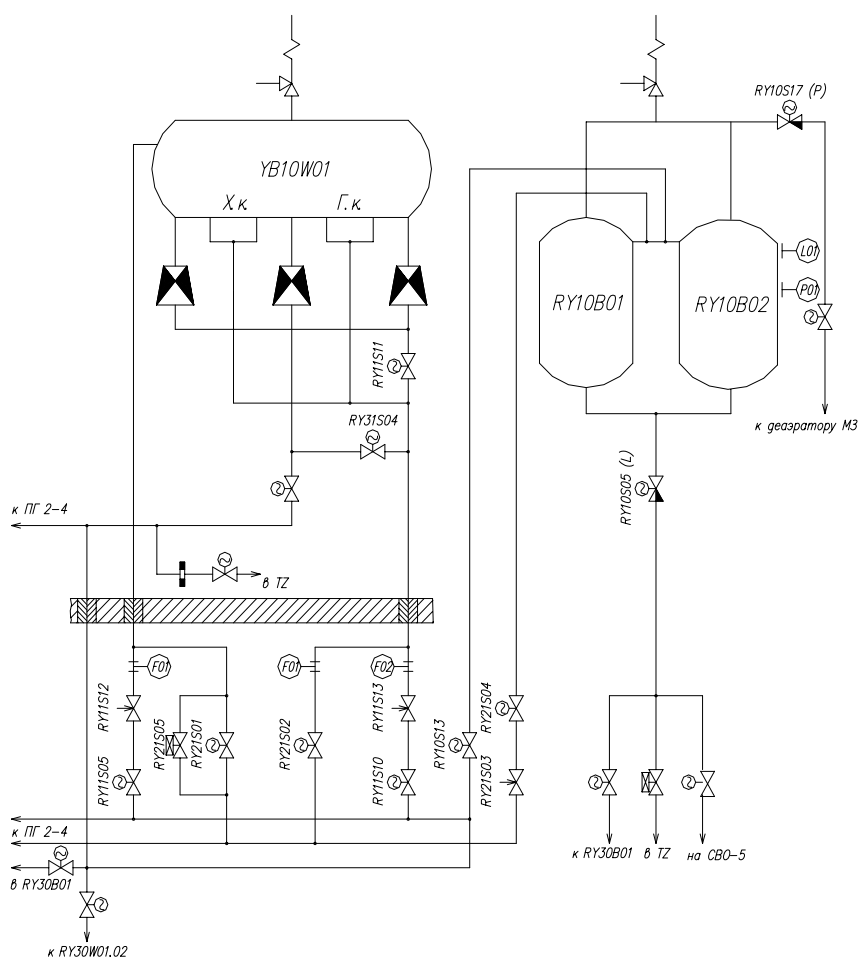


Рис.1. Схема продувки парогенераторов

Во всех режимах эксплуатации система обеспечивает:

- непрерывную продувку всех четырех парогенераторов с расходом $7,5-16 \text{ м}^3/\text{ч}$ от каждого ПГ;
- периодическую продувку одного парогенератора с расходом $20-30 \text{ м}^3/\text{ч}$ и непрерывную продувку всех четырех парогенераторов. При этом суммарный расход всех четырех продуваемых ПГ не должен превышать $50-80 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- режим дренирования каждого ПГ с расходом не менее 30 м³/ч.
- поддержание заданных значений уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ.

Непрерывная продувка производится из «солевого» отсека ПГ с расходом 7,5 - 16 т/ч. Запорно-регулирующие клапана (ЗРК) на линиях непрерывной продувки YB10(20,30,40)W01 имеют обозначение RY11(12,13,14)S12 и диапазон регулирования расхода от 0 до 30т/ч. Для контроля расходов непрерывной продувки используются расходомеры RY11(12,13,14)F01.

Периодическая продувка производится из карманов коллекторов, днища и дренажного патрубка ПГ. ЗРК на линиях периодической продувки имеют обозначения RY11(12,13,14)S13; RY21S03. ЗРК RY21S03 используется для изменения общего расхода периодической продувки в диапазоне от 0 до 40т/ч. Контроль расходов периодической продувки осуществляется расходомерами RY21(22,23,24)F01. ЗРК RY11(12,13,14)S13 используются для прогрева трубопроводов продувки и изменения расхода в диапазоне от 0 до 10т/ч. Контроль расходов на прогрев трубопроводов периодической продувки осуществляется расходомерами RY11(12,13,14)F02.

2. Концепция автоматизации системы продувки парогенераторов на базе программно-технических средств

Системы продувки парогенераторов и регулирования параметров среды в расширителях продувки являются системами нормальной эксплуатации, важными для безопасности. Продувка выполняется в соответствии с утвержденным регламентом. В процессе периодической продувки карманов коллекторов, днища и дренажных патрубков ПГ необходимо выполнение большого количества переключений. Управление ЗРК RY11,12,13,14S12, RY21S03 выполняется в ручном режиме по месту. Время периодической продувки карманов, днища, дренажа парогенераторов строго регламентировано.

Система регулирования уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 (регулятор RYC01, регулирующий клапан RY10S05; регулятор RYC02, регулирующий клапан RY10S17) реализованы на базе аппаратуры «Каскад-2», морально устаревшей и выработавшей ресурс.

Поэтому большое значение приобретают задачи автоматизации продувки ПГ, повышения качества регулирования, снижения вероятности появления отказов САР, повышения безопасности и экономичности работы энергоблока.

Автоматизацию системы продувки парогенераторов и систем регулирования уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 предлагается выполнить на программно-технических средствах (ПТС).

Программно-технические средства (ПТС), построенные на базе универсальных контроллеров, используются для решения задач управления и регулирования, требующих высоких показателей надежности, точности и позволяют реализовать системы локального управления и регулирования технологических процессов на АЭС. При этом используется принцип «адаптивной» модернизации, предполагающий максимальную адаптацию внедренных средств к существующим конструктивам, кабельным связям, датчикам, исполнительным механизмам. Представляется возможность сопряжения вновь вводимой системы с существующими автоматизированными системами и информационно-вычислительной сетью. Программная поддержка в каждом из контроллеров предусматривает формирование базы данных для передачи в информационно-вычислительную систему (ИВС) по установленному протоколу обмена через интерфейс. На рис.2 приведена типовая конфигурация контроллера.



Рис. 2. Типовая конфигурация контроллера.

Номенклатура стандартных модулей состоит из модулей: процессора, расширения, дискретного ввода-вывода, аналогового ввода-вывода. Модули дискретно-аналогового ввода-вывода позволяют обрабатывать дискретно-аналоговые сигналы любого вида, обеспечивая при этом высокую помехоустойчивость. Необходимость резервирования узлов структуры (процессорный модуль, модули магистральных-сетевых связей, модули ввода-вывода, источники питания) определяется важностью решаемой задачи.

Для реализации схемы любого, в том числе наиболее сложного регулятора, разработан набор стандартных программных модулей. Набор стандартных программных модулей достаточен для реализации как простых регуляторов, так и для построения сложных систем регулирования. Кроме того, посредством набора возможна реализация систем регулирования с последовательным управлением РК, с пошаговой синхронизацией РК и вводом РК в регулировочный диапазон.

Программное и информационное обеспечение ПТС строится на единой системе программных средств (программных библиотек), имеет единую структуру и организацию базы данных, снабжается встроенными программными средствами информационно-справочной поддержки персонала и соответствующей программной документацией. Программное обеспечение позволяет реализовывать требуемую информационно-управляющую задачу, обеспечивая при этом реализацию открытости и доступности к его фрагментам при проведении модернизации алгоритмов управления. Все локальные средства управления и регулирования энергоблока могут быть объединены в информационную сеть с сохранением автономности в части управляющих функций. К информационной сети, помимо инструментальных компьютеров, могут быть подключены распределенные АРМ.

Функциональное программное обеспечение (ФПО) задач управления и регулирования строится с максимальным применением типовых алгоритмических модулей: контроля датчиков, питания задвижки, закрытия / открытия исполнительного механизма; режима слежения; модуля динамического звена; логики подключения РК; первого включения регулятора; формирования обратной связи, коррекции уставок, закона регулирования; управления РК. Кроме того, ФПО обладает средствами диагностирования, тестирования, самопроверки, защиты от несанкционированных действий персонала. При необходимости возможна разработка средств имитации аппаратных средств на программном уровне (эмуляторы внешней среды). Такие средства имеют

особую актуальность при анализе нарушений в работе автоматизированной системы управления, сопровождающихся регистрацией в реальном времени потока событий.

3. Структурная схема автоматизации продувки ПГ и требования к системе автоматизации продувки ПГ

Предлагаемая структурная схема автоматизации продувки ПГ приведена на рис.3.

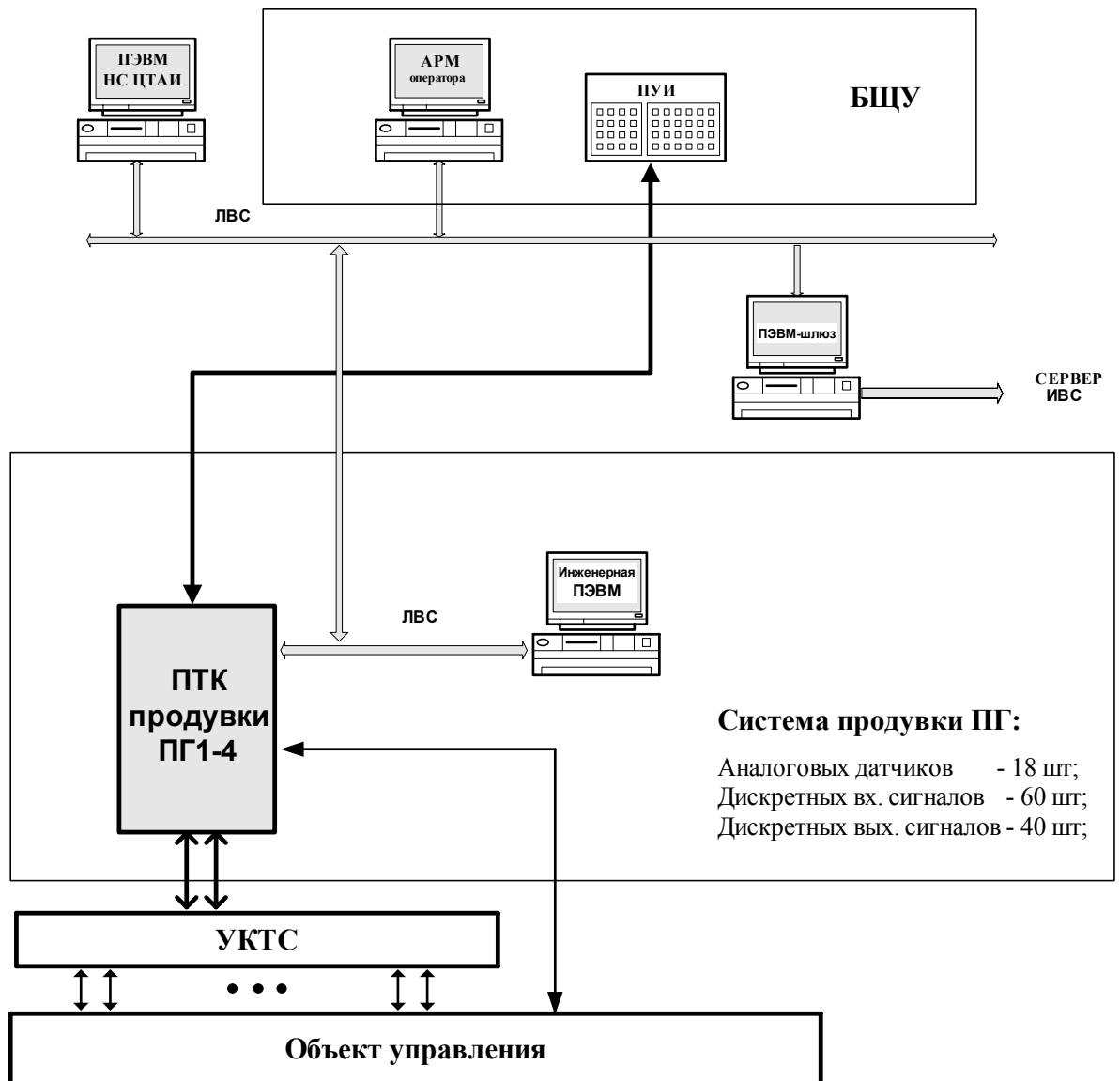


Рис. 3. Структурная схема автоматизации продувки ПГ

В состав системы входят:

- автоматизированное рабочее место оператора (АРМ);
- пульт управления и индикации (ПУИ);
- аппаратура логического управления арматурой (ПТК);
- внешние кабельные связи с другими системами, задействованными в продувке.

Автоматизированное рабочее место управление продувкой предназначено для активного (двустороннего) обмена информацией с аппаратурой логического управления. АРМ и должно выполнять следующие основные функции:

- предоставление оператору текущей информации о состоянии системы продувки в форме видео кадров (таблиц и мнемосхем);
- изменение уставок и настроечных параметров системы автоматической продувки; регистрация параметров работы системы продувки.

Включение и отключение автоматической продувки ПГ производится с пульта управления, расположенного на рабочем месте инженера управления реактором.

Для управления циклом продувки ПГ на пульте управления должны быть предусмотрены следующие органы управления:

- кнопка выбора ПГ, включенных в цикл периодической продувки;
- кнопка остановки работы алгоритма продувки;
- кнопка возврата арматуры в состояние соответствующее режиму постоянной продувки;
- кнопка пропуска одного шага в цикле продувки;
- кнопка выбора длительности цикла продувки ПГ.

В случаях отключения или остановки цикла продувки, система автоматического управления должна снимать выходные команды, воздействующие на исполнительные механизмы.

Предусматривается выдача на пульт управления звуковой сигнализации различной тональности, сообщающая о начале очередного шага продувки или о нарушении в работе цикла автоматической продувки.

В случае возникновения нарушения работы автоматической периодической продувки, в алгоритме должно быть предусмотрено блокирование работы автоматизированной системы по инициативе оператора или автоматически по факту формирования признака неисправности управляемой арматуры. Исправность арматуры определяется по наличию информации от конечных выключателей положения и по времени ее хода на открытие/закрытие.

С целью обеспечения безударности, перехода алгоритма продувки к очередному шагу, управление исполнительными механизмами выполняется импульсными командами, с возможностью настройки длительности команды и паузы. Кроме этого в течение всего цикла продувки контролируется расход общего количества продувочной воды. В случае превышения расходом установленного значения выполняется блокирование алгоритма продувки. Эта функция позволяет оператору выяснить и устранить причину нарушения, поле чего продолжить алгоритм продувки с достигнутого шага. Выполнение цикла автоматической продувки всех ПГ заканчивается переводом клапанов постоянной продувки в исходное состояние, соответствующее величине открытия на момент включения алгоритма продувки.

Текущая информация о состоянии продувки выдается оператору в форме видеокадров на автоматизированном рабочем месте системы продувки. Диагностические сообщения о неисправностях датчиков и арматуры выдаются на видеокадр мнемосхемы продувки, в форме изменения подсветки неисправной позиции на желтый цвет. Распитанное состояние арматуры и отклонение расхода продувочной воды за установленные максимальные и минимальные значения отображается подсветкой их позиций красным цветом. Как уже было отмечено ранее, информация о нарушениях в работе автоматической продувки дублируется выдачей звуковой сигнализации на пульт управления.

Изменение настроечных параметров и ввод-вывод блокировок должно выполняться на отдельном видеокадре, где предусматриваются функции безопасности от несанкционированного вмешательства в работу системы автоматической продувки.

4. Алгоритмы и основные режимы работы системы продувки парогенераторов
Непрерывная продувка выполняется постоянно и одновременно на всех четырех ПГ, периодическая включается один раз в сутки, на выбранное оператором время, в

зависимости от состояния водно-химических параметров. Для производства периодической продувки уменьшается расход непрерывной продувки. После этого выполняется периодическая продувка, последовательно каждого ПГ в отдельности.

Логическое управление системой продувки заключается в выполнении последовательной периодической продувки с первого по четвертый ПГ. Алгоритм цикла продувки разбивается на этапы, каждый этап соответствует определенному ПГ. Этап продувки ПГ разделен на четыре шага. Продувка ПГ производится последовательно: ПГ1 – ПГ2 – ПГ3 – ПГ4, за исключением тех ПГ, которые были исключены из цикла продувки оператором. Цикл продувки одного ПГ состоит из четырех равных по времени шагов:

1. открытие задвижки RY21(22, 23, 24) S02 соответственно для ПГ1(ПГ2, ПГ3, ПГ4) и продувка карманов коллекторов;
2. открытие задвижки RY31(32, 33, 34) S04 и продувка карманов коллекторов совместно с дренажными патрубками;
3. закрытие задвижки RY31(32, 33, 34)S04, с последующим открытием задвижки RY11(12, 13, 14) S11 и продувкой карманов коллекторов совместно с днищем ПГ;
4. закрытие задвижки RY11(12, 13, 14) S11 и продувка карманов коллекторов.

По окончании времени четвертого шага производится закрытие задвижки RY21(22, 23, 24) S02, после чего реализуется этап продувки следующего по очереди ПГ.

Система автоматической продувки должна иметь два основных режима работы:

- Режим «Расход»: работа системы с контролем расхода продувочной воды и заданием по расходу котловой воды через ЗРК;
- Режим «Положение»: работа системы с заданием по степени открытия ЗРК (по УП RY11÷14S12).

Перед включением системы автоматической продувки арматура, задействованная в управлении, должна быть запитана и переведена в соответствие с начальными условиями.

Выбор режима производится на кадре настроечных параметров ПЭВМ САП ПГ до включения автоматической продувки в работу. После включения в работу алгоритм логического управления продувкой производит проверку соответствия начальным условиям: состав ПГ, включенных в цикл автоматической продувки, длительность цикла продувки, состояние арматуры, степень открытия ЗРК RY11÷14S12 (по УП или по расходу воды в зависимости от выбранного режима). В случае не совпадения начальных условий с заданными или отсутствия информации о выбранных ПГ и времени цикла продувки формируется признак «Не соответствие». Алгоритм продувки в этих случаях блокируется и переходит в состояние «Стоп». Степень открытия ЗРК RY11÷14S12 (по УП или расходу) запоминается и является заданием для подпрограммы «Исходное». Далее производится последовательное импульсное прикрытие ЗРК RY11(12, 13, 14)S12 до уставки, соответствующей режиму периодической продувки. После чего включается счетчик времени цикла продувки и реализуется первый шаг цикла автоматической продувки (с уставкой по времени выбранной оператором до включения автоматической продувки).

После завершения продувки всех включенных ПГ, осуществляется переход к подпрограмме «Исходное», которая поочередно импульсными командами, переводит ЗРК RY11÷14S12 в исходное состояние, соответствующее уставкам по расходу или по УП, сформировавшимся в момент включения алгоритма периодической продувки (выполняется последовательное приоткрытие ЗРК).

В случае возникновения нарушения в алгоритме управления продувкой должно быть предусмотрено блокирование цикла продувки на время, позволяющее оператору принять решение о прекращении или продолжении продувки ПГ. Блокирование продувки должно производиться по команде оператора либо автоматически в случаях

возникновения несоответствия управляемой арматуры (задействованной в продувке) требуемому положению, неисправности датчиков или повышения общего расхода котловой воды более установленного значения. При возникновении таких ситуаций алгоритм управления продувкой переходит в состояние «Стоп», со снятием выходных команд на арматуру и блокированием счетчика времени продувки.

Приостановка алгоритма сопровождается выдачей индикации с миганием и звуковой сигнализацией на пульт управления.

После выявления причины вызвавшей блокирование алгоритма, разблокирование остановки автоматической продувки осуществляется только оператором, одним из следующих способов:

а) повторным нажатием кнопки «Стоп», в случае устранения причины нарушения. Алгоритм продувки выполняется с места возникновения сбоя;

б) нажатием кнопки «Продолжить». При этом система переходит к следующему шагу алгоритма продувки (реализуется пропуск достигнутого шага);

в) нажатием кнопки «Исходное». В этом случае арматура переводится в состояние постоянной продувки.

Для завершения работы автоматической продувки ПГ из состояния «Стоп» и возврата арматуры в состояние, соответствующее режиму постоянной продувки, в программу продувки должен быть включен алгоритм работы по условию «Исходное». Условие формируется по инициативе оператора (при нажатии кнопки «Исходное»), либо автоматически (после завершения последнего шага цикла продувки всех ПГ). По алгоритму «Исходное» отключается состояние «Стоп» и далее последовательно импульсными командами закрывается арматура периодической продувки (RY11÷14S11, RY21÷24S02, RY31÷34S04), после чего последовательно импульсными командами приоткрываются ЗПК на линиях постоянной продувки RY11÷14S12 (на величину, соответствующую уставкам по расходу или по положению УП в зависимости от выбранного режима).

5. Алгоритмы работы регулятора уровня в расширителе продувки ПГ RYC01 (RY10S05) и регулятора давления в расширителе продувки ПГ RYC02 (RY10S17).

5.1 Регулятор RYC01 предназначен для поддержания заданного уровня в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ. Регулятор уровня в расширителе продувки включается в работу переводом переключателя БРУ-32 в положение автоматического управления. Информация о работе регулятора выводится на пульт управления (табло «RYC01 в РПУ») и на видео кадры ПЭВМ САП ПГ. При включении регулятор безударно включается на текущее значение уровня в расширителе, после чего, с установленным темпом, приводит уровень в соответствие с заданным: 700 ± 50 мм. Регулятор реализует ПИ закон регулирования с обратной связью по уровню в расширительном баке RY10L01B1 и по положению клапана RY10S02. Регулятор RYC02 предназначен для поддержания заданного давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 во всех режимах работы ПГ. Регулятор давления в расширителе продувки включается в работу переводом переключателя БРУ-32 в положение автоматического управления. Информация о работе регулятора выводится на пульт управления (табло «RYC02 в РПД») и на видео кадры ПЭВМ САП ПГ. При включении регулятор безударно включается на текущее значение давления в расширителе, после чего с установленным темпом приводит регулируемый параметр в соответствие с заданным: $7,8 \pm 0,2$ кгс/см². Регулятор реализует ПИ закон регулирования с обратной связью по давлению в расширительном баке RY10P01B1 и по положению клапана RY10S17.

Выводы:

Автоматизация системы продувки парогенераторов и систем регулирования уровня и давления в расширителях продувки RY10B01 и RY10B02 на программно-технических средствах (ПТС) и установка электрифицированных приводов на ЗРК RY11(12,13,14)S12, RY21S03 позволит обеспечить их дистанционное и автоматическое управление, реализовать алгоритмы продувки парогенераторов в автоматическом режиме согласно регламенту продувки. Внедрение системы автоматической продувки ПГ и регулирования уровня и давления в расширителях продувки ПГ позволит сократить до минимума ручные операции при выполнении периодической продувки и снизит загруженность операторов, что положительно скажется на повышении безопасности работы энергоблока.

Список литературы

1. Атомные электрические станции. Сб. ст. Вып. 11/А92 Под общ. ред. Л.М.Воронина. М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Модернизация системы продувки на Ростовской АЭС как основа для реконструкции на блоках АЭС ВВЭР-1000. Результаты внедрения усиленной периодической продувки ПГ блока №1 Ростовской АЭС на уровне мощности РУ-100% Нном.
Ю.Ф.Кутдюсов, О.И.Будько, А.А.Хлебников НИЦЭ «Центрэнерго»,
В.И.Горбунов МЭИ, А.Ю.Петров, А.А.Сальников, А.Г.Жуков
Филиал концерна «Росэнергоатом» – «Волгодонская АЭС».
3. Выбор оптимальной величины продувки парогенераторов АЭС ВВЭР и сравнение штатного контроля загрязненности теплообменных труб с расчетной оценкой.
Ю.В.Харитонов, С.И.Брыков, Л.А.Сиряпина, С.Н.Сусакин ФГУП ОКБ «ГИДРОПРЕСС»
В.Ф.Тряпкин, С.Ф.Ерпылева, В.В.Быкова ФГУП «ЭНИЦ»
4. Регламент ведения продувки ПГ блока №1 Волгодонской АЭС.
5. Инструкция по эксплуатации системы продувки ПГ.
6. Технические предложения по созданию программно-технических средств локального управления и регулирования ТП АЭС. ААПБ-034-2004 ПТ.