

УДК 621.04(03)

**ЭЛЕКТРОПРИВОДНАЯ АРМАТУРА РАСХОДОМЕРНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ И ПОСТОЯННОЙ ПРОДУВКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА
ELECTRIC DRIVE FITTINGS OF FLOW SENSORS FOR PERIODIC AND CONTINUOUS BLOWDOWN OF THE STEAM GENERATOR**

Е.А. Коротаев

Научный руководитель – А.Г. Герасимова, доцент, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Korotaev

Supervisor – A. Gerasimova, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian National Technical University, Minsk

***Аннотация:** рассмотрена возможность замены ручных приводов арматуры, установленной в здании вспомогательного корпуса второго энергоблока Белорусской атомной электростанции для обеспечения работоспособности расходомерных датчиков периодической и постоянной продувки при отключении парогенератора на арматуру с электроприводом; определен тип арматуры, приведено её устройство и классификация; рассмотрена система продувки парогенератора.*

***Abstract:** considered the possibility of replacing the manual drives of valves installed in the building of the auxiliary building of the second power unit of the Belarusian nuclear power plant to ensure the operability of flow sensors of periodic and continuous blowdown when the steam generator is turned off for valves with an electric drive; the type of fittings is determined, its structure and classification are given; the blowdown system of the steam generator is considered.*

***Ключевые слова:** атомная станция, трубопроводная арматура, ручные приводы, электроприводы, парогенератор, система продувки.*

***Keywords:** nuclear power plant, pipeline fittings, manual drives, electric drives, steam generator, blowdown system.*

Введение

Атомная электростанция (АЭС) представляет собой современное сложное производство с высоким уровнем опасности. Существенное влияние на надежность и безопасность АЭС оказывает правильный выбор арматуры, которая должна способствовать большей надежности и гибкости эксплуатации основного оборудования и трубопроводов АЭС, давая возможность отключать аварийные участки.

Все трубопроводы АЭС и отдельное оборудование снабжают арматурой, предназначенной для управления потоками (отключения, распределения, регулирования, сброса, смешивания, фазоразделения) рабочих сред путем изменения площади проходного сечения. Арматуру можно классифицировать по ряду признаков: условиям работы (рабочая среда, температура, давление), назначению, характеру взаимодействия запирающего или регулирующего органа с рабочей средой, условному проходу.

По назначению: запорная (включение/отключение потока), предохранительная (недопущение изменения направления расхода, предупреждение чрезмерного повышения давления), регулирующая (изменение или поддержание заданных расхода, температуры, давления), контрольная (указатели уровня) и конденсатоотводчики (автоматический отвод конденсата).

Для автоматизации и механизации арматуры, управления процессами ее открытия и закрытия, определения и регулирования места положения запирающего элемента, выполнения диагностических функций используются приводы арматуры. В зависимости от вида конструктивного устройства и назначения приводы трубопроводной арматуры подразделяют на ручные и механизированные. К механизированным приводам относятся: электрические, пневматические, гидравлические и электромагнитные. На АЭС используется как ручная арматура, так и с электроприводом.

Основная часть

В процессе сооружения второго энергоблока Белорусской АЭС, была проведена замена ручных приводов арматуры 20LCQ15, 16, 25, 35, 36, 45, 46AA001 на электропривод (тип МОА ОС 400-63) с арматур 20LCQ15, 25, 35, 45AA101, 20LCQ16, 26, 36, 46AA108 [1].

Арматуры 20LCQ15, 16, 25, 35, 36, 45, 46AA001 установлены в здании вспомогательного корпуса второго энергоблока Белорусской АЭС и обеспечивают работоспособность расходомерных датчиков периодической и постоянной продувки при отключении парогенератора (далее – ПГ). Анализируя KKS определяем арматуры: 20LCQ15AA001, 20LCQ25AA001, 20LCQ35AA001, 20LCQ45AA001, 20LCQ16AA001, 20LCQ26AA001, 20LCQ36AA001, 20LCQ46AA001. По НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97), определяем, что данные арматуры соответствуют клапанам сильфонным запорным четвертого класса безопасности – А10821-0140-80, 4 [2].

Определение арматур. Арматуры 20LCQ15, 25, 35, 45AA101 и 20LCQ16, 26, 36, 46AA108 установлены в здании реактора второго энергоблока Белорусской АЭС и обеспечивают отсечение ПГ, в случае появления в нем активности при протечке из первого контура. Анализируя KKS определяем арматуры: 20LCQ15AA101, 20LCQ25AA101, 20LCQ35AA101, 20LCQ45AA101, 20LCQ16AA108, 20LCQ26AA108, 20LCQ36AA108, 20LCQ46AA108. По НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97), определяем, что данные арматуры соответствуют также клапанам сильфонным запорным, но второго класса безопасности – А10821-0140-80, 2. Чертеж клапана сильфонного запора приведен на рисунке 1.

регулирующий или запорный орган перемещается возвратно-поступательно параллельно потоку теплоносителя.

- По температурному режиму – для средних температур (рабочие температуры до +455 °С);
- По условному давлению теплоносителя – высокого давления (от 10 до 80 МПа);
- По способу герметизации – сильфонная арматура. Сильфон также является силовым или чувствительным конструктивным элементом;
- По способу присоединения к трубопроводу – арматура под приварку, которая приваривается к трубопроводу или емкости;
- По способу управления: для арматур 20LCQ15, 16, 25, 35, 36, 45, 46AA001 – арматура на ручном управлении; для арматур 20LCQ15, 25, 35, 45AA101, 20LCQ16, 26, 36, 46AA108 – арматура приводная. Управление осуществляется при помощи привода (дистанционно или непосредственно).
- Класс безопасности:

Для арматур 20LCQ15, 16, 25, 35, 36, 45, 46AA001 – это 4-й класс. К 4 классу безопасности относятся элементы нормальной эксплуатации АЭС, не влияющие на безопасность и не вошедшие в классы безопасности 1, 2, 3. Для арматур 20LCQ15, 25, 35, 45AA101, 20LCQ16, 26, 36, 46AA108 – безопасности – это 2-й класс. Ко 2-му классу безопасности относятся следующие элементы АЭС:

- элементы, отказы которых являются исходными событиями, приводящими к повреждению ТВЭЛов в пределах, установленных для проектных аварий, при проектном функционировании систем безопасности с учетом нормируемого для проектных аварий количества отказов в них;
- элементы систем безопасности, единичные отказы которых приводят к невыполнению соответствующими системами своих функций [3].

Система продувки парогенератора. Назначение системы продувки парогенератора. Данная система предназначена для поддержания нормального водно-химического режима ПГ и работает по принципу отбора части питательной воды в местах наиболее вероятного образования продуктов коррозии, накопления солей и шлама.

На рисунке 2 представлена упрощенная схема системы продувки ПГ.

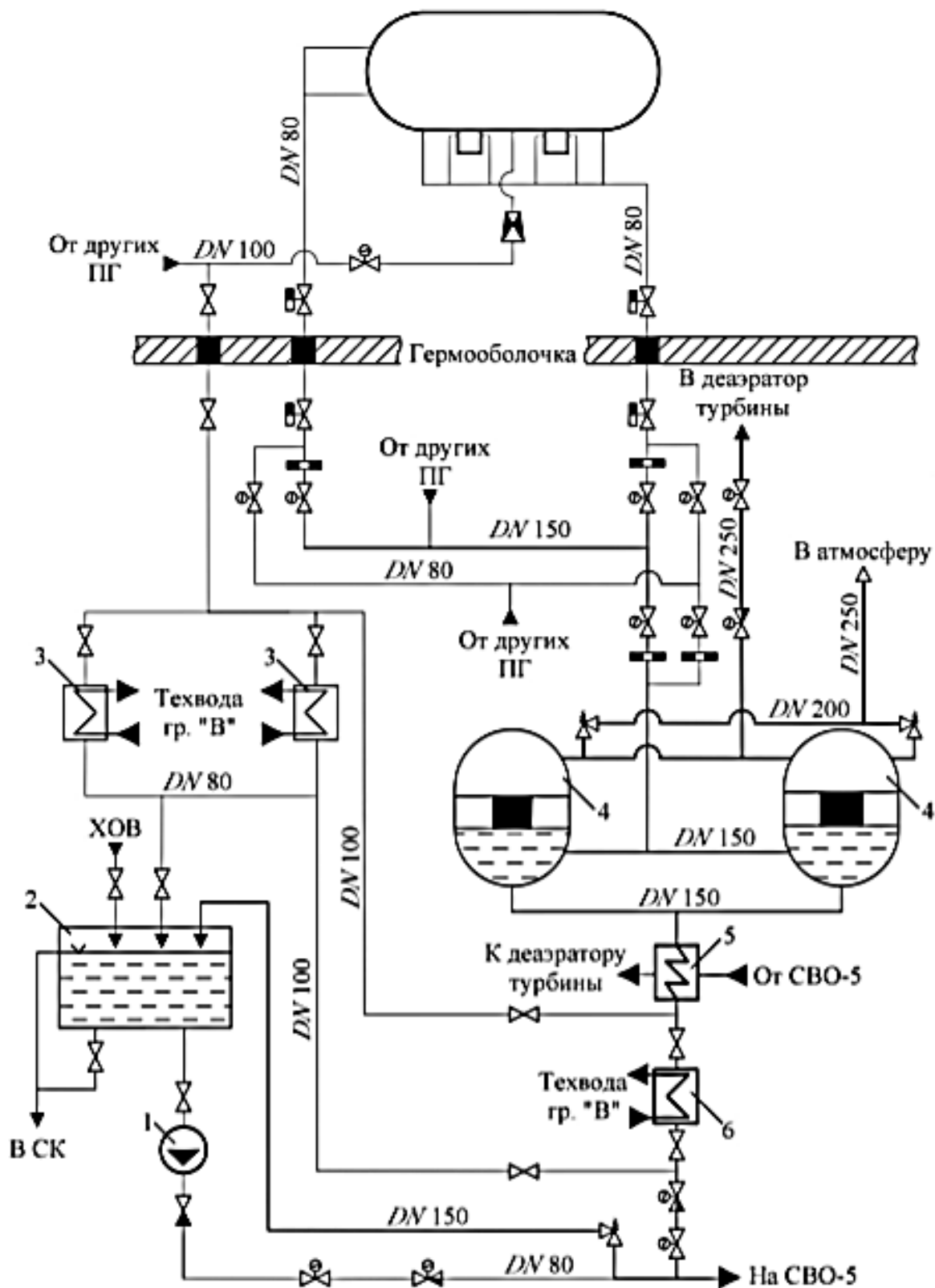


Рисунок 2 – Упрощенная схема системы продувки ПГ:

- 1 – насос откачки бака слива воды из ПГ; 2 – бак слива воды из ПГ; 3 – охладители дренажа;
- 4 – расширители продувки; 5 – регенеративный теплообменник продувки ПГ;
- 6 – доохладитель продувки

Схема отбора питательной воды из ПГ для дренирования и продувки приведена на рисунке 3.

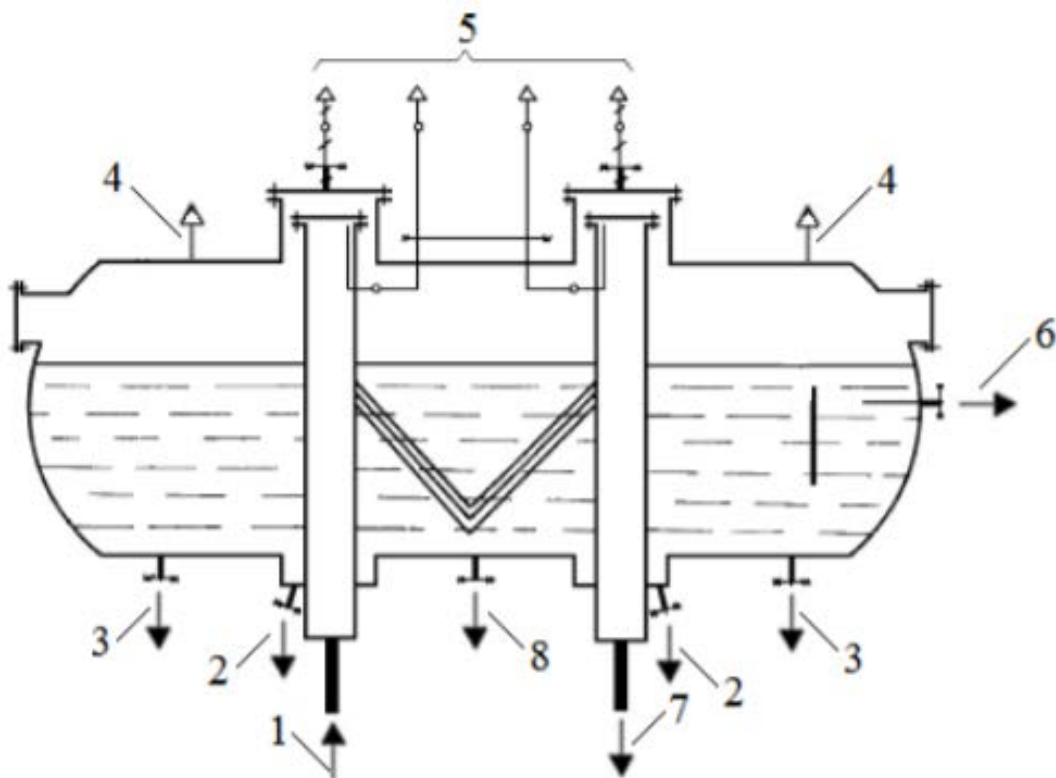


Рисунок 3 – Схема отбора питательной воды из ПГ для дренирования и продувки: 1 – от реактора; 2 – продувка из карманов коллекторов; 3 – продувка из дна; 4 – пар на турбину; 5 – воздушники; 6 – продувка из солевого отсека; 7 – к главному циркуляционному насосу; 8 – дренаж

Со стороны реакторной установки к системе продувки парогенератора предъявляются требования: обеспечение постоянной продувки с расходом 7,5 т/ч от каждого ПГ; проведение периодической продувки расходом 30 т/ч, причем суммарный расход продувочной воды от всех четырех ПГ должен составлять 60 т/ч; дренирование каждого ПГ с расходом не менее 30 т/ч при температуре питательной воды $< 100^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении в ПГ.

Система продувки ПГ очень важна для обеспечения безопасности системой нормальной эксплуатации, состоящей из двух технологических подгрупп: дренирования и продувки ПГ. При этом подгруппа продувки ПГ предназначена для поддержания качества воды ПГ и включает: трубопроводы периодической и непрерывной продувки с дроссельными устройствами; расширители продувки; регенеративный теплообменник продувки; доохладитель продувки; регуляторы уровня и давления в расширителях продувки с регулирующим клапаном; арматуру и трубопроводы, контрольно-измерительные приборы.

Заключение

Замена ручных приводов арматуры 20LCQ15, 16, 25, 35, 36, 45, 46AA001 на электропривод (тип МОА ОС 400-63) с арматур 20LCQ15, 25, 35, 45AA101, 20LCQ16, 26, 36, 46AA108, обусловлена необходимостью бесперебойной работы расходомерных датчиков периодической и постоянной продувки при отключении ПГ во время проведения подэтапа А-3 «Холодно-горячая обкатка реакторной установки» этапа А «Подготовительный этап». При неверном показании расходомерных датчиков воды для продувки ПГ может быть

недостаточно. В результате накопление продуктов коррозии, шлама и солей, ПГ может прийти в непригодность. Ремонт в случае отказа работы одного из ПГ реакторной установки невозможен и требует незамедлительного останова блока для замены парогенератора.

Установка электропривода позволит увеличить срок эксплуатации ПГ и с помощью систем автоматизированного управления более корректно регулировать подачу продувочной воды.

Установка ручных приводов на арматуры 20LCQ15, 25, 35, 45AA101, 20LCQ16, 26, 36, 46AA108 целесообразна при выполнении холодно-горячей обкатки реакторной установки с имитаторами тепловыделяющих сборок без загрузки радиоактивного топлива в рамках подэтапа А-3 «Холодно-горячая обкатка реакторной установки» этапа А «Подготовительный этап» [4].

Литература

1. Техническое решение АО ИК «Атомстройэкспорт» №318-21 от 28.06.2021 «О замене приводов арматур 20LCQ15, 16, 25, 35, 36, 45, 46AA001».
2. НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200048646>. – Дата доступа: 14.10.2021.
3. ГОСТ 31901-2013 Арматура трубопроводная для атомных станций. Общие технические условия.
4. Каратушина И. В., Разин В. А. Технологические системы и оборудования реакторного отделения энергоблока с реактором ВВЭР-1000. – Нижний Новгород, 2018. – 333 с.