

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.16	12.1.9-1
--------------------	---	------------------	----------

12.1.9 СИСТЕМА АВАРИЙНОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ (LAR/LAS)

Дата		08.2016
Заместитель главного инженера проекта		Ю.Л. Ермакович
Нормоконтроль		К.В. Горенинов
Проверил		Л.В. Носанкова
Разработал		А.Н. Незлобин
		В.В. Егоров
Всего листов		27

СОДЕРЖАНИЕ

12.1.9.1 Проектные основы	3
12.1.9.1.1 Назначение и функции системы LAR/LAS	3
12.1.9.1.2 Проектные режимы и исходные данные.....	3
12.1.9.1.3 Принципы проектирования и обеспечения безопасности	7
12.1.9.1.4 Требования к связанным системам	8
12.1.9.1.5 Требования к компоновке	9
12.1.9.2 Проект системы LAR/LAS	9
12.1.9.2.1 Описание технологической схемы	9
12.1.9.2.2 Описание элементов	11
12.1.9.2.3 Описание использованных материалов	13
12.1.9.2.4 Размещение оборудования	13
12.1.9.2.5 Отключение системы.....	14
12.1.9.3 Управление и контроль работы системы LAR/LAS	14
12.1.9.3.1 Описание защит и блокировок.....	14
12.1.9.3.2 Точки контроля.....	21
12.1.9.3.3 Пределы и условия безопасной эксплуатации, эксплуатационные пределы	63
12.1.9.3.4 Действия оператора	63
12.1.9.4 Испытания и проверки.....	63
12.1.9.5 Анализ проекта.....	64
12.1.9.5.1 Показатели надежности системы в целом	64
12.1.9.5.2 Показатели надежности оборудования системы.....	70
12.1.9.5.2 Функционирование системы LAR/LAS в режимах нормальной эксплуатации	70
12.1.9.5.3 Функционирование системы LAR/LAS в режимах нарушений нормальных условий эксплуатации	71
12.1.9.5.4 Функционирование системы LAR/LAS при проектных авариях	71
12.1.9.5.5 Функционирование системы LAR/LAS при запроектных авариях.....	72

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001_&_F=0

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	65
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-2
--------------------	---	--------------------	----------

12.1.9.1 Проектные основы

12.1.9.1.1 Назначение и функции системы LAR/LAS

Система аварийной питательной воды (LAR/LAS) предназначена для обеспечения питательной водой парогенераторов в режимах нарушений нормальных условий эксплуатации и в проектных авариях, когда подача питательной воды от штатной системы и вспомогательной системы невозможна. Система должна функционировать при исходных событиях, связанных с понижением уровня воды в парогенераторах и требующих аварийного расхолаживания или поддержания блока в горячем резерве.

В соответствии НП-001-97 (ОПБ-88/97) система аварийной питательной воды по назначению является системой безопасности, по влиянию на безопасность - важной для безопасности, а по характеру выполняемых функций - защитной системой безопасности.

Все элементы системы аварийной питательной воды относятся ко второму классу безопасности в соответствии с НП-001-97 (ОПБ-88/97), классификационное обозначение «23», к группе «В» по ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1,2) и первой категории сейсмостойкости по НП-031-01, обозначение на технологической схеме «I».

Арматура и трубопроводы до запорной арматуры LAR10(20, 30, 40)AA801, находящиеся вне герметичной оболочки, при аварии с разуплотнением первого контура являются также барьером, препятствующим выходу радиоактивности в окружающую среду, и имеют классификационное обозначение «23Л» в соответствии с НП-001-97 (ОПБ-88/97).

Классификация элементов системы аварийной питательной воды представлена на рисунке 12.1.9.1.2.1.

12.1.9.1.2 Проектные режимы и исходные данные

12.1.9.1.2.1 При нормальной эксплуатации АЭС (НУЭ) функционирование системы не требуется.

12.1.9.1.2.2 При нарушении нормальных условий эксплуатации (ННУЭ) система выполняет заданную функцию по 12.1.9.1.1

12.1.9.1.2.3 При проектных авариях (ПА) система выполняет заданную функцию по 12.1.9.1.1

В режиме аварийной подпитки система должна обеспечить подачу воды в парогенераторы при следующих значениях противодавления:

9,5 МПа	77 м ³ /ч
7,9 МПа	138 м ³ /ч
7,4 МПа	165 м ³ /ч

Система должна обеспечивать подачу воды в парогенераторы не позднее, чем через 120 с при обесточивании.

Система должна обеспечивать подачу воды в парогенераторы на всем этапе расхолаживания до давления в парогенераторах 0,1 МПа.

Система должна обеспечивать в режиме обесточивания при работе одного канала и БРУ-А максимально-необходимую скорость расхолаживания 15 °С/ч.

Система должна обеспечивать поддержание заданного уровня в парогенераторах.

Трубопроводы от аварийных питательных насосов должны иметь самостоятельное подсоединение к парогенератору.

В переходных режимах (пуск и останов реакторной установки) система должна быть готова к выполнению заданных функций при температуре в первом контуре более 150 °С.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	66
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-3
--------------------	---	--------------------	----------

Система должна иметь возможность периодического испытания и опробования в составе канала систем безопасности, а также опробования отдельных ее узлов и элементов без нарушения условий нормальной эксплуатации.

Система должна работать во время аварийных ситуаций и сохранять работоспособность в послеаварийный период.

Система должна иметь возможность длительного вывода в ремонт элементов одного канала при работе реактора на мощности.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	67
---------------------------------------	--	----

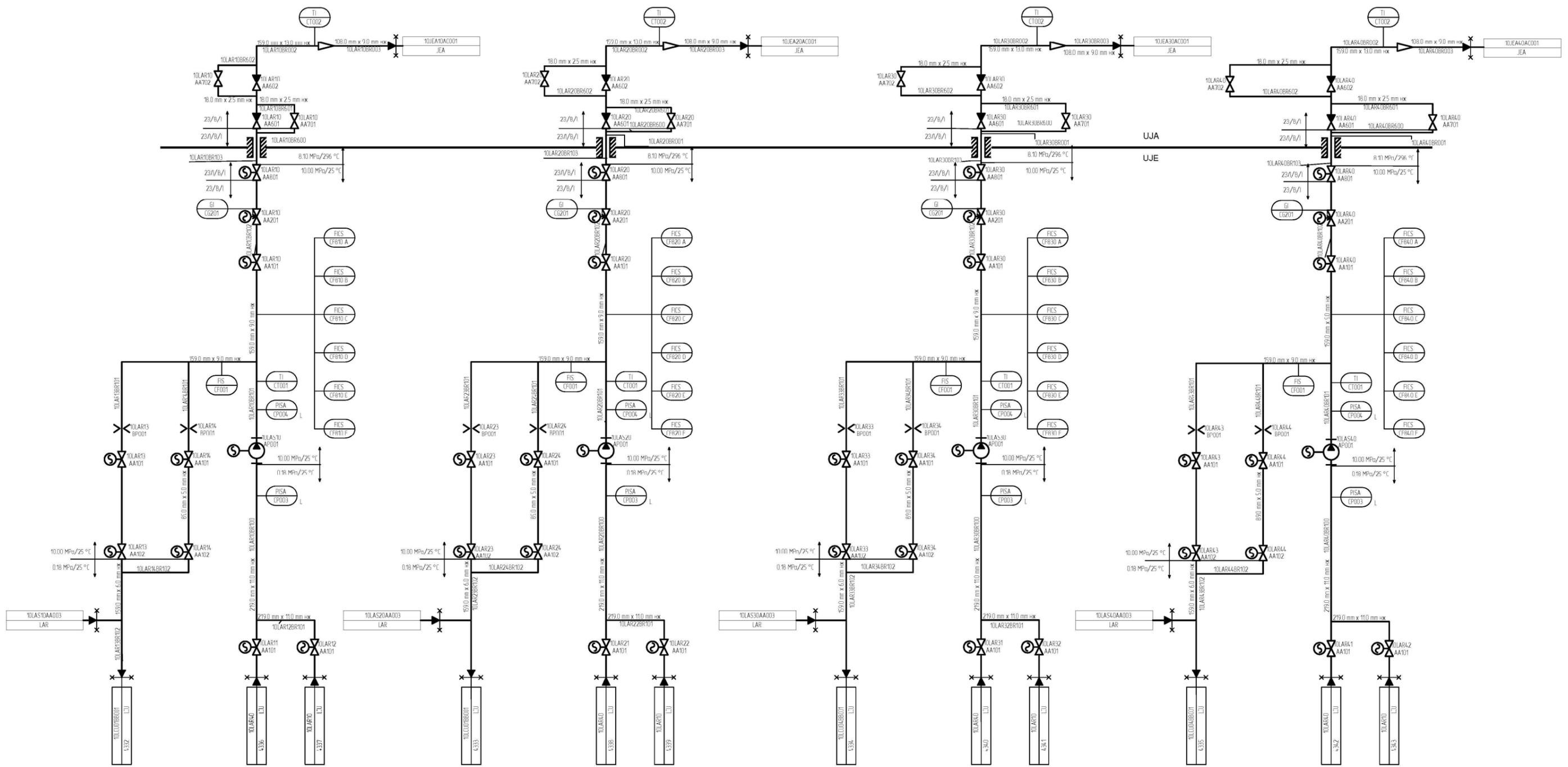


Рисунок 12.1.9.1.2.1 – Технологическая схема аварийной питательной воды LAR/LAS

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-5
--------------------	---	--------------------	----------

12.1.9.1.3 Принципы проектирования и обеспечения безопасности

Система должна быть спроектирована в соответствии со следующими нормативными документами:

- Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ПНАЭ Г-01-011-97) НП-001-97;
- НП-082-07 Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций;
- 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;
- 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);
- Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. ПНАЭГ-7-010-89 (с изм. 1);
- Требования к программе обеспечения качества для атомных станций НП-011-99;
- Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций СанПиН 2.6.1.24-03 (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".

Система должна включаться автоматически по импульсу от программы ступенчатого пуска или по понижению уровня в парогенераторе менее номинального $H_{ном}$ минус 900 мм при температуре первого контура $T_{1к} > 150$ °С. При обесточивании блока система осуществляет подачу воды в парогенераторы не менее 6 ч для отвода остаточных тепловыделений на первом этапе аварийного расхолаживания.

При проектировании системы должны учитываться следующие принципы обеспечения безопасности:

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

Принцип единичного отказа

Принцип единичного отказа выполняется за счет канального построения системы. В соответствии со структурой построения защитных систем безопасности система имеет четыре независимых физически разделенных канала. Каждый канал обеспечивает выполнение функций безопасности в полном объеме в режимах проектных аварий. Наличие четырех каналов допускает вывод одного из четырех каналов в ремонт на длительный срок и обеспечивает выполнение системой своих функций при отказах двух каналов (зависимый от исходного события аварии отказ одного канала, отказ второго канала в результате независимого от исходного события отказа любого активного или пассивного, имеющего

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	69
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-6
--------------------	---	--------------------	----------

механические движущиеся части, элемента, или одной независимой от исходного события ошибки персонала). Согласно принятым проектным характеристикам оборудования, одного работоспособного канала достаточно для осуществления системой проектных функций в полном объеме.

Принцип резервирования

Система аварийной питательной воды выполнена четырехканальной. Такая кратность резервирования в системе позволяет с учетом ремонта одного канала и учетом принципа единичного отказа обеспечить выполнение функции безопасности.

Принцип разделения

Для исключения зависимых отказов, а также для исключения влияния любых видов работ, выполняемых на оборудовании одного из каналов (ремонт, техническое обслуживание), на другие каналы, оборудование отдельных каналов системы вне герметичной оболочки размещается в отдельных, изолированных одно от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях паровой камеры, а внутри герметичной оболочки трубопроводы каналов пространственно разнесены. Каналы системы независимы друг от друга в технологической части, системах управления, обеспечивающих системах, местах расположения оборудования, трубопроводов, кабелей, элементов управления и т.д. Таким образом, благодаря физическому разделению каналов, отказ в одном канале не может привести к отказу в другом канале.

Принцип автоматического включения в работу

Реализовано автоматическое включение системы в работу, не требующее вмешательства оператора. Автоматическое включение системы в работу происходит при:

- обесточивании;
- совпадении сигналов:
 - 1) уровень в парогенераторе менее номинального $H_{ном}$ минус 900 мм;
 - 2) температура в первом контуре более 150 °С.

Параметры, участвующие в формировании сигналов автоматического запуска системы, представлены ниже в 12.1.9.3 «Управление и контроль работы системы».

12.1.9.1.4 Требования к связанным системам

Каждый канал системы LAR/LAS имеет связи со следующими системами:

- парогенераторами (JEA);
- системой подпиточной воды (LCU);
- системой аварийного электроснабжения;
- системой контроля и управления;
- системой вентиляции и охлаждения помещений.

Функционирование перечисленных систем необходимо для обеспечения работоспособности системы LAR/LAS.

Система подпиточной воды (LCU) должна обеспечивать хранение и подачу обессоленной воды к системе LAR/LAS во всех режимах, требующих работы системы аварийной питательной воды.

Описание системы LCU представлено в разделе 6.6 ОООб.

Система аварийного электроснабжения должна обеспечивать электропитанием электроприводные компоненты системы LAR/LAS во всех проектных режимах. Описание системы аварийного электроснабжения представлено в главе 8 ОООб.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	70
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-7
--------------------	---	--------------------	----------

Система контроля и управления должна обеспечивать: логическое дискретное (автоматическое) управление (блокировки, пошаговые программы), технологические защиты оборудования, дистанционное управление, сбор и обработку информации о состоянии системы, технологическую, предупредительную и аварийную сигнализацию, регистрацию, протоколирование, архивирование и представление ретроспективной информации о технологических параметрах, переключениях в системе, работе автоматики. Описание системы контроля и управления представлено в главе 7 ОООб.

Система вентиляции и охлаждения помещений, в которых расположено оборудование системы аварийной питательной воды, должна обеспечивать поддержание параметров окружающей среды, необходимых для работы оборудования системы аварийной питательной воды. Описание системы вентиляции представлено в разделе 9.7 ОООб.

12.1.9.1.5 Требования к компоновке

Компоновка системы и взаимное расположение компонентов должны быть выполнены с учетом следующих требований:

- часть оборудования системы LAR/LAS, включая трубопроводы и обратные клапаны, должна размещаться внутри защитной оболочки, а другая часть (насосы LAS10(20, 30, 40) AP001, арматура, трубопроводы) – в отдельных, изолированных одно от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях паровой камеры;

- трубопроводы каждого канала, размещенные в пределах защитной оболочки, должны трассироваться в разных частях защитной оболочки, для исключения их одновременного повреждения;

- для оборудования, размещенного за пределами защитной оболочки, должен быть обеспечен доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности;

- компоновка системы должна быть выполнена таким образом, чтобы отказы в системах нормальной эксплуатации не приводили к нарушениям в работе системы, а также отказ одного канала системы не должен приводить к отказу других каналов через системы вентиляции, строительные конструкции, транспортные пути и кабельные коммуникации.

12.1.9.2 Проект системы LAR/LAS

12.1.9.2.1 Описание технологической схемы

Технологическая схема системы аварийной питательной воды представлена на рисунке 12.1.9.1.2.1.

В соответствии с НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) система аварийной питательной воды по назначению является системой безопасности, по влиянию на безопасность – важной для безопасности, а по характеру выполняемых функций – защитной системой безопасности.

Активные элементы системы (кроме локализующей арматуры) обеспечиваются электропитанием второй группы надежности системы аварийного электроснабжения. В качестве источника электропитания второй группы надежности используются резервные дизель-электрические станции (РДЭС). Локализующая арматура обеспечивается электропитанием первой группы надежности системы аварийного электроснабжения. В качестве источника электропитания первой группы надежности используются аварийные аккумуляторные батареи.

Все элементы системы аварийной питательной воды относятся к первой категории сейсмостойкости по НП-031-01.

Система состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов LAR10, LAR20, LAR30, LAR40.

В каждом канале предусматривается:

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	71
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-8
--------------------	---	--------------------	----------

- аварийный питательный насос LAS10(20,30,40) AP001;
- арматура;
- трубопроводы.

При выборе производительности канала предполагалось, что один канал может быть в ремонте, второй канал имеет зависимый от исходного события отказ, в третьем канале – независимый отказ.

Таким образом, система аварийной питательной воды структурно состоит из четырех каналов производительностью 100 % каждый.

Для хранения запаса обессоленной воды используются баки системы подпиточной воды LCU01, 02, 03, 04 BB001 емкостью 700 м³ каждый. При этом баки LCU01, 04 BB001 предназначены для обеспечения обессоленной водой только системы аварийной питательной воды. Баки LCU02, 03 BB001 используются для подпитки второго контура в режимах нормальной эксплуатации, но в случае необходимости имеется возможность их подключения к всасывающим коллекторам аварийных питательных насосов. В баках поддерживается заданная температура обессоленной воды от плюс 20 до плюс 25 °С.

На всасывающем трубопроводе установлена запорная арматура LAR11(21,31,41) AA101 и LAR12(22,32,42) AA101.

Напорные трубопроводы каждого канала Ду150 подают воду в парогенераторы через специально предусмотренный штуцер аварийного питания.

Предусматривается подача воды от каждого канала в один парогенератор.

На напорном трубопроводе последовательно установлены:

- запорная арматура LAR10(20,30,40) AA101;
- регулирующая арматура LAR10(20,30,40) AA201, поддерживающий заданный уровень в парогенераторе;
- отсекающая арматура LAR10(20,30,40) AA801 вне защитной оболочки (при пересечении трубопроводами защитной оболочки);
- обратный клапан LAR10(20,30,40) AA601 внутри защитной оболочки (при пересечении трубопроводами защитной оболочки).
- обратный клапан LAR10(20,30,40) AA602 внутри защитной оболочки

Каждый канал системы имеет линию испытания и линию рециркуляции.

Трубопровод Ду150 (линия испытания) предназначен для периодического испытания насоса на максимальную производительность.

Линия испытания соединена с баком запаса обессоленной воды LCU01(04) BB001. На линии испытания последовательно установлены дроссельная шайба LAR13(23, 33, 43) BP001, обеспечивающая работу насоса при максимальном проектном расходе, и две арматуры LAR13(23, 33, 43) AA101, LAR13(23, 33, 43) AA102.

Трубопровод Ду 80 (линия рециркуляции) выполняет роль разгрузочного трубопровода при работе насоса на минимальной производительности при закрытой арматуре на напоре насоса.

На линии рециркуляции последовательно установлены дроссельная шайба LAR14(24, 34, 44) BP001, обеспечивающая минимально допустимый расход насоса, и две арматуры LAR14(24, 34, 44) AA101, LAR14(24, 34, 44) AA102.

Линия рециркуляции соединена с линией испытания после запорной арматуры LAR13(23,33,43)AA102.

12.1.9.2.2 Описание элементов

Аварийный питательный насос LAS10(20,30,40) AP001

Насос предназначен для подачи питательной воды в парогенераторы в аварийных режимах и в режимах с нарушениями нормальных условий эксплуатации.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	72
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-9
--------------------	---	--------------------	----------

Насос – центробежный, горизонтальный, двухкорпусный, внутренний корпус секционного типа, восьмиступенчатый. Концевые уплотнения – торцевые. Осевое усилие, действующее на ротор, воспринимается разгрузочным устройством. Ротор опирается на подшипники скольжения с жидкой картерной смазкой. Конструкция насоса предусматривает отбор конденсата из камеры разгрузочного устройства для охлаждения воздухоохладителя и маслоохладителей подшипников двигателя.

Количество, шт.	4
Тип	АЦНА 150-90-4
Номинальная производительность, м ³ /ч	165
Напор при номинальной подаче, м.вод.ст.	864
Напор при нулевом расходе, м.вод.ст.	994
Максимальная производительность, м ³ /ч	275
Напор при максимальной производительности, м.вод.ст.	600
Допустимый кавитационный запас, м.вод.ст.	10
Рабочая температура, °С	от плюс 20 до плюс 25
Потребляемая мощность, кВт	547
Частота вращения, об/мин	2973
Электропитание	сеть трехфазного переменного тока
Напряжение, В	10000
Частота, Гц	50
Мощность двигателя, кВт	800
Тип двигателя	4АЗМА 800/6000 МЗ
Концентрация твердых частиц в перекачиваемой среде, г/л	не более 3х10 ⁻⁴
Материал	нержавеющая сталь
Класс безопасности	23
Режим работы	периодический
Характеристика насоса представлена на рисунке 12.1.9.2.2.1.	

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	73
---------------------------------------	--	----

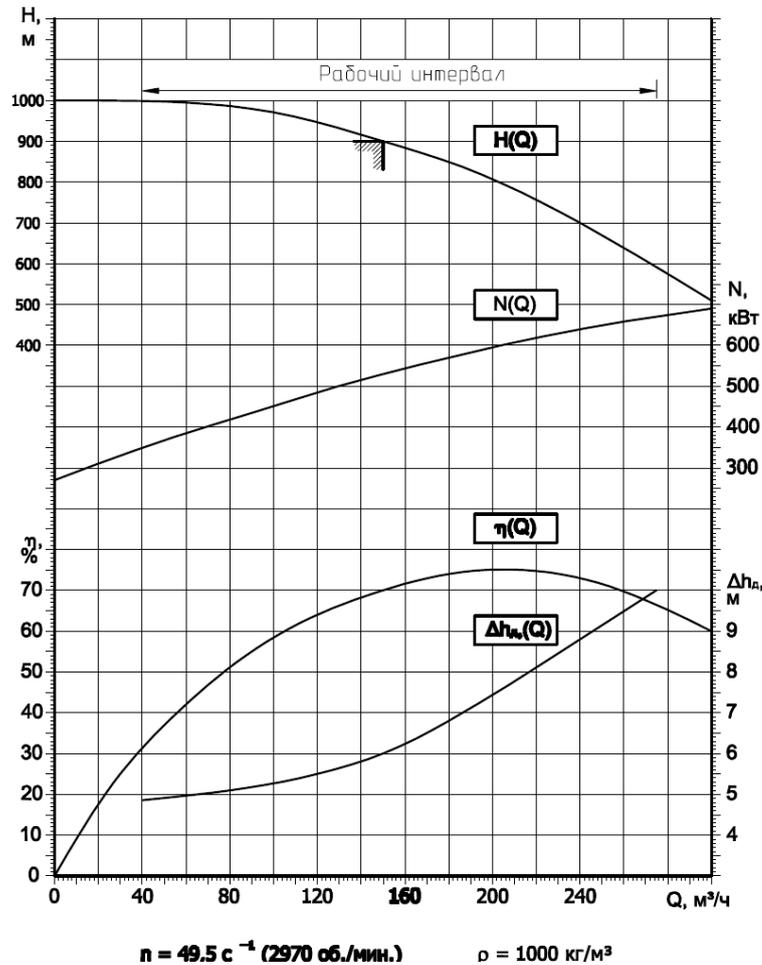


Рисунок 12.1.9.2.2.1 - Характеристика аварийного питательного насоса

Трубопроводы

Все трубопроводы выполнены из нержавеющей стали аустенитного класса. Все соединения сварные.

Применяется следующий сортамент трубопроводов высокого давления, согласно ОСТ.24.125.01-89:

Dy, мм	D _{нхS} , мм
150	159x13
80	89x5

Применяется следующий сортамент трубопроводов низкого давления, согласно СТО 79814898 109-2009:

Dy, мм	D _{нхS} , мм
200	219x11
150	159x6

Всасывающие трубопроводы выполняются на расчетное давление 0,18 МПа и температуру 25 °С.

Трубопроводы от напора насоса до отсекающей арматуры LAR10(20,30,40) AA801 выполняются на расчетное давление 10,0 МПа и температуру 25 °С.

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-11
--------------------	---	--------------------	-----------

Трубопроводы в защитной оболочке от парогенератора (включая обратные клапаны LAR10(20,30,40) AA602 и LAR10(20,30,40) AA601) до отсекающей арматуры выполняются на расчетное давление 8,1 МПа и температуру 296 °С.

Арматура

Арматура в системе аварийной питательной воды отвечает требованиям «Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования» (НП-068-05).

Арматура выполнена из коррозионностойкой стали аустенитного класса. Все соединения сварные.

Дроссельные шайбы

Дроссельная шайба LAR13(23,33,43) ВР001 на линии испытания выбраны на полный перепад при максимальной проектной производительности насоса.

Дроссельная шайба LAR14(24,34,44) ВР001 на линии минимального расхода выбраны на полный перепад при минимальной производительности насоса.

12.1.9.2.3 Описание использованных материалов

Основным материалом оборудования и трубопроводов является коррозионностойкая сталь аустенитного класса. В качестве основного материала она выбрана исходя из требований обеспечения коррозионной стойкости, поддержания определенного водно-химического режима. Используемые материалы позволяют проводить дезактивацию оборудования, если в этом есть необходимость после аварий или нарушении условий нормальной эксплуатации. В качестве условий для выбора материалов учитывались следующие факторы:

- водно-химический режим рабочей среды и его влияние на коррозионное разрушение конструкционных материалов;
- параметры рабочей среды;
- параметры окружающей среды;
- пригодность технологии изготовления оборудования и трубопроводов (отсутствие дефектов и соответствие требованиям технических условий).

12.1.9.2.4 Размещение оборудования

Часть оборудования системы аварийной питательной воды, включая трубопроводы и обратные клапаны, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть (насосы LAS10(20,30,40) АР001, арматура, трубопроводы) размещена в отдельных, изолированных одно от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях паровой камеры, расположенных на отметке 0,00 м.

Трубопроводы каждого канала трассируются в разных частях защитной оболочки, что исключает их одновременное повреждение.

Для оборудования, размещенного в паровой камере, обеспечены доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

Компоновка выполнена таким образом, чтобы отказы в других системах безопасности и системах нормальной эксплуатации не приводят к нарушениям в работе системы, а также отказ одного канала системы не приводит к отказу других каналов через

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	75
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-12
--------------------	---	--------------------	-----------

системы вентиляции, строительные конструкции, транспортные пути и кабельные коммуникации.

12.1.9.3 Управление и контроль работы системы LAR/LAS

12.1.9.3.1 Описание защит и блокировок

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация обеспечены системой верхнего блочного уровня (СВБУ) на БПУ и РПУ в полном объеме.

Управление элементами системы, контроль за положением (состоянием) этих элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительную и аварийную сигнализации в объеме, обеспечивающем оперативное выполнение системой функций безопасности выполнены также на панелях резервного управления БПУ и РПУ.

Требования к контрольно-измерительной аппаратуре, информация о резервировании датчиков, а также связь с управляющими системами подробно изложены в главе 7 ОООб. Места установки датчиков показаны на рисунке 12.1.9.1.2.1.

Для автоматического управления системой предусматриваются защиты и блокировки, приведенные в таблице 12.1.9.3.1.1.

12.1.9.3.2 Точки контроля

Основные точки технологического контроля в системе LAR/LAS:

- давление на всасе и напоре каждого насоса;
- температура в напорном трубопроводе каждого канала;
- расход воды в напорном трубопроводе каждого канала;
- расход воды в трубопроводе рециркуляции и испытания каждого канала;

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	76
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-13
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 – Перечень защит, блокировок и действий оператора

Оборудование	Описание защит и блокировок
<p>Аварийный питательный насос LAS10 AP001 LAS20 AP001 LAS30 AP001 LAS40 AP001</p>	<p>Насосы управляются дистанционно (БПУ/РПУ) и автоматически. Отключение насосов производится оператором с БПУ/РПУ и автоматически от системы защиты станции.</p> <p>Насос автоматически включается в работу (функция LEFU BD11):</p> <ul style="list-style-type: none"> - при прохождении программы ступенчатого пуска дизель - генераторов; или при совпадении сигналов: <ul style="list-style-type: none"> - уровень в парогенераторе менее номинального $H_{ном}$ минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. <p>Насос автоматически отключается при совпадении сигналов (функция LEFU CD12):</p> <ul style="list-style-type: none"> - давление в паропроводе менее 5,14 МПа (абс.) - разность температур насыщения первого и второго контуров (тот же паропровод) более 70°С - температура в первом контуре более 150 °С <p>или по сигналу:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разность между давлением в паропроводах неаварийных парогенераторов и давлением в паропроводе соответствующего парогенератора более 1,0 МПа. <p>Пуск насоса при проверке работоспособности системы LAR/LAS производится пошаговой программой LAR10(20,30,40)EC001. При отсутствии сигналов из системы управления защитными системами реактора действие защит насоса сохраняется. Автоматическое отключение насоса по защите осуществляется по следующим сигналам:</p> <ul style="list-style-type: none"> - давление на напоре насоса LAR10(20,30,40)CP004 менее 6,0 МПа; - давление на всасе насоса LAR10(20,30,40)CP003 менее 0,04 МПа; - работа насоса на закрытую задвижку более 1 мин; - температура подшипников насосного агрегата LAR10(20,30,40)CT906,907 более 80 °С; - температура подшипников электродвигателя LAR10(20,30,40)CT901,902 более 100 °С; - температура обмоток статора электродвигателя LAR10(20,30,40)CT903,904,905 более 135 °С; - уровень в баках запаса обессоленной воды LCU01, 04 BB001 LCU01,04CL901 менее 0,5 м. <p>Разрешением на пуск насоса является наличие сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - давление на всасе насоса LAR10(20,30,40)CP003 более 0,06 МПа; - уровень в одном из баков LCU01CL901, LCU04CL901 более 3 м.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	77
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-14
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 (продолжение)

Оборудование	Описание защит и блокировок
Клапан на линии подачи воды от баков LCU LAR11 AA101 LAR21 AA101 LAR31 AA101 LAR41 AA101 LAR12 AA101 LAR22 AA101 LAR32 AA101 LAR42 AA101	Нормально открыт. Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически открывается при совпадении сигналов (функция LEFU BD11): - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С.
Клапан на напорной магистрали насоса перед регулирующим клапаном LAR10 AA101 LAR20 AA101 LAR30 AA101 LAR40 AA101	Нормально закрыт. Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически открывается при совпадении сигналов (функция LEFU BD11): - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. Автоматически закрывается при совпадении сигналов (функция LEFU CD12): - давление в паропроводе менее 5,14 МПа (абс.) - разность температур насыщения первого и второго контуров (тот же паропровод) более 70 оС - температура в первом контуре более 150 оС или по сигналу: - разность между давлением в паропроводах неаварийных парогенераторов и давлением в паропроводе соответствующего парогенератора более 1,0 МПа.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	78
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-15
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 (продолжение)

Оборудование	Описание защит и блокировок
Клапан на подводе питательной воды к парогенератору LAR10 AA801 LAR20 AA801 LAR30 AA801 LAR40 AA801	<p>Нормально открыт.</p> <p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.</p> <p>Автоматически открывается при совпадении сигналов (функция LEFU BD11):</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. <p>Автоматически закрывается при совпадении сигналов (функция LEFU CD12):</p> <ul style="list-style-type: none"> - давление в паропроводе менее 5,14 МПа (абс.) - разность температур насыщения первого и второго контуров (тот же паропровод) более 70 °С - температура в первом контуре более 150 °С <p>или по сигналу:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разность между давлением в паропроводах неаварийных парогенераторов и давлением в паропроводе соответствующего парогенератора более 1,0 МПа.
Клапан регулирующий на подводе питательной воды к парогенератору LAR10 AA201 LAR20 AA201 LAR30 AA201 LAR40 AA201	<p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.</p> <p>Автоматически поддерживает заданный уровень в парогенераторе плюс/минус 50 мм от номинального.</p> <p>Автоматически закрывается при уровне в парогенераторе JEА10(20,30,40)CL911 более номинального Нном плюс 150 мм.</p>

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	79
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-16
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 (продолжение)

Оборудование	Описание защит и блокировок
Клапан на линии минимальной рециркуляции в бак LCU LAR14 AA101 LAR24 AA101 LAR34 AA101 LAR44 AA101	<p>Нормально закрыт. Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.</p> <p>Клапан автоматически закрывается по сигналам от системы защиты станции при совпадении следующих сигналов (функция LEFU BD13):</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. <p>В дальнейшем при работе системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - клапан автоматически открывается при расходе в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 менее 11 кг/с при включенном насосе LAS10(20,30,40)AP001. - клапан автоматически закрывается при расходе в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 более 14 кг/с при включенном насосе. <p>При отсутствии сигналов от системы защиты управление клапаном производится через контур автоматики LAR14(24,34,44)EE001. Клапан автоматически открывается по одному из сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расход в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 менее 11 кг/с при включенном насосе LAS10(20,30,40)AP001 - расход на линии опробования насоса LAR10(23,33,43)CF001 менее 11 кг/с. <p>Клапан автоматически закрывается по одному из сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расход в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 более 14 кг/с при включенном насосе; - расход на линии опробования насоса LAR10(23,33,43)CF001 более 14 кг/с.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	80
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-17
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 (продолжение)

Оборудование	Описание защит и блокировок	
Клапан на линии минимальной рециркуляции в бак LCU LAR14 AA102 LAR24 AA102 LAR34 AA102 LAR44 AA102	<p>Нормально закрыт.</p> <p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.</p> <p>Клапан автоматически закрывается по сигналам от системы защиты станции при совпадении следующих сигналов (функция LEFU BD13):</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. <p>В дальнейшем при работе системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - клапан автоматически открывается при расходе в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 менее 11 кг/с при включенном насосе LAS10(20,30,40)AP001. - клапан автоматически закрывается при расходе в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 более 14 кг/с при включенном насосе. <p>При отсутствии сигналов от системы защиты управление клапаном производится через контур автоматики LAR14(24,34,44)EE001. Клапан автоматически открывается по одному из сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расход в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 менее 11 кг/с при включенном насосе LAS10(20,30,40)AP001 - расход на линии опробования насоса LAR10(23,33,43)CF001 менее 11 кг/с. <p>Клапан автоматически закрывается по одному из сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расход в напорной магистрали LAR10(20,30,40)CF911 более 14 кг/с при включенном насосе; - расход на линии опробования насоса LAR10(23,33,43)CF001 более 14 кг/с. 	
Клапан на линии испытания насоса LAR13 AA101 LAR23 AA101 LAR33 AA101 LAR43 AA101	<p>Нормально закрыт.</p> <p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.</p> <p>Клапан автоматически закрывается по сигналам при совпадении следующих сигналов (функция LEFU BD13):</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. 	
Клапан на линии испытания насоса LAR13 AA102 LAR23 AA102 LAR33 AA102 LAR43 AA102	<p>Нормально закрыт.</p> <p>Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.</p> <p>Клапан автоматически закрывается при совпадении следующих сигналов (функция LEFU BD13):</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень в парогенераторе менее номинального Нном минус 900 мм; - температура в первом контуре более 150 °С. 	
LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	81

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-18
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 (продолжение)

Оборудование	Описание защит и блокировок
<p>Пошаговая программа пуска опробования АПЭН</p> <p>LAR10 EC001 LAR20 EC001 LAR30 EC001 LAR40 EC001</p>	<p>Пошаговая программа выполняет операции по пуску части системы LAR/LAS, предназначенной для проверки работоспособности АПЭН.</p> <p>Разрешением на запуск пошаговой программы является наличие сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - закрыта запорная арматура на напорной магистрали насоса перед регулирующим клапаном LAR10(20,30,40)AA101; - уровень в баке запаса обессоленной воды LCU01CL901 (для LAR10,20EC001; LCU04CL901 для LAR30,40EC001) более 3 м; - отключен АПЭН LAR10(20,30,40)AP001. <p>Ветвь программы «пуск» состоит из 4 шагов.</p> <p>На шаге 1 открывается арматура на линии подачи обессоленной воды от соответствующего бака запаса обессоленной воды (для LAR10,20EC001 от LCU01BB001; для LAR30,40EC001 от LCU04BB001) до всаса АПЭН.</p> <p>Запорная арматура на линии подачи воды от остальных баков обессоленной закрывается.</p> <p>На шаге 2 включается АПЭН и контуры автоматики клапанов на линии рециркуляции АПЭН. При достижении расхода на линии опробования насоса LAR10(23,33,43)CF001 более 11 кг/с программа переходит на следующий шаг.</p> <p>На шаге 3 открывается арматура на линии опробования насоса.</p> <p>Шаг 4 – конец ветви «пуск».</p> <p>Критерием успешного пуска является наличие сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - включен АПЭН; - открыта арматура на рециркуляции или на линии опробования насоса; - расход на линии опробования насоса LAR10(23,33,43)CF001 более 11 кг/с. <p>Ветвь программы «останов» состоит из 4 шагов.</p> <p>На шаге 1 отключаются АПЭН.</p> <p>На шаге 2 закрывается арматура на линии опробования насоса, закрывается арматура и отключаются контуры автоматики на линии рециркуляции АПЭН.</p> <p>На шаге 3 открывается арматура, отсекающая не используемый бак запаса обессоленной воды при опробовании АПЭН (LCU04AA101 и LCU04AA102 для LAR10,20EC001; LCU01AA101 и LCU01AA102 для LAR30,40EC001).</p>

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	82
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-19
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.3.1.1 (продолжение)

	<p>Шаг 4 – конец ветви «останов».</p> <p>Критерием успешного пуска является наличие сигналов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отключен АПЭН; - сигнал «программа останов активна»; - отсутствие сигнала «программа пуск активна».
<p>Примечание: При работе насосов по аварийным технологическим сигналам (от системы защиты станции) прекращается действие защит и разрешений на пуск насосов, а также в течение 0,5 часа не должно требоваться вмешательство оператора в управление арматурой и насосами.</p>	

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	83
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-20
--------------------	---	--------------------	-----------

12.1.9.4 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).

По завершению монтажа проводится техническое освидетельствование оборудования и трубопроводов в соответствии с п.8.2 ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1,2).

Перед пуском энергоблока, а также после выполнения ремонта системы или отдельного оборудования, проводится полная серия испытаний системы для проверки технических характеристик как системы в целом, так и отдельных ее элементов: работоспособность насосов, трубопроводов и арматуры по рабочим пуско-наладочным программам. Программа пусконаладочных работ по системе аварийной питательной воды представлена в главе 14 ОООб

В целях выявления возможных скрытых отказов компонентов системы предусматриваются комплексные периодические испытания при работе реактора на мощности и при остановленном реакторе, включая работу от дизель-генераторов, с проверкой формирования и прохождения сигналов на включение системы. Периодичность испытаний каждого канала 1 раз в 672 часа.

При обнаружении отказа одного из четырех каналов системы производится его вывод в ремонт на срок до 720 часов после проверки отказавшего элемента в одном из трех других каналов. Блок остается в работе на мощности. При отказе еще одного канала (из трех оставшихся), отказавший канал может быть выведен в ремонт сроком на 72 часа. Два оставшихся канала проходят внеочередное опробование. При этом блок остается в работе на мощности. Указанное значение (72 часа) было выбрано на основании опыта эксплуатации энергоблоков ВВЭР-1000, ВВЭР-440, и будет обосновано ВАБ.

Обратные клапаны, расположенные внутри защитной оболочки контролируются при перегрузке топлива.

Гидравлические (пневматические) испытания основных элементов на прочность и плотность производятся в соответствии с пунктами 5.2 и 5.3 ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1,2).

12.1.9.5 Анализ проекта

12.1.9.5.1 Показатели надежности системы LAR/LAS

Показатели надежности основного оборудования системы:

Коэффициент оперативной готовности	не менее 0,93.
Коэффициент технического использования	не менее 0,95.
Наработка до отказа, часов	не менее 50000.
Назначенный срок службы, лет	50
Срок службы между капитальными ремонтами, лет	не менее 12

Объем в баках запаса обессоленной воды LCU01,04BB001 выбран в соответствии с [3]. Кроме того, обеспечивается резерв 700 м³ обессоленной воды в баках LCU02,03BB001, что позволяет увеличить время поддержания блока в режиме горячего резерва.

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 12.1.9.5.1.2.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	84
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-20.1
--------------------	---	--------------------	-------------

Количественный анализ надежности системы и вклад системы в условную вероятность тяжелого повреждения активной зоны реактора для каждого исходного события представлен в [4].

Примеры вероятности отказа системы LAR/LAS представлены в таблице 12.1.9.5.1.1.

Описания и алгоритмы расчетных программ, использованных для анализа безопасности системы, представлены в разделе 15.3 ОООб.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	85
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	15.08.2016	12.1.9-21
--------------------	---	------------	-----------

Таблица 12.1.9.5.1.1 - Примеры вероятности отказа системы LAR/LAS

Вероятность	Вклад %	Сечение	Пояснение
Режим горячего останова, критерий успеха работа 1 канала из 4, $Q = 3,0E-3$			
2,4E-3	79,5	CCF-LAR-201-ALL	Отказ по общей причине на выполнение функции всех регуляторов аварийной питательной воды
4,33E-4	14,3	CCF-LAR-PMS-ALL	Отказ по общей причине при пуске всех насосов аварийной питательной воды
5,32E-5	1,8	CCF-LAR-ALL	Отказ по общей причине обратных клапанов на входе в ПГ
3,61E-5	1,2	CCF-LAR-101-ALL	Отказ по общей причине на открытие арматуры 101 на напоре насосов
2,4E-5	0,8	CCF-LAR-PMR-ALL	Отказ по общей причине при работе всех насосов аварийной питательной воды

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-22
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.5.1.2 - 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. Запорная арматура с электроприводом	LAR11 AA101 LAR12 AA101 LAR21 AA101 LAR22 AA101 LAR31 AA101 LAR32 AA101 LAR41 AA101 LAR42 AA101	открыт	открыт	закрыт	-	непрерывный	восстановливаемый	восстановливаемый	отказ канала при совместном отказе обеих арматур
2. Аварийный питательный насос	LAS10 AP001 LAS20 AP001 LAS30 AP001 LAS40 AP001	остановлен	включен	не включается	останов при работе	периодический 1/месяц	восстановливаемый	восстановливаемый	отказ канала
3. Запорная арматура с электроприводом	LAR10 AA101 LAR20 AA101 LAR30 AA101 LAR40 AA101	закрыт	открыт	не открывается	-	непрерывный	восстановливаемый	восстановливаемый	отказ канала

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	87
---------------------------------------	---	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-23
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.5.1.2 (продолжение)

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	
4. Регулирующая арматура	LAR10 AA201 LAR20 AA201 LAR30 AA201 LAR40 AA201	открыт	открыт	закрыт	-	непрерывный	невосстанавливаемый	невосстанавливаемый	отказ канала
5. Запорная арматура с электроприводом	LAR10 AA801 LAR20 AA801 LAR30 AA801 LAR40 AA801	открыт	открыт	закрыт	-	непрерывный	не восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ канала
6. Обратный клапан	LAR10 AA601 LAR20 AA601 LAR30 AA601 LAR40 AA601	закрыт	открыт	не открывается	-	периодический 1/год	не восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ канала
7. Обратный клапан	LAR10 AA602 LAR20 AA602 LAR30 AA602 LAR40 AA602	закрыт	открыт	не открывается	-	периодический 1/год	не восстанавливаемый	не восстанавливаемый	отказ канала

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-24
--------------------	---	--------------------	-----------

Таблица 12.1.9.5.1.2 (продолжение)

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	
8. Запорная арматура с электроприводом	LAR13 AA101 LAR23 AA101 LAR33 AA101 LAR43 AA101	закрыт	закрыт	открыт	-	непрерывный	восстанавливаемый	восстанавливаемый	отказ арматуры при совместном отказе с арматурой LAR13 (23,33.43)AA102
9. Запорная арматура с электроприводом	LAR13 AA102 LAR23 AA102 LAR33 AA102 LAR43 AA102	закрыт	закрыт	открыт	-	непрерывный	восстанавливаемый	восстанавливаемый	отказ арматуры при совместном отказе с арматурой LAR13 (23,33,43)AA101
10. Запорная арматура с электроприводом	LAR14 AA101 LAR24 AA101 LAR34 AA101 LAR44 AA101	закрыт	закрыт	открыт	-	непрерывный	восстанавливаемый	восстанавливаемый	отказ канала
11. Запорная арматура с электроприводом	LAR14 AA102 LAR24 AA102 LAR34 AA102 LAR44 AA102	открыт	открыт	закрыт	-	непрерывный	восстанавливаемый	восстанавливаемый	отказ канала

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-25
--------------------	---	--------------------	-----------

12.1.9.5.2 Функционирование системы LAR/LAS в режимах нормальной эксплуатации

При работе блока на мощности система аварийной питательной воды находится в режиме ожидания (в состоянии готовности на случай возникновения аварии).

В состоянии готовности параметры системы обеспечиваются за счет:

- контроля состояния компонентов;
- готовности баков запаса обессоленной воды (LCU01,04 ВВ001);
- готовности обеспечивающих систем;
- охлаждения оборудования и вентиляции помещений;
- периодических эксплуатационных испытаний.

Регламент эксплуатационных испытаний предусматривает контроль периодически контролируемых элементов каждого канала с периодичностью 672 часа. При этом насос работает по линии рециркуляции в течение 30 минут, во время которых производится контроль его работоспособности. После этого элементы системы аварийной питательной воды автоматически приводятся в исходное состояние. Момент контроля отдельных каналов сдвинут на 168 часов относительно момента начала контроля предыдущего канала.

Отклонение параметров в эксплуатационных пределах фиксируется посредством предупредительной информации, на основании которой оперативный персонал производит корректирующие мероприятия.

Отклонение наиболее важных параметров в проектных пределах оповещается и фиксируется аварийными средствами информации.

Во время контроля элементы системы не теряют способность выполнять возложенные на них функции безопасности, так как контроль не приводит систему в неработоспособное состояние.

12.1.9.5.3 Функционирование системы LAR/LAS в режимах нарушений нормальных условий эксплуатации

При нарушениях нормальных условий эксплуатации, связанных с прекращением нормального отвода тепла через второй контур (потеря вакуума в конденсаторе турбины, потеря нормального расхода питательной воды и т.д.), по совпадению технологических сигналов:

- уровень в парогенераторе менее номинального $H_{ном}$ минус 900 мм;
- температура в первом контуре более 150 °С.

запускаются аварийные питательные насосы, открывается запорная арматура LAR10(20,30,40) AA101 на напоре питательного насоса и питательная вода подается в парогенератор.

В зависимости от дальнейшего протекания режима, система аварийной питательной воды обеспечивает подачу питательной воды в парогенераторы для поддержания, совместно с БРУ-А, реакторной установки в горячем состоянии до восстановления нормального отвода тепла через второй контур или перевода ее в холодное состояние (на паровом этапе расхолаживания).

При обесточивании АЭС аварийные питательные насосы включаются по программе ступенчатого пуска дизель генераторов и работают по линии рециркуляции.

В дальнейшем по совпадению технологических сигналов:

- уровень в парогенераторе менее номинального $H_{ном}$ минус 900 мм;
- температура в первом контуре более 150 °С.

открывается запорная арматура LAR10(20,30,40) AA101 на напоре питательного насоса и питательная вода подается в парогенератор.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	90
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-26
--------------------	---	--------------------	-----------

В зависимости от дальнейшего протекания режима, система аварийной питательной воды обеспечивает подачу питательной воды в парогенераторы для поддержания, совместно с БРУ-А, реакторной установки в горячем состоянии до восстановления электропитания или перевода ее в холодное состояние (на паровом этапе расхолаживания).

12.1.9.5.4 Функционирование системы LAR/LAS при проектных авариях

При проектных авариях по совпадению технологических сигналов:

- уровень в парогенераторе менее номинального $H_{ном}$ минус 900 мм;
- температура в первом контуре более 150 °С.

запускаются аварийные питательные насосы, открывается запорная арматура LAR10(20,30,40) AA101 на напоре питательного насоса и питательная вода подается в парогенератор из баков запаса обессоленной воды системы LCU.

В случае прохождения сигнала обесточивания в любой момент аварии насосы системы переключаются на систему аварийного электроснабжения по программе ступенчатого пуска дизель-генераторов.

Отвод остаточных тепловыделений реакторной установки производится сбросом пара в атмосферу через БРУ-А.

В дальнейшем, при сохранении работоспособности водопитательной установки, отвод остаточных тепловыделений и расхолаживание реакторной установки в паровом режиме может производиться по замкнутому контуру с использованием БРУ-К, деаэратора и вспомогательных питательных насосов.

При этом работа системы аварийной питательной воды может быть остановлена оператором.

В случае отказа водопитательной установки система обеспечивает отвод остаточных тепловыделений и расхолаживание реакторной установки на паровом этапе расхолаживания.

При авариях с разрывом трубопроводов пара и питательной воды в неотсекаемой от парогенераторов части при совпадении сигналов:

- давление в паропроводе менее 5,14 МПа;
- разность температур насыщения первого и второго контуров (тот же паропровод) более 70 °С;
- температура в первом контуре более 150 °С.

либо по сигналу:

- разность между давлением в паропроводах неаварийных парогенераторов и давлением в паропроводе соответствующего парогенератора более 1,0 МПа;

останавливается аварийный питательный насос LAS10(20, 30, 40) AP001, закрывается запорная арматура LAR10(20, 30, 40) AA101, AA801 на линии подачи питательной воды в данный парогенератор и подача питательной воды может осуществляться только в неповрежденные парогенераторы.

12.1.9.5.5 Функционирование системы LAR/LAS при запроектных авариях

При запроектных авариях система аварийной подачи питательной воды используется по своему прямому назначению, если имеется энергоснабжение оборудования системы.

12.1.9.5.6 Функционирование системы LAR/LAS при внешних воздействиях

Система аварийной питательной воды способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

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

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	91
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.9-27
--------------------	---	--------------------	-----------

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

Защита от попадания летящих предметов обеспечивается компоновочными решениями. Для защиты от повреждений элементов системы и снижения вероятности выхода из строя нескольких каналов системы по общей причине каналы системы разделены железобетонными стенами.

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

Пространственное разделение каналов системы с установкой стен и перекрытий, обеспечивающих огнестойкость не менее 1,5 часов, и наличие системы автоматического пожаротушения (АПТ) позволяет ограничить пожар в пределах одного канала. Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на МРЗ, что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

12.1.9.5.7 Анализ безопасности проекта

Система аварийной питательной воды состоит из четырех каналов эффективностью по 100% каждый. Таким образом система выполняет свои функции при следующих условиях:

- один канал находится в ремонте;
- во втором канале - зависимый от исходного события отказ;
- в третьем канале - независимый отказ.

Часть оборудования системы, которая расположена внутри защитной оболочки, защищена от воздействия струй, летящих предметов, ударных волн и рассчитана на работу при параметрах окружающей среды в аварийных режимах.

Каждый из четырех каналов системы аварийной питательной воды имеет свою независимую технологическую часть, систему управления и обеспечивающие системы.

Оборудование каналов физически разделено.

Таким образом, каждый канал является полностью независимым.

Это означает, что активный, пассивный или по вине оператора отказ любого элемента в одном канале или связанных с ним системах не может привести к отказу хотя бы одного элемента другого канала системы и рассматривается как единичный отказ в системе.

Система обеспечивает подачу воды в парогенераторы не позднее, чем через 120 секунд после появления аварийного сигнала при обесточивании АЭС.

Таким образом, проект системы обеспечивает выполнение заданных функций.

12.1.9.5.8 Сравнение с аналогичными проектами

Технические и организационные решения, принятые для обеспечения безопасности эксплуатации системы аварийной питательной воды, апробированы прежним опытом проектирования, испытаниями, исследованиями, а также подтверждены опытом эксплуатации подобных систем на действующих АЭС России и энергоблоков АЭС С ВВЭР-1000 за рубежом.

LN2O.P.110.1.120109.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	92
---------------------------------------	--	----