


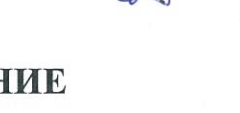


АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-1
--------------------	--	------------------	---------

## 5.4.5 СИСТЕМА ОТСЕЧЕНИЯ ГЛАВНОГО ПАРОПРОВОДА

Дата	08.2016
Заместитель главного инженера проекта	 Ю.Л. Ермакович
Нормоконтроль	 К.В. Горенинов
Проверил	 Л.В. Носанкова
Разработал	 С.В. Краснов
Всего листов	17

### СОДЕРЖАНИЕ

5.4.5.1 Проектные основы.....	5.4.5-2
5.4.5.1.1 Назначение и функции системы .....	5.4.5-2
5.4.5.1.2 Проектные режимы и исходные данные .....	5.4.5-2
5.4.5.1.3 Принципы проектирования .....	5.4.5-2
5.4.5.1.4 Требования к связанным системам.....	5.4.5-4
5.4.5.1.5 Требования к компоновке.....	5.4.5-4
5.4.5.2 Проект системы .....	5.4.5-4
5.4.5.2.1 Описание технологической схемы .....	5.4.5-4
5.4.5.2.2 Описание элементов.....	5.4.5-5
5.4.5.2.3 Описание использованных материалов .....	5.4.5-8
5.4.5.2.4 Защита от превышения давления.....	5.4.5-8
5.4.5.2.5 Размещение оборудования .....	5.4.5-8
5.4.5.2.6 Отключение системы .....	5.4.5-8
5.4.5.3 Управление и контроль работы системы .....	5.4.5-9
5.4.5.3.1 Описание защит, блокировок и действий оператора .....	5.4.5-9
5.4.5.3.2 Точки контроля.....	5.4.5-9
5.4.5.4 Испытания и проверки.....	5.4.5-11
5.4.5.5 Анализ проекта .....	5.4.5-11
5.4.5.5.1 Показатели надежности системы.....	5.4.5-11
5.4.5.5.2 Функционирование системы в режимах нормальной эксплуатации.....	5.4.5-15
5.4.5.5.3 Функционирование системы при отказах .....	5.4.5-15
5.4.5.5.4 Функционирование системы в режимах нарушения нормальных условий эксплуатации.....	5.4.5-15
5.4.5.5.5 Функционирование системы при проектных авариях.....	5.4.5-15
5.4.5.5.6 Функционирование системы при запроектных авариях.....	5.4.5-16
5.4.5.5.7 Функционирование системы при внешних воздействиях.....	5.4.5-16
5.4.5.5.8 Анализ безопасности проекта .....	5.4.5-16
5.4.5.5.9 Сравнение с аналогичными проектами.....	5.4.5-17
5.4.5.5.10 Выводы .....	5.4.5-17

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001\_&\_F=0

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	297
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-2
--------------------	---	------------------	---------

### 5.4.5.1 Проектные основы

#### 5.4.5.1.1 Назначение и функции системы

Система отсечения главных паропроводов предназначена для быстрого и надежного отсечения парогенераторов от течи.

Система отсечения главных паропроводов предназначена для работы во всех аварийных режимах, требующих отсечения ПГ:

- при разрывах паропроводов от ПГ до стопорных клапанов турбины в отсекаемой и неотсекаемой от ПГ части.
- при разрыве питательных трубопроводов на участке от ПГ до обратного клапана.
- при течи из первого контура во второй

Система отсечения главных паропроводов по назначению является системой безопасности, по влиянию на безопасность - важной для безопасности, а по характеру выполняемых функций - защитной системой безопасности и состоит из быстродействующих запорно-отсечных клапанов (БЗОКов), входящих в состав главного парового арматурного блока и электроприводной арматуры, установленных последовательно.

Система отсечения главных паропроводов входит в состав системы паропроводов свежего пара LBA и имеет связи со следующими системами:

- системой вентиляции и охлаждения помещений;
- системой подачи технологического сжатого воздуха (QEB)
- системой управления и контроля;
- системой электропитания нормальной эксплуатации;
- системой аварийного электроснабжения;

#### 5.4.5.1.2 Проектные режимы и исходные данные

Система отсечения главных паропроводов функционирует в следующих режимах:

- В режимах нормальной эксплуатации система находится в режиме ожидания;
- В режимах с нарушением нормальных условий эксплуатации система обеспечивает исключение потери среды из ПГ, заброса влаги в турбину;
- В аварийных режимах, связанных с течами паропроводов и отказами в системе питательной воды (система обеспечивает локализацию места течи от ПГ).

Основные исходные данные:

- Расчетное давление, МПа 8,1
- Расчетная температура, °С 300
- Рабочая среда пар из парогенераторов.

#### 5.4.5.1.3 Принципы проектирования

Система спроектирована в соответствии со следующими нормативными документами:

- Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97) НП-001-97;
- Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций НП-082-07;
- Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1,2);
- Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций НП-031-01;
- Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. НП-068-05;

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	298
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-3
--------------------	---	------------------	---------

- Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭГ-7-002-86;
- Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения. ПНАЭГ-7-009-89 (с изм. 1,2);
- Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. ПНАЭГ-7-010-89 (с изм. 1,2);
- Требования к программе обеспечения качества для атомных станций НП-011-99;
- Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций СП АС-03;
- Правила радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций ПРБ АС-99.
- НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности»;
- НПБ 114-02 "Противопожарная защита атомных станций. Нормы проектирования".

В основу проектирования системы отсечения главных паропроводов и ее компонентов положено выполнение следующих требований:

- БЗОК и установленная за ним на паропроводе электроприводная задвижка закрывается автоматически по сигналам, требующим отсечения парогенераторов по пару;
- Время аварийного закрытия БЗОК не превышает:
- при давлении в ПГ более 1,0 МПа, с 10;
  - при давлении в ПГ менее 1,0 МПа, с 150;
  - Время закрытия отсечной электроприводной задвижки не более 135 с.

При проектировании системы учитываются следующие принципы обеспечения безопасности:

- принцип единичного отказа;
- принцип резервирования;
- принцип разнообразия;
- принцип разделения;
- принцип включения в работу.

#### Принцип единичного отказа

Система отсечения главных паропроводов выполняет заданные функции при любом исходном событии аварии с наложением одного независимого от исходного события отказа любого активного или пассивного, имеющего механические движущиеся части, элемента, или одной независимой от исходного события ошибки персонала. Также для обеспечения принципа единичного отказа каждый БЗОК снабжен двумя управляющими электроприводными клапанами, которые осуществляют быстрое закрытие БЗОК от собственной среды.

#### Принцип резервирования

Каждый парогенератор снабжен двумя отсекающими по пару арматурами: быстродействующим запорно-отсечным клапаном (БЗОК) и отсечной электроприводной задвижкой. Принцип резервирования реализован также применением в каждом БЗОКе двух управляющих электроприводных клапанов, которые осуществляют быстрое закрытие БЗОК от собственной среды.

#### Принцип разнообразия

Принцип разнообразия реализован применением на паропроводе каждого парогенератора арматуры с разным типом привода (БЗОК – привод, работающий от собственной среды, отсечная задвижка - электроприводная).

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	299
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-4
--------------------	--	------------------	---------

#### Принцип разделения

БЗОК и отсечная электроприводная задвижка каждого канала расположены в своем помещении паровой камеры, отделенном от БЗОКов и отсечных электроприводных задвижек других каналов строительными конструкциями. Строительные конструкции рассчитаны на восприятие динамических воздействий от разрыва трубопроводов, летящих предметов и сейсмического воздействия (МРЗ), а также от перепада давления при разрыве паропроводов. Таким образом, благодаря физическому разделению, отказ БЗОК или отсечной электроприводной задвижки какого-либо канала не приведет к отказу БЗОК и отсечной электроприводной задвижки других каналов.

#### Принцип включения в работу

Для выполнения принципа включения в работу как одного из принципов безопасности реализовано автоматическое включение в работу (закрытие БЗОК и отсечной электроприводной арматуры), не требующее вмешательства оператора.

#### **5.4.5.1.4 Требования к связанным системам**

Для обеспечения работоспособности системы отсечения главных паропроводов и выполнения ею своих функций необходимо функционирование следующих систем:

- системы электроснабжения (нормального и аварийного) для обеспечения электропитанием электроприводных элементов системы. Описание системы аварийного электроснабжения представлено в главе 8 ОООб;
- система управления, КИП и автоматики - предусматривает контрольно-измерительные приборы для управления и контроля системы, обеспечивает автоматическое включение в работу системы. Описание системы управления и КИП представлено в главе 7 ОООб;
- система вентиляции и охлаждения помещений - обеспечивает поддержание параметров окружающей среды, необходимых для нормальной эксплуатации системы. Описание системы вентиляции представлено в разделе 12.3 ОООб.;

#### **5.4.5.1.5 Требования к компоновке**

Компоновка системы и взаимное расположение элементов выполнены с учетом следующих основных принципов:

- обеспечение принципа разделения;
- обеспечение необходимых условий для нормального протекания предусмотренных проектом технологических процессов;
- для оборудования, трубопроводов и арматуры обеспечены доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонта в период ППР;
- сокращение до минимума технологических коммуникаций;
- обеспечение безопасных условий эксплуатации для персонала.

#### **5.4.5.2 Проект системы**

##### **5.4.5.2.1 Описание технологической схемы**

Схема системы отсечения главных паропроводов является составной частью технологической схемы системы паропроводов свежего пара LBA. Часть схемы системы паропроводов свежего пара в составе главного парового арматурного блока и отсечной электроприводной арматуры для канала LBA10 приведена на рисунке 5.4.5.2.1.1. Для каналов LBA20, LBA30, LBA40 схемы идентичны.

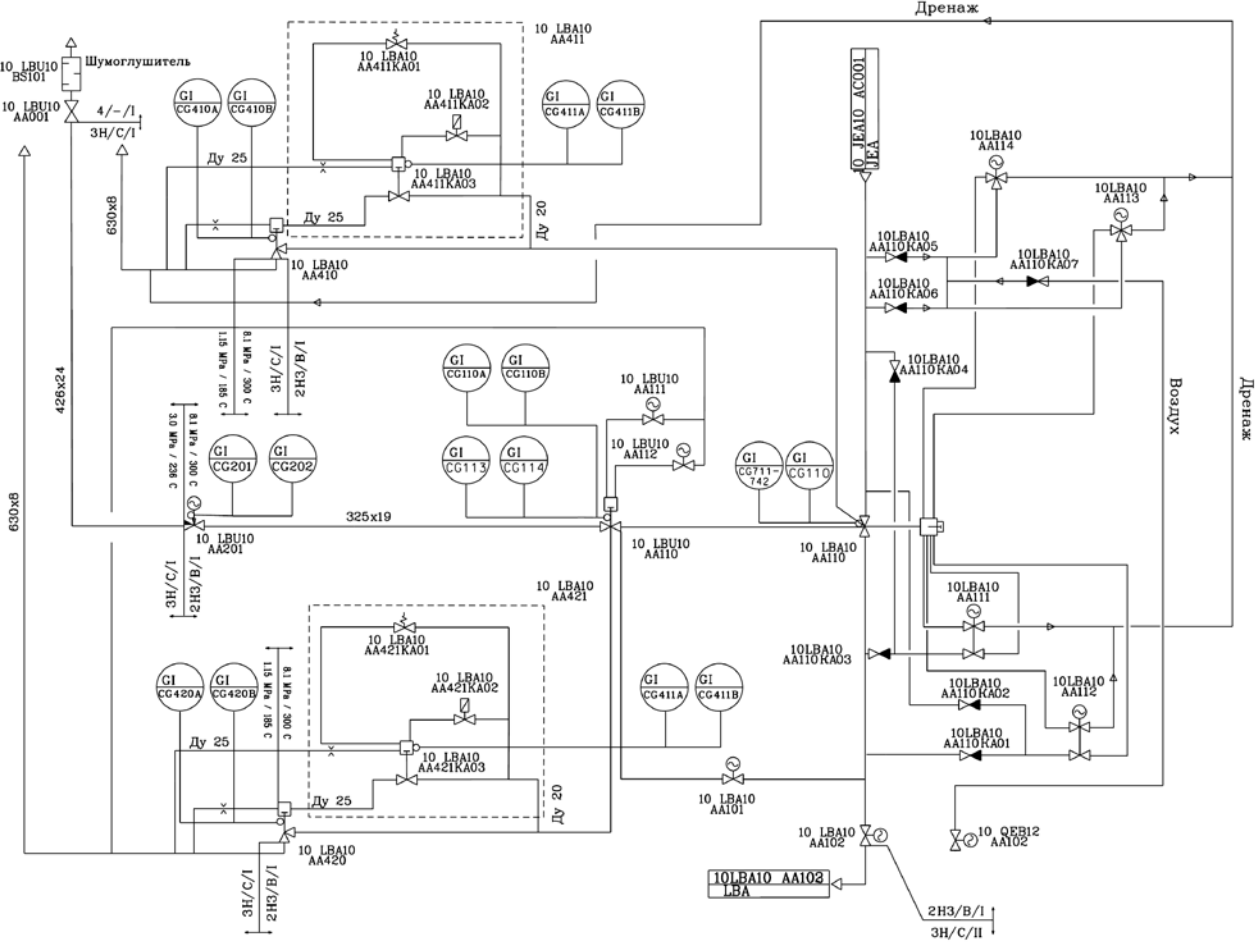
В состав системы отсечения главных паропроводов входят быстродействующие запорно-отсечные клапаны LBA10(20, 30, 40) AA110 с управляющей арматурой LBA10(20, 30, 40) AA111, LBA10(20, 30, 40) AA112, LBA10(20, 30, 40) AA113, LBA10(20, 30, 40) AA114

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	300
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-5
--------------------	---	------------------	---------

и отсечные электроприводные задвижки LBA10(20, 30, 40) AA102, установленные на главных паропроводах высокого давления, входящих в систему паропроводов свежего пара LBA.

Организована линия байпаса БЗОК с установленной на ней арматурой LBA10(20, 30, 40) AA101 для обеспечения прогрева тупиковых участков главного парового арматурного блока и паропроводов за БЗОК в режиме пуска блока.



- LBA10(20, 30, 40) AA410, 420 - ИПУ ПГ
- LBA10(20, 30, 40) AA110 - БЗОК
- LBA10(20, 30, 40) AA102 - отсечная электроприводная задвижка
- LBU10(20, 30, 40) AA201 - БРУ-А
- LBU10(20, 30, 40) AA110 - запорный клапан перед БРУ-А

Рисунок 5.4.5.2.1.1 - Схема системы паропроводов свежего пара до отсечной электроприводной задвижки включительно

**5.4.5.2.2 Описание элементов**

Быстродействующий запорно-отсечной клапан (БЗОК) LBA10(20, 30, 40) AA110

Клапан предназначен для быстрого и надежного отсечения парогенератора при авариях с разрывами паропроводов и при авариях с течью теплоносителя из первого контура во второй. Для выполнения этой функции выбирается клапан с минимально возможным временем закрытия.

Для приведения в действие БЗОК предусмотрены:

- Управляющие четырехходовые электроприводные клапаны LBA10(20, 30, 40) AA111, LBA10(20, 30, 40) AA112, обеспечивающие быстрое аварийное закрытие БЗОК. Каждый из этих клапанов конструктивно состоит из клапана подачи среды в камеру над

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	301
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-6
--------------------	--	------------------	---------

поршнем привода и клапана сброса среды из камеры под поршнем, управляемых одним приводом. Таким образом, при срабатывании управляющего клапана нагружение верхней камеры и разгрузка нижней происходит одновременно, что гарантирует быстрое закрытие БЗОК.

- Управляющие трехходовые электроприводные клапаны LBA10(20, 30, 40) AA113 (подключенный к верхней поршневой камере), LBA10(20, 30, 40) AA114 (подключенный к нижней поршневой камере), обеспечивающие медленное открытие/закрытие БЗОК. Каждый из указанных клапанов имеет два положения и обеспечивает либо нагружение соответствующей камеры, либо сброс среды из нее. Медленное срабатывание БЗОК достигается установкой на соответствующих линиях дроссельных устройств, ограничивающих скорость истечения среды.

Для проверки работоспособности механических частей БЗОК во время останова (при проведении ППР), предусмотрен подвод технологического сжатого воздуха давлением  $0,8 \pm 0,05$  МПа к поршневым камерам привода.

Для предотвращения утечки пара из полостей над и под поршнем конструкцией БЗОК предусмотрены обратные клапаны в местах подвода рабочей среды к приводу. Конструкция и система управления БЗОК обеспечивает его надежную работу в режимах нормальной эксплуатации и при авариях.

Техническая характеристика БЗОК приведена в таблице 5.4.5.2.1.1.

Таблица 5.4.5.2.1.1 - Техническая характеристика быстродействующего запорно-отсечного клапана (БЗОК) LBA10(20, 30, 40) AA110

Описание	Значение
Проход условный, мм	600
Номинальное давление в системе при работе блока на мощности 100%, МПа (абсолютное)	7,0
Расчетное давление, МПа (абсолютное)	8,2
Расчетный перепад давления на клапане, МПа	8,1
Расчетная температура, °С	300
Расход насыщенного пара через клапан, т/ч	1602
Величина протечки через затвор, см <sup>3</sup> /мин	0,0006•DN
Величина протечки в окружающую среду, см <sup>3</sup> /мин	не допускается
Время открытия, с (не более)	150

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	302
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-7
--------------------	--	------------------	---------

Таблица 5.4.5.2.1.1 (продолжение)

Время аварийного закрытия: при давлении в ПГ более 1,0 МПа, с (не более) при давлении в ПГ менее 1,0 МПа, с (не более)	10 150
Коэффициент гидравлического сопротивления, $\xi$	Определяется в соответствии с НП-068-05 (п. 2.3.5) (перепад давления при номинальном расходе $\leq 0,02$ (МПа))
Масса, кг, не более	по согласованию
Наружный диаметр и толщина присоединяемого трубопровода DN•S: - на входе - на выходе	630×25 DN 800
Давление гидроиспытаний системы, МПа (абсолютное): - на плотность - на прочность	8,2 10,98
Примечание - Наружный диаметр и толщина присоединяемого трубопровода DN 800 будут уточнены по результатам разработки Проекта АЭС-2006 на площадке ЛАЭС.	

Отсечная электроприводная задвижка LBA10(20, 30, 40) AA102

Задвижка предназначена для отсечения парогенератора при авариях с разрывами паропроводов и при авариях с течью теплоносителя из первого контура во второй в качестве дублирующего элемента БЗОК.

Техническая характеристика отсечной электроприводной задвижки приведена в таблице 5.4.5.2.1.2.

Таблица 5.4.5.2.1.2- Техническая характеристика отсечной электроприводной задвижки LBA10(20, 30, 40) AA102

Описание	Значение
Проход условный, мм	800
Номинальное давление в системе при работе блока на мощности 100%, МПа (абсолютное)	7,0
Расчетное давление, МПа (абсолютное)	8,2
Расчетный перепад давления на клапане, МПа	8,1
Расчетная температура, °С	300
Расход насыщенного пара через клапан, т/ч	1602

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	303
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-8
--------------------	--	------------------	---------

Таблица 5.4.5.2.1.2 (продолжение)

Время закрытия, с (не более)	135
Наружный диаметр и толщина присоединяемого трубопровода DN•S: - на входе - на выходе	DN 800 DN 800
Давление гидроиспытаний системы, МПа (абсолютное): - на плотность - на прочность	8,2 10,98
Примечание - Наружный диаметр и толщина присоединяемого трубопровода DN 800 будут уточнены по результатам разработки сортамента труб и сборочных единиц трубопроводов.	

#### 5.4.5.2.3 Описание использованных материалов

Выбор материалов элементов системы отсечения главных паропроводов осуществляется с учетом требуемых физико-механических характеристик, технологичности, свариваемости, а также способности работать в условиях проектных характеристик рабочей среды, а при необходимости, в условиях применения дезактивирующих растворов, в течение всего срока службы.

На основании этого, в качестве основного материала принята углеродистая сталь. Все подсоединения к паропроводу сварные.

#### 5.4.5.2.4 Защита от превышения давления

Для защиты от превышения давления предусмотрены импульсно-предохранительные устройства парогенераторов (ИПУ ПГ). Система защиты второго контура от превышения давления описана в подразделе 12.1.6 ОООб.

#### 5.4.5.2.5 Размещение оборудования

Быстродействующие запорно-отсечные клапаны системы и расположенные за ними по ходу пара отсечные электроприводные задвижки установлены на паропроводах от каждого парогенератора помещениях паровой камеры.

БЗОК и отсечная электроприводная задвижка каждого канала расположены в своем помещении, отделенном от БЗОКов и отсечных электроприводных задвижек других каналов строительными конструкциями, которые рассчитаны на восприятие динамических воздействий от разрыва трубопроводов, летящих предметов и сейсмического воздействия (МРЗ).

Все элементы системы расположены за пределами защитной оболочки, и к ним обеспечены условия доступа для проведения технического обслуживания и ремонта.

Компоновочными решениями обеспечено физическое разделение БЗОКов и отсечных электроприводных задвижек разных ПГ.

#### 5.4.5.2.6 Отключение системы

При остановленной и расхоложенной реакторной установке, когда параметры первого контура снижены до стояночных, а второй контур расхоложен и сдренирован, система отсечения главных паропроводов отключается.

При этом БЗОКи и отсечные задвижки приводятся в закрытое положение, арматура системы обесточивается, цепи электросилового питания разбираются.

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	304
--------------------------------------	--	-----



АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-9
--------------------	--	------------------	---------

### 5.4.5.3 Управление и контроль работы системы

#### 5.4.5.3.1 Описание защит, блокировок и действий оператора

В основу проектирования системы управления и контроля положено выполнение следующих требований:

- обеспечение выполнения технологической системой заданных функций;
- обеспечение сохранности оборудования;
- выдача оператору информации по технологическим параметрам, включая отклонения от номинальных значений для обеспечения действий оператора.

Система электроснабжения нормальной эксплуатации обеспечивает электропитанием электроприводные элементы системы отсечения главных паропроводов в режимах нормальной эксплуатации. Импульсные клапаны БЗОК являются потребителями первой группы надежности системы аварийного электроснабжения, что обеспечивает выполнение функции БЗОК во всех проектных режимах. Отсечная электроприводная задвижка является потребителем второй группы надежности системы аварийного электроснабжения (допустимый перерыв питания 15 с).

Перечень защит, блокировок и действий оператора представлен в таблице 5.4.5.3.1.1.

#### 5.4.5.3.2 Точки контроля

Основные точки технологического контроля в системе отсечения главных паропроводов:

- давление пара в главных паропроводах;
- мощность гамма-излучения на поверхности главного паропровода;

Объем технологического контроля показан на технологических схемах паропроводов свежего пара и обвязки парового арматурного блока, рисунки 6.2.1.1.1, 6.2.1.1.2 раздела 6.2.

Требования к контрольно-измерительной аппаратуре, информация о резервировании датчиков, а также связях с управляющими системами подробно изложена в главе 7 ОООб.

Точками технологического контроля для системы защиты второго контура от превышения давления являются замеры давления в главных паропроводах LBA10(20, 30, 40)CP711(721, 731, 741), LBA10(20, 30, 40)CR811(812, 821, 822, 831, 832, 841, 842).

Перечень точек контроля системы отсечения главного паропровода представлен в разделе 6.2 ОООб.

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	305
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 6 Паротурбинная установка	Изм. 15.08.16	6.4-10
--------------------	---	------------------	--------

Таблица 5.4.5.3.1.1 – Перечень защит, блокировок и действий оператора

Оборудование	Описание защит и блокировок
1. Арматура	
Быстродействующий запорно-отсечной клапан (БЗОК) LBA10 AA110 LBA20 AA110 LBA30 AA110 LBA40 AA110	<p>Нормально открыт.</p> <p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически по сигналам от системы защиты станции.</p> <p>Автоматически закрывается при совпадении сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-давление в паропроводе менее 5,63 МПа.</li> <li>-разность между температурой насыщения первого и второго контура более 70 °С.</li> </ul> <p>При аварии, связанной с течью из первого контура во второй автоматически закрывается на всех четырех паропроводах при совпадении сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Активированы функции CD13 и CD14 СКУ систем безопасности, подтверждающие факт течи из первого контура во второй.</li> </ul> <p>давление в первом контуре менее 8,2 МПа.</p>
Отсечная задвижка с электроприводом LBA10 AA102 LBA20 AA102 LBA30 AA102 LBA40 AA102	<p>Нормально открыта.</p> <p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически по сигналам от системы защиты станции.</p> <p>Автоматически закрывается при совпадении сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-давление в паропроводе менее 5,63 МПа.</li> <li>-разность между температурой насыщения первого и второго контура более 70 °С.</li> </ul> <p>При аварии, связанной с течью из первого контура во второй автоматически закрывается на всех четырех паропроводах при совпадении сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Активированы функции CD13 и CD14 СКУ систем безопасности, подтверждающие факт течи из первого контура во второй.</li> </ul> <p>давление в первом контуре менее 8,2 МПа.</p>

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	306
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 6 Паротурбинная установка	Изм. 15.08.16	6.4-11
--------------------	---	------------------	--------

#### 5.4.5.4 Испытания и проверки

Изготовление и монтаж оборудования и трубопроводов производятся в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов по безопасности в атомной энергетике и с требованиями рабочей документации.

Контроль качества при изготовлении и монтаже оборудования и трубопроводов проводится службами заводов-изготовителей и монтажных организаций в объеме требований "Программы контроля качества изделий атомной энергетике" (ОСТ 108.004-10-88).

Контроль при монтаже и строительстве выполняется:

- группой авторского надзора Генпроектировщика;
- специальными службами монтажных организаций;
- кураторской службой Заказчика;
- инспекцией органов надзора в атомной энергетике.

Перед пуском станции проводится комплекс испытаний системы по программе пусконаладочных испытаний для проверки соответствия БЗОК и отсечных электроприводных задвижек проектным техническим характеристикам как системы в целом, так и отдельных ее элементов.

В процессе эксплуатации предусматриваются периодические испытания БЗОК при работе блока на мощности и при остановленном реакторе с проверкой формирования и прохождения сигналов на включение системы.

Проверка функциональной способности действия БЗОК и схем управления, а также отсечных электроприводных задвижек, проводится перед первым пуском блока и последующими плановыми пусками. При этом проверяется правильность настройки конечных выключателей, сигнализации крайних положений, время закрытия БЗОК и отсечных электроприводных задвижек. Проверка работоспособности БЗОК при отсутствии давления в системе производится путем подачи технологического воздуха давлением  $0,8 \pm 0,05$  МПа к приводу БЗОК. Периодичность опробования выбирается в соответствии с требованиями заводской документации, основных правил обеспечения эксплуатации атомных станций, технологического регламента безопасной эксплуатации энергоблока, а также в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Эксплуатационный контроль системы и ее элементов производится в соответствии с заводскими инструкциями по эксплуатации и технологическим регламентом.

Гидравлические испытания основных элементов на прочность и плотность производятся в соответствии с разделом 5 ПНАЭ Г-7-008-89.

Результаты проверок и испытаний фиксируются в соответствующей документации.

#### 5.4.5.5 Анализ проекта

##### 5.4.5.5.1 Показатели надежности системы

Качественный анализ системы с указанием состояния элементов системы в режимах работы и ожидания, возможность восстановления их работоспособности, виды их контроля и отказов, влияние отказов на работоспособность системы приведено в таблице 5.4.5.5.1.1.

Количественные показатели надежности основного оборудования системы:

- Вероятность безотказной работы:
- БЗОК и электроприводная задвижка 0,995 на 25 циклов.
- Импульсные клапаны БЗОК и электропривод задвижки 0,998 на 25 циклов.
- Коэффициент технического использования не менее 0,8.
- Назначенный срок службы, лет 50

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	307
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 6 Паротурбинная установка	Изм. 15.08.16	6.4-12
--------------------	---	------------------	--------

- Срок службы между капитальными ремонтами, лет не менее 12.
- Назначенный ресурс до капитального ремонта, ч 110000 (включая 10 циклов быстрого закрытия).

Количественный анализ надежности системы и вклад системы в условную вероятность тяжелого повреждения активной зоны реактора для каждого исходного события представлен в «Вероятностном анализе безопасности».

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	308
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-13
--------------------	---	------------------	----------

Таблица 5.4.5.5.1.1 - Качественный анализ надежности элементов системы

Наименование элемента	Маркировка	Состояние элемента		Вид отказа		Контроль в режиме ожидания	Возможность восстановления элемента		Последствия отказа
		режим ожидания	режим аварии	режим ожидания	режим аварии		режим ожидания	режим аварии	
1.Быстродействующий запорно-отсечной клапан (БЗОК)	LBA10 AA110 LBA20 AA110 LBA30 AA110 LBA40 AA110	открыт	закрыт	не закрывается	не закрывается	непрерывный	не восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ системы по выполнению функции локализации течи в одном канале (при совместном отказе с соответствующей задвижкой 4)
2. Управляющий электроприводной клапан быстрого закрытия БЗОК	LBA10 AA111 LBA20 AA111 LBA30 AA111 LBA40 AA111	закрыт	открыт	не открывает	не открывает	непрерывный	восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ системы по выполнению функции быстрого закрытия БЗОК при совместном отказе с клапаном 3

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	309
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-14
--------------------	---	------------------	----------

Таблица 5.4.5.5.1.1. (продолжение)

3. Управляющий электроприводной клапан быстрого закрытия БЗОК	LBA10 AA112 LBA20 AA112 LBA30 AA112 LBA40 AA112	закрыт	открыт	не открывает	не открывает	непрерывный	восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ системы по выполнению функции быстрого закрытия БЗОК при совместном отказе с клапаном 2
4. Отсечная электроприводная задвижка	LBA10 AA102 LBA20 AA102 LBA30 AA102 LBA40 AA102	открыта	закрыта	не закрывает	не закрывает	непрерывный	не восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ системы по выполнению функции локализации течи в одном канале (при совместном отказе с соответствующим БЗОК 1)
5. Клапан на байпасе БЗОК	LBA10 AA101 LBA20 AA101 LBA30 AA101 LBA40 AA101	закрыт	закрыт	не закрывает	не закрывает	непрерывный	не восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ системы при совместном отказе с соответствующей задвижкой 4

LN20.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	310
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-15
--------------------	--	------------------	----------

#### 5.4.5.5.2 Функционирование системы в режимах нормальной эксплуатации

В режиме нормальной эксплуатации АЭС (работа на различных уровнях мощности) БЗОКи и отсечные электроприводные задвижки находятся в открытом состоянии.

При этом арматура обвязки БЗОК, выполняющая функции безопасности, находится в режиме ожидания (в состоянии готовности на случай возникновения проектных аварий).

#### 5.4.4.5.3 Функционирование системы при отказах

Критерием отказа системы по выполнению своих функций является незакрытие БЗОК и отсечных электроприводных задвижек в аварийных ситуациях, требующих их срабатывания.

Отказ может быть связан с внутренним дефектом отсечных устройств или с отказом обеспечивающих систем - электропитания, управления и контроля.

В случае отказа в системе одного БЗОКа его функции берет на себя отсечная электроприводная задвижка данного канала.

При отказе одного управляющего клапана оставшийся в работоспособном состоянии управляющий клапан обеспечивает быстрое закрытие БЗОК.

#### 5.4.5.5.4 Функционирование системы в режимах нарушения нормальных условий эксплуатации

В режимах нарушения нормальных условий эксплуатации БЗОК и отсечные электроприводные задвижки открыты и находятся в состоянии готовности на случай возникновения проектных аварий. Во всех аварийных режимах, сопровождающихся потерей электроснабжения, БЗОК и отсечная электроприводная выполняют функции безопасности, поскольку имеют электроснабжение от системы аварийного электроснабжения.

#### 5.4.5.5.5 Функционирование системы при проектных авариях

Система отсечения главных паропроводов предназначена для работы в следующих аварийных режимах:

- разрывах паропроводов или трубопроводов питательной воды;
- течи из первого контура во второй;

##### Разрыв паропровода или трубопровода питательной воды

При авариях, связанных с разрывом паропровода или трубопровода питательной воды по совпадению сигналов:

- Давление в паропроводе  $< 5,63$  МПа.
- Разность между температурой насыщения первого и второго контура  $> 70$  °С.

закрываются БЗОКи и отсечные электроприводные задвижки на паропроводах всех парогенераторов. Срабатывает АЗ реактора. Закрываются стопорные клапаны турбины. Блок переводится в режим расхолаживания.

Подробное описание алгоритма протекания аварии представлено в разделе 6.2 ОООб.

##### Течь из первого контура во второй

Рассматривается разрыв коллектора парогенератора эквивалентным диаметром течи Ду100 мм. Исходное состояние блока - работа на номинальной мощности. По совпадению сигналов:

- Мощность гамма-излучения на поверхности главного паропровода  $> 2 \cdot 10^{-6}$  Гр/ч
- активация функции АА13 “Потеря теплоносителя первого контура” СКУ систем безопасности;
- отсутствие сигнала “Давление в герметичной оболочке более 30 кПа”;

Или по совпадению сигналов:

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	311
--------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-16
--------------------	--	------------------	----------

- уровень котловой воды в аварийном парогенераторе более 0,25 м от номинального;

- активация функции AA13 “Потеря теплоносителя первого контура” СКУ систем безопасности;

- отсутствие сигнала “Давление в герметичной оболочке более 30 кПа”;

Происходит активация функций CD13 “ Изоляция аварийного ПГ при течи из первого контура во второй ” и CD14 “ Определение неаварийных ПГ при течи из первого контура во второй ” СКУ систем безопасности.

При этом срабатывает аварийная защита реактора и с задержкой 5 секунд закрываются стопорные клапаны турбины. Открываются запорные клапаны перед БРУ-А неаварийных парогенераторов и регуляторы БРУ-А неаварийных парогенераторов включаются в режим расхолаживания со скоростью 60 °С/ч.

При снижении давления в первом контуре до 8,2 МПа закрываются БЗОКи на всех паропроводах и начинается подача борного раствора в первый контур в соответствии с характеристикой насоса аварийного впрыска высокого давления (JND). Аварийный парогенератор отсекается по питательной и продувочной воде. Закрывается запорный клапан перед БРУ-А и БРУ-А аварийного парогенератора.

Таким образом локализуется аварийный парогенератор и дальнейшее расхолаживание производится через БРУ-А неаварийных парогенераторов.

#### **5.4.5.5.6 Функционирование системы при запроектных авариях**

Функционирование системы питательной воды в режиме ЗПА не предусматривается.

#### **5.4.5.5.7 Функционирование системы при внешних воздействиях**

Система отсечения главных паропроводов способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

Система защищена от внешних воздействий, стихийных явлений: землетрясений, ураганов, наводнений, экстремальных температур.

Защита от воздействия струй, попадания летящих предметов и ударов волн обеспечивается компоновочными решениями. Система выполняет заданные функции при условии сохранения целостности и обеспечения электропитания элементов системы.

Оборудование системы относится к первой категории сейсмостойкости и выдерживает максимальное проектное землетрясение. Все оборудование и трубопроводы системы размещены в помещениях первой категории сейсмостойкости.

Система защищена от экстремальных температур, так как оборудование расположено в помещениях, имеющих системы вентиляции и охлаждения.

#### **5.4.5.5.8 Анализ безопасности проекта**

Система отсечения главных паропроводов состоит из четырех БЗОК и четырех отсечных электроприводных задвижек, которые имеют свою независимую технологическую часть, систему управления и обеспечивающие системы. БЗОКи и отсечные электроприводные задвижки каждого парогенератора физически разделены с БЗОКами и отсечными электроприводными задвижками других парогенераторов.

Система обеспечивает надежное отсечение ПГ по пару в аварийных ситуациях с разрывом паропроводов, что достигается:

- различными принципами, положенными в основу проектирования отсечных органов, установленных на одном паропроводе;

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	312
--------------------------------------	--	-----



АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 5 Первый контур и связанные с ним системы	Изм. 15.08.16	5.4.5-17
--------------------	--	------------------	----------

- конструкцией и степенью резервирования управляющей арматуры БЗОК, что обеспечивает его надежное закрытие и быстроту отсечения, регламентируемую режимами течей паропроводов.

Таким образом, проект системы обеспечивает выполнение заданных функций во всех режимах, требующих ее работы.

#### **5.4.5.5.9 Сравнение с аналогичными проектами**

Технические и организационные решения, принятые для обеспечения безопасности эксплуатации системы отсечения главных паропроводов, апробированы прежним опытом проектирования, испытаниями, исследованиями, а также подтверждены опытом эксплуатации подобных систем на действующих АЭС России и энергоблоках АЭС с ВВЭР-1000 за рубежом.

#### **5.4.5.5.10 Выводы**

Система соответствует предъявляемым к ней требованиям и НТД по безопасности.

LN2O.P.110.1.050405.&&&&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	313
--------------------------------------	--	-----