

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-1
--------------------	---	--------------------	-----------

12.1.10 СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ БОРИРОВАННОЙ ВОДЫ (JNK)

Дата	08.2016
Заместитель главного инженера проекта	 Ю.Л. Ермакович
Нормоконтроль	 А.А. Дмитриев
Проверил	 В.В. Андреев
Разработал	 К.А. Зайцев
Всего листов	41

СОДЕРЖАНИЕ

12.1.10.1 Проектные основы	12.1.10-3
12.1.10.1.1 Назначение и функции системы	12.1.10-3
12.1.10.1.2 Проектные режимы и исходные данные	12.1.10-6
12.1.10.1.2.1 Нормальная эксплуатация	12.1.10-6
12.1.10.1.2.1.1 Работа на мощности	12.1.10-6
12.1.10.1.2.1.2 Режим расхолаживания блока и перегрузки топлива	12.1.10-6
12.1.10.1.2.2 Нарушения нормальных условий эксплуатации	12.1.10-6
12.1.10.1.2.3 Проектные аварии	12.1.10-6
12.1.10.1.2.4 Запроектные аварии	12.1.10-6
12.1.10.1.3 Принципы проектирования и обеспечения безопасности	12.1.10-7
12.1.10.1.4 Требования к связанным системам	12.1.10-9
12.1.10.1.5 Требования к компоновке	12.1.10-10
12.1.10.2 Проект системы	12.1.10-10
12.1.10.2.1 Описание технологической схемы	12.1.10-10
12.1.10.2.2 Описание элементов	12.1.10-12
12.1.10.2.3 Описание использованных материалов	12.1.10-14
12.1.10.2.4 Защита от превышения давления	12.1.10-14
12.1.10.2.5 Размещение оборудования	12.1.10-14
12.1.10.3 Управление и контроль работы системы	12.1.10-16
12.1.10.3.1 Требования к АСУ ТП	12.1.10-16
12.1.10.3.2 Точки контроля	12.1.10-16
12.1.10.3.3 Описание защит и блокировок	12.1.10-29
12.1.10.4 Испытания и проверки	12.1.10-34
12.1.10.5 Анализ проекта	12.1.10-34
12.1.10.5.1 Показатели надежности системы	12.1.10-34
12.1.10.5.1.1 Показатели надежности системы в целом	12.1.10-34
12.1.10.5.1.1.1 Сведения о расчетных программах и исходные данные	12.1.10-35
12.1.10.5.1.1.2 Результаты расчета безотказности системы	12.1.10-36
12.1.10.5.1.1.2.1 Результаты расчета безотказности системы для функции "Подача подпиточной воды к потребителям от бака-приямка JNK10BB001 или от бака-приямка JNK40BB001"	12.1.10-36

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	93
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-2
--------------------	---	--------------------	-----------

12.1.10.5.1.1.2.2 Результаты расчета безотказности системы для функции "Подача подпиточной воды к потребителям от бака JNK10BV002 или от бака-приямка JNK40BV002"	12.1.10-36
12.1.10.5.1.1.2.3 Результаты расчета безотказности системы для функции "Поддержание требуемых параметров"	12.1.10-37
12.1.10.5.1.1.2.4 Выводы по результатам по результатам анализа надежности ...	12.1.10-38
12.1.10.5.2 Нормальная эксплуатация	12.1.10-38
12.1.10.5.2.1 Работа на мощности	12.1.10-38
12.1.10.5.2.2 Режим расхолаживания блока и перегрузки топлива	12.1.10-39
12.1.10.5.3 Нарушения нормальных условий эксплуатации	12.1.10-39
12.1.10.5.4 Проектные аварии	12.1.10-39
12.1.10.5.5 Запроектные аварии	12.1.10-40
12.1.10.5.6 Функционирование системы при внешних воздействиях	12.1.10-40
12.1.10.5.7 Анализ безопасности проекта системы	12.1.10-40
12.1.10.5.8 Сравнение с аналогичными проектами	12.1.10-41
12.1.10.6 Выводы	12.1.10-41

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	94
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-3
--------------------	---	--------------------	-----------

12.1.10.1 Проектные основы

12.1.10.1.1 Назначение и функции системы

Система JNK осуществляет хранение борированной воды низкой ($16 \text{ гН}_3\text{ВО}_3/\text{кгН}_2\text{О}$) и высокой ($40 \text{ гН}_3\text{ВО}_3/\text{кгН}_2\text{О}$) концентрации, необходимой для эксплуатации АЭС во всех режимах работы.

Система предназначена для хранения борированной воды низкой концентрации для следующих нужд:

- аварийного охлаждения активной зоны во время аварии с потерей теплоносителя;
- впрыска под защитную оболочку во время аварии с потерей теплоносителя или при разрыве паропровода в пределах защитной оболочки;
- подачи подпиточной воды в систему теплоносителя при работе реактора на мощности и во время расхолаживания реактора при останове блока;
- подачи борированной воды для первоначального заполнения теплообменника ловушки расплава при запроектной аварии;
- подачи борированной воды на заполнение топливного бассейна, шахты реактора, шахты ревизии ВКУ в режиме перегрузки топлива.

Система предназначена для хранения борированной воды высокой концентрации для следующих нужд:

- регулирования концентрации бора в первом контуре в режимах нормальной эксплуатации и нарушений нормальных условий эксплуатации;
- впрыска борированной воды в КД при течах из первого контура во второй;
- впрыска борированной воды в реактор в режимах с нарушением нормальных условий эксплуатации, сопровождающихся отказом срабатывания аварийной защиты реактора (АТWS).

В соответствии ОПБ-88/97 хранения борированной воды по назначению является системой безопасности, по влиянию на безопасность - важной для безопасности, а по характеру выполняемых функций - защитной системой безопасности.

Элементы системы хранения борированной воды, выполняющие функции безопасности относятся ко второму классу безопасности в соответствии с ОПБ-88/97, классификационное обозначение 23, к группе В по ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1) и первой категории сейсмостойкости по НП-031-01, обозначение I на технологической схеме.

Остальные элементы системы хранения борированной воды относятся к третьему классу безопасности в соответствии с ОПБ-88/97, классификационное обозначение 3Н, к группе С по ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1) и второй категории сейсмостойкости по НП-031-01, обозначение II на технологической схеме.

Трубопроводы и арматура локализирующих групп, относятся ко второму классу безопасности в соответствии с ОПБ-88/97, классификационное обозначение 2Л, группе В по ПНАЭ Г-7-008-89 и первой категории сейсмостойкости по НП-031-01, обозначение I на технологической схеме.

Классификационное обозначение элементов системы в зависимости от выполняемых ими функций представлено на технологической схеме системы JNK - смотри рисунок 12.1.10.1.1.

Система JNK имеет связи со следующими системами:

- системой аварийного впрыска низкого давления (JNG-1);
- спринклерной системой защитной оболочки (JMN);
- системой аварийного впрыска высокого давления (JND);

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	95
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-4
--------------------	---	--------------------	-----------

- системой аварийного ввода бора (JDH);
- системой аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ (JNB90);
- системой очистки сдувок из баков (KPL-3);
- системой подачи чистого конденсата (KBC-1);
- системой хранения теплоносителя (KBB);
- системой обработки теплоносителя первого контура (KBF);
- системой охлаждения топливного бассейна (FAK);
- системой сбора боросодержащих дренажей (KTC);
- системой подпитки и борного регулирования (KBA);
- система очистки воды топливного бассейна и воды баков хранения борированной воды (FAL);
- системой подачи обессоленной воды (KBC-2);
- системой электроснабжения нормальной эксплуатации, надежного электроснабжения нормальной эксплуатации и аварийного электроснабжения;
- системой контроля и управления;
- системой вентиляции и охлаждения помещений.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	96
---------------------------------------	--	----

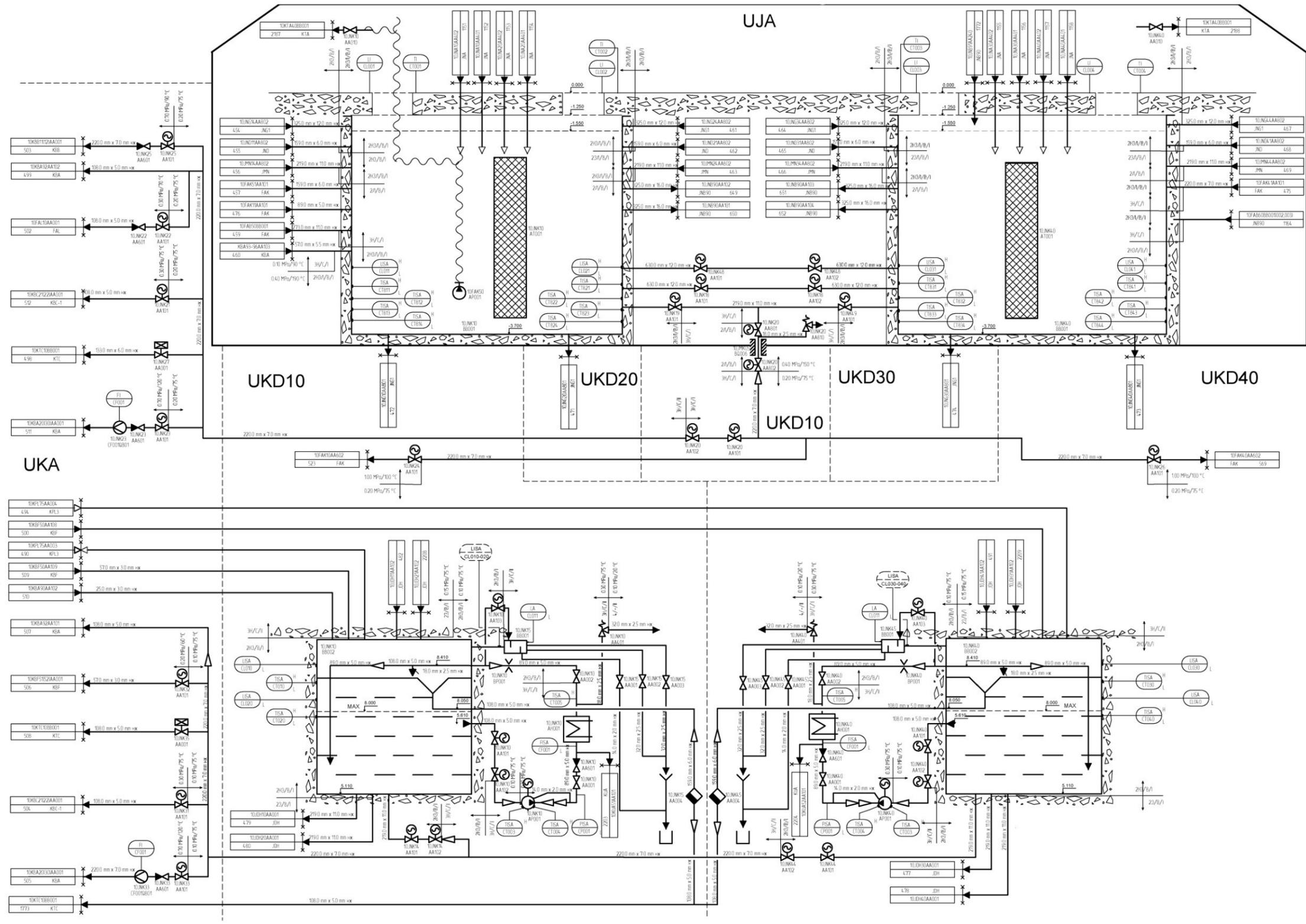


Рисунок 12.1.10.1.1 - Технологическая схема системы хранения борированной воды JNK

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-6
--------------------	---	--------------------	-----------

12.1.10.1.2 Проектные режимы и исходные данные

12.1.10.1.2.1 Нормальная эксплуатация

12.1.10.1.2.1.1 Работа на мощности

При работе на мощности система обеспечивает:

- хранение борного раствора на случай возникновения аварии и для проведения операций по перегрузке топлива;
- подачу подпиточной воды в систему теплоносителя;
- подачу воды для регулирования концентрации бора в первом контуре.

12.1.10.1.2.1.2 Режим расхолаживания блока и перегрузки топлива

В режиме расхолаживания блока и перегрузки топлива система обеспечивает:

- подачу борного раствора для создания стояночной концентрации в первом контуре;
- подачу борного раствора на заполнение топливного бассейна, шахты реактора, шахты ревизии ВКУ.

12.1.10.1.2.2 Нарушения нормальных условий эксплуатации

При нарушении условий нормальной эксплуатации система обеспечивает:

- в случае прохождения сигнала обесточивания подачу борного раствора к насосам систем безопасности, которые включаются в работу по программе ступенчатого пуска дизель – генераторов, для работы их по линиям рециркуляции;
- подачу подпиточной воды в систему теплоносителя;
- подачу воды для регулирования концентрации бора в первом контуре.

12.1.10.1.2.3 Проектные аварии

При проектных авариях система обеспечивает подачу борного раствора к насосам систем безопасности для:

- аварийного охлаждения активной зоны во время аварии с потерей теплоносителя;
- впрыска под защитную оболочку во время аварии с потерей теплоносителя или при разрыве паропровода в пределах защитной оболочки;
- впрыска борированной воды в КД при течах из первого контура во второй.

При возникновении аварии закрывается локализирующая арматура на трубопроводе подачи борного раствора к потребителям вспомогательного корпуса

12.1.10.1.2.4 Запроектные аварии

При запроектных авариях система обеспечивает подачу борного раствора для:

- впрыска борированной воды в реактор в режимах с нарушением нормальных условий эксплуатации, сопровождающихся отказом срабатывания аварийной защиты реактора (АТWS);
- подачи борированной воды для первоначального заполнения теплообменника ловушки расплава.

Исходные данные

Для определения требуемых характеристик и параметров системы по выполнению функций безопасности должны учитываться следующие исходные данные:

- система должна осуществлять хранение борированной воды низкой (16 гН₃ВО₃/кгН₂О) и высокой (40 гН₃ВО₃/кгН₂О) концентрации, необходимой для эксплуатации АЭС во всех режимах работы;
- система должна включать два бака - прямка JNK10(40)BB001 в защитной оболочке для запаса борированной воды с концентрацией (16 гН₃ВО₃/кгН₂О) и общей емкостью около 2000 м³ и два бака JNK10(40)BB002 с концентрацией (40 гН₃ВО₃/кгН₂О)

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	98
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-7
--------------------	---	--------------------	-----------

емкостью 150 м³ каждый.

Емкость баков определяется, исходя из следующих условий:

- 1) для баков-прямоков JNK10(40)BV001 должен быть обеспечен запас борированной воды для обеспечения:
 - 1) двух последовательных остановов;
 - 2) устойчивой работы насосов систем безопасности при проектных авариях;
 - 3) операций по перегрузке топлива;
 - 4) компенсации усадки теплоносителя при расхолаживании;
 - 5) заполнения паразитного объема при проектной аварии;
 - 6) подпитки топливного бассейна и первого контура при проектной аварии и нормальной эксплуатации;
 - 7) заполнения теплообменника ловушки расплава при запроектной аварии;
- 2) для баков JNK10(40)BV002 должен быть обеспечен запас борированной воды для обеспечения:
 - 1) двух последовательных остановов (один из них для перегрузки);
 - 2) впрыска в систему теплоносителя реактора в аварийных режимах при течи из первого контура во второй и режимах с ATWS;
 - 3) работы АЭС в маневренном режиме;
 - должно быть обеспечено полное опорожнение баков.
 - в соответствии с требованиями [1] система должна обеспечивать хранение борного раствора с температурой не менее 20 °С во всех режимах;
 - система должна иметь возможность постоянного контроля ее элементов, также опробования отдельных ее элементов без нарушения условий нормальной эксплуатации;
 - в аварийных условиях элементы системы должны работать в течение всего требуемого периода времени.

12.1.10.1.3 Принципы проектирования и обеспечения безопасности

Система хранения борированной воды 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 (ПБЯ РУ АС – 89) НП-082-07;
- Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-008-89 (с изм. 1);
- 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 СП АС-03;

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	99
---------------------------------------	--	----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-8
--------------------	---	--------------------	-----------

- 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".

При проектировании системы учитывались следующие принципы обеспечения безопасности:

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

Принцип единичного отказа

Система хранения борированной воды должна выполнять 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.

Дополнительно к одному независимому от исходного события отказу одного из перечисленных выше элементов должны быть учтены приводящие к нарушению пределов безопасной эксплуатации необнаруживаемые отказы неконтролируемых при эксплуатации АЭС элементов, влияющих на развитие аварии, или то, что любой активный или пассивный элемент, имеющий механические движущиеся части, находится в нерабочем состоянии (например, вследствие его ремонта или обслуживания).

Принцип резервирования

Система хранения борированной воды имеет структуру 2х100 процентов в части технологического оборудования (баки) и 4х100 процентов в части КИП и СКУ. Четыре канала систем безопасности имеют независимые врезки для подключения к бакам. Такая кратность резервирования в системе позволяет с учетом единичного отказа обеспечить выполнения функции безопасности. Принцип резервирования применен также в отношении отдельных активных элементов канала, переключение которых требуется на различных стадиях. Например, установлена дублирующая арматура на трубопроводах подачи борного раствора к потребителям вспомогательного корпуса, закрытие которой обеспечивает надежное сохранение необходимого запаса воды для проектных авариях и обеспечивает подачу воды к насосам систем безопасности. Применение резервной арматуры уменьшает вероятность выхода из строя канала системы.

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 разных, физически разделенных помещениях, а внутри герметичной оболочки трубопроводы каналов системы пространственно разнесены. Каналы полностью независимы друг от друга: независимы технологические части, системы управления, обеспечивающие системы, места 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.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	100
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-9
--------------------	---	--------------------	-----------

Принцип автоматического включения в работу

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

- обесточивании;
- течи первого контура.
- течи из первого контура во второй;
- режимы с ATWS.

Параметры, участвующие в формировании сигналов автоматического запуска системы, представлены в таблице 12.1.10.1 (Перечень защит, блокировок и действий оператора) ОООб.

12.1.10.1.4 Требования к связанным системам

Система JNK имеет связи со следующими системами:

- системой аварийного впрыска низкого давления (JNG-1);
- спринклерной системой защитной оболочки (JMN);
- системой аварийного впрыска высокого давления (JND);
- системой аварийного ввода бора (JDH);
- системой аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ (JNB90);
- системой очистки сдувок из баков (KPL-3);
- системой подачи чистого конденсата (KBC-1);
- системой хранения теплоносителя (KBB);
- системой обработки теплоносителя первого контура (KBF);
- системой охлаждения топливного бассейна (FAK);
- системой сбора боросодержащих дренажей (KTC);
- системой подпитки и борного регулирования (KBA);
- система очистки воды топливного бассейна и воды баков хранения борированной воды (FAL);
- системой подачи обессоленной воды (KBC-2);
- системой электроснабжения нормальной эксплуатации, надежного электроснабжения нормальной эксплуатации и аварийного электроснабжения;
- системой контроля и управления;
- системой вентиляции и охлаждения помещений;

Из перечисленных систем для обеспечения работоспособности системы JNK необходимо функционирование следующих систем:

- система обработки теплоносителя первого контура (KBF);
- система дренажей и сдувок оборудования вспомогательного корпуса (KTC);
- система очистки воды топливного бассейна и воды баков хранения борированной воды (FAL);
- системой электроснабжения нормальной эксплуатации, надежного электроснабжения нормальной эксплуатации и аварийного электроснабжения;
- системой контроля и управления;
- системы вентиляции и охлаждения помещений;

Система KBF должна обеспечивать заполнение баков JNK, подачу подпиточной воды в баки, осуществлять корректировку концентрации бора и производить очистку борированной воды высокой концентрации баков JNK10(40)BB002. Описание системы KBF представлено в 9.2.8.3 ОООб.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	101
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-10
--------------------	---	--------------------	------------

Система КТС должна обеспечивать дренирование баков JNK в баки запаса теплоносителя системы КВВ, а также прием борированной воды от трубопроводов перелива баков JNK.

Система FAL должна обеспечивать заполнение баков-приямков JNK, подачу подпиточной воды в баки, осуществлять корректировку концентрации бора и производить очистку борированной воды низкой концентрации баков-приямков JNK10(40)ВВ001. Описание системы FAL представлено в 9.2.8.2 ОООб.

Система электроснабжения нормальной эксплуатации, надежного электроснабжения нормальной эксплуатации и аварийного электроснабжения должна обеспечивать электропитанием электроприводные компоненты системы JNK во всех проектных режимах. Описание системы аварийного электроснабжения представлено в главе 8 ОООб.

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 хранения борированной воды, должна обеспечивать поддержание параметров окружающей среды, необходимых для работы оборудования системы хранения борированной воды. Описание системы вентиляции представлено в разделе 9.7 ОООб.

12.1.10.1.5 Требования к компоновке

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

- часть трубопроводов и арматуры должна размещаться внутри защитной оболочки, а другая часть трубопроводов, арматуры и оборудование системы JNK - в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами помещениях здания безопасности.

- 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, каналы охлаждающей воды и кабельные коммуникации.

12.1.10.2 Проект системы

12.1.10.2.1 Описание технологической схемы

Технологическая схема системы хранения борированной воды представлена на рисунке 12.1.10.1.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	102
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-11
--------------------	---	--------------------	------------

Система состоит из двух одинаковых и полностью независимых один от другого каналов. В каждом канале предусмотрен бак-приямок запаса борированной воды низкой и один бак запаса воды высокой концентрации. При выборе производительности канала предполагалось, что система не имеет зависимых от исходного события отказов. С учетом этого объем/производительность каждого канала соответствует 100 % производительности системы, т.е. каждый канал способен выполнить функцию всей системы в целом. Таким образом, система хранения запаса борированной воды состоит из 2x100 % каналов.

В состав системы входят два бака-приямка борированной воды низкой концентрации JNK10(40)BB001 и два бака высокой концентрации JNK10(40)BB002 (16 г H₃BO₃/кг H₂O и 40 г H₃BO₃/кг H₂O соответственно).

Баки-приямки JNK10(40)BB001 соединены со следующими системами:

- системой аварийного впрыска низкого давления (JNG-1) и через трубопроводы этой системы с системой аварийного впрыска высокого давления (JND) и спринклерной системой защитной оболочки (JMN). К каждому баку-приямку подключены по два независимых канала систем JNG-1, JND, JMN;
- системой аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ
- через коллектор, объединяющий оба бака-приямка:
 - 1) с системой подпитки и борного регулирования (КВА);
 - 2) с системой хранения теплоносителя (КВВ) на заполнение первого контура;
 - 3) с системой подачи чистого конденсата (КВС-1) для обеспечения подачи подпиточной воды в систему теплоносителя реактора во время расхолаживания при останове станции и на заполнение гидроемкостей;
 - 4) с системой охлаждения топливного бассейна (ФАК) для заполнения и подпитки бассейна;
 - 5) с системой очистки теплоносителя топливного бассейна и воды баков хранения борированной воды (FAL);
 - 6) с системой сдувок и дренажей вспомогательного корпуса (КТС) для опорожнения баков;

На трубопроводе от каждого бака-приямка к коллектору установлены задвижки JNK19AA101 и JNK49AA101, предназначенные для обеспечения подачи воды к потребителям от бака-приямка JNK10BB001 или от бака-приямка JNK40BB001. При пересечении коллектором герметичной оболочки на нем установлены отсекающие клапаны JNK20AA801 и JNK20AA801 для надежного отключения коллектора от баков-приямков в аварийных режимах.

Баки-приямки соединены между собой трубопроводами Ду600 для создания единого объема запаса борированной воды и для повышения устойчивой и надежной работы насосов систем безопасности. На трубопроводах Ду600 установлены электроприводные задвижки для отключения одного бака-приямка от другого на случай ремонта.

От каждого бака-приямка предусмотрено два трубопровода для подачи борированной воды для первоначального заполнения теплообменника ловушки расплава при запроектной аварии;

Для очистки воды, от механических примесей, поступающей на всас насосов САОЗ в аварийных режимах связанных с разрывом первого контура сопровождающимся разрушением теплоизоляции в баки-приямки JNK10(40)BB001 установлены фильтры активные JNK10(40)AT001.

Баки JNK10(40)BB002 соединены со следующими системами:

- с системой аварийного ввода бора (JDH). К каждому баку подключены по два независимых канала системы;

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	103
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-12
--------------------	---	--------------------	------------

- с системой очистки сдувок из баков (KPL-3), обеспечивающей прием сдувок из бака и подсос воздуха из помещений в баки;
- с системой подачи обессоленной воды (KBC-2) для заполнения гидрозатворов баков;
- через коллектор, объединяющий оба бака:
 - 1) с системой обработки теплоносителя (KBF) для подпитки и очистки борированной воды;
 - 2) с системой сбора боросодержащих дренажей (KTC) для опорожнения баков;
 - 3) с системой подпитки и борного регулирования (KBA);
 - 4) с системой подачи чистого конденсата (KBC-1) для подачи подпиточной воды в систему теплоносителя реактора.

На трубопроводе от каждого бака к коллектору установлены по две задвижки JNK14, 44AA101,102, предназначенные для надежного отключения коллектора от баков в аварийных режимах.

Температура борированной воды в баках JNK10, 40BB002 поддерживается равной 20°C или 70°C в зависимости от режима работы. В целях поддержания заданной температуры борного раствора в баках, каждый бак JNK10(40)BB002 имеет свой контур циркуляции борного раствора, состоящий из насоса JNK10(40)AP001, электронагревателя JNK10(40)AN001, трубопроводов и арматуры.

Баки негерметичны и оборудованы трубопроводами перелива, подсоединенными к системе сбора боросодержащих дренажей (KTC).

Активные элементы системы хранения борированной воды, которые должны быть работоспособны во время аварии, обеспечиваются электропитанием второй группы надежности САЭ. В качестве источника электропитания второй группы надежности используются резервные дизель-электрические станции (РДЭС).

Активные элементы системы JNK нормальной эксплуатации важные для безопасности, обеспечиваются электропитанием второй группы надежности системы надежного электроснабжения нормальной эксплуатации. В качестве источника электропитания второй группы надежности используется блочный дизель.

Активные элементы системы хранения борированной воды, не требующиеся для работы во время аварий, обеспечиваются электропитанием второй группы надежности. Локализирующая арматура обеспечивается электропитанием первой группы надежности САЭ. В качестве источника электропитания первой группы надежности используются аварийные аккумуляторные батареи.

12.1.10.2.2 Описание элементов

Баки-приямки запаса борированной воды низкой концентрации JNK10(40)BB001

Баки-приямки представляют собой строительную конструкцию, выполненную из бетона с облицовкой из нержавеющей стали. Баки-приямки расположены в здании реактора в герметичной оболочке на нижней отметке.

Расчетное давление, МПа	0,5
Расчетная температура, °C	150
Рабочее давление, МПа	0,10
Рабочая температура, °C	от 20 до 100
Емкость (общая), м ³	не менее 2000
Материал стенок	бетон/нержавеющая сталь
Хранимая среда (раствор борной кислоты H ₃ BO ₃)	от 16 до 20 г/дм ³

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	104
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-13
--------------------	---	--------------------	------------

Бак запаса борированной воды высокой концентрации JNK10(40)BB002

Баки представляют собой строительную конструкцию, выполненную из бетона с облицовкой из нержавеющей стали.

Расчетное давление, МПа	0,102
Расчетная температура, °С	75
Рабочее давление, МПа	0,10
Рабочая температура, °С	от 20 до 75
Емкость, м ³	не менее 150
Материал стенок	бетон/нержавеющая сталь
Хранимая среда (раствор борной кислоты Н ₃ ВО ₃)	от 40 до 44,5 г/дм ³

Насос подогрева среды баков запаса борного раствора JNK10(40)BB002

Количество, шт.	2
Тип	центробежный
Производительность (номинальная), м ³ /ч	~ 12,5
Напор (номинальный), м.вод.ст.	~ 20
Расчетное давление на выходе из насоса, МПа	не менее 0,3
Расчетное давление на входе в насос, МПа	не менее 0,1
Расчетное давление корпуса насоса, МПа	не менее 0,3
Расчетная температура, °С	не менее 75
Рабочая температура, °С	от 20 до 75
Мощность двигателя, кВт	~ 5,5
Материал	нержавеющая сталь

Электронагреватель подогрева среды баков запаса борного раствора JNK10(40)BB002

Количество	2;
Мощность тепловая, не менее, кВт	200;
Напряжение питающей сети, В	380.

Фильтр активный JNK10(40)AT001

Количество	2;
Размер пропускаемых твердых частиц	не более 1 мм
Пропускная способность, м ³ /ч	3000
Перепад давления кПа	19,6

Трубопроводы

Трубопроводы системы хранения борированной воды отвечают требованиям ПНАЭ Г-7-008-89. Все трубопроводы выполнены из нержавеющей стали аустенитного класса. Все соединения деталей трубопроводов – сварные.

Применяется следующий сортамент трубопроводов низкого давления, согласно СТО 79814898 101-2008:

Ду, мм	ДнхS, мм
600	630х12
600	630х8
200	220х7
200	219х11

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	105
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-14
--------------------	---	--------------------	------------

100	108x5
125	133x6
150	159x6
80	89x5
50	57x3
25	32x2.5
15	18x2.5
10	14x2

Рабочие параметры трубопроводов системы представлены на технологической схеме системы JNK - смотри рисунок 12.1.10.1.

Арматура

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

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

12.1.10.2.3 Описание использованных материалов

Выбор материала оборудования 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.

Выбор материалов элементов системы осуществлен с учетом:

- функций системы;
- качества борированной воды;
- условий окружающей среды в помещениях, где располагаются элементы системы.

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса.

12.1.10.2.4 Защита от превышения давления

Оборудование и трубопроводы системы, работающие при низком давлении, защищены от превышения давления в соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-008-89 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок».

12.1.10.2.5 Размещение оборудования

Часть оборудования системы хранения борированной воды, включая баки-приямки JNK10, 40BB001, трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы – баки JNK10, 40BB002, арматура, трубопроводы - размещена в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Таблица 12.1.10.2.5 Размещение оборудования

Код KKS оборудования	Наименование	Код KKS помещения	Отметка
JNK10BB001	Бак-приямок запаса	UJA93R120	минус 3.700

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	106
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-15
--------------------	---	--------------------	------------

	борированной воды низкой концентрации		
JNK40BB001	Бак-приемник запаса борированной воды низкой концентрации	UJA93R320	минус 3.700
JNK10AT001	Фильтр активный	UJA93R120	минус 3.700
JNK40AT001	Фильтр активный	UJA93R320	минус 3.700
JNK10BB002	Бак запаса борированной воды высокой концентрации	UKD05R12	плюс 5.000
JNK40BB002	Бак запаса борированной воды высокой концентрации	UKD05R423	плюс 5.000
JNK10AH001	Проточный электроподогреватель бака хранения раствора борной кислоты высокой концентрации мощностью 200 кВт	UKD05R122	плюс 5.000
JNK40AH001	Проточный электроподогреватель бака хранения раствора борной кислоты высокой концентрации	UKD05R422	плюс 5.000
JNK10AH001	Насос подогрева среды баков запаса борного раствора высокой концентрации	UKD05R122	плюс 5.000
JNK40AH001	Насос подогрева среды баков запаса борного раствора высокой концентрации	UKD05R422	плюс 5.000

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

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	107
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-16
--------------------	---	--------------------	------------

Для оборудования, размещенного за пределами защитной оболочки, обеспечены доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

Компоновка системы выполнена таким образом, что отказы в системах нормальной эксплуатации не приводят к нарушениям в работе системы, а также отказ одного канала системы не приводит к отказу другого канала через системы вентиляции, строительные конструкции, транспортные пути, каналы охлаждающей воды и кабельные коммуникации.

12.1.10.3 Управление и контроль работы системы

12.1.10.3.1 Требования к АСУ ТП

Для обеспечения контроля, регулирования и управления основным технологическим процессом в системе хранения борированной воды, для поддержания параметров, характеризующих протекание процессов в пределах, заданных проектом, предусматриваются системы управления и контроля.

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

- обеспечение выполнения технологической системой заданных функций во всех режимах требующих ее работы;
- обеспечение дистанционного и автоматического управления элементами, имеющими электропривод;
- выдача оператору информации по технологическим параметрам, а также состоянию и положению элементов;
- обеспечение предупредительной и аварийной сигнализации в случае отклонения параметров от номинальных значений;
- обеспечение резервного управления элементами необходимыми для безопасного останова энергоблока.
- обеспечение сохранности оборудования.

В соответствии с принятыми решениями построения технологической системы, управление и контроль выполнены четырехканальными с территориальным, информационным и электрическим разделением средств автоматизации в пределах канала систем безопасности.

Управляющая система безопасности выполняет следующие функции:

- осуществляет непрерывный контроль исправности системы контроля и управления, позволяет проводить периодические проверки ее функционирования совместно с оборудованием, формирует и регистрирует сигналы возникновения неисправностей;
- осуществляет контроль за работой технологического оборудования и представляет информацию оперативному персоналу;
- формирует автоматические управляющие воздействия на технологическое оборудование в соответствии с заданными алгоритмами;
- реализует выполнение команд защиты УСБ и дистанционного управления;
- обеспечивает приоритет команд управления.

12.1.10.3.2 Точки контроля

Для управления системой и получения информации об ее состоянии при эксплуатации предусматривается измерение ряда технологических параметров.

Основные точки технологического контроля в системе хранения борированной воды JNK:

- уровень воды в баке-приемке JNK10(40)BB001;
- температура воды в баке-приемке JNK10(40)BB001;

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	108
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-17
--------------------	---	--------------------	------------

- концентрация борного раствора в баке-приямке JNK10(40)BB001;
- уровень воды в баке JNK10(40)BB002;
- уровень воды в невыбиваемом гидрозатворе;
- температура воды в баке JNK10(40)BB002;
- концентрация борного раствора в баке JNK10(40)BB002;
- расход на напоре насоса JNK10(40)AP001;
- температура за электронагревателем JNK10(40)AH001.

Места установки датчиков представлены на технологической схеме системы JNK - смотри рисунок 12.10.2.1.1.

Перечень контролируемых параметров системы JNA представлен в таблице 12.1.10.3.2.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	109
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-18
--------------------	---	--------------------	------------

Таблица 12.1.10.3.2 - Перечень контролируемых параметров системы JNK

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классификационное обозначение по НП-001-97	Группа по ПНЭ Г-7-008-89	Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Регистрация	Отображение/сигнализация			Участия в защитах и блокировках	Участие в автоматическом управлении
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
10JNK10CE021A	Ток 10JNK10AH001A		3Н	С	II	+	-	+/+	-	+	-
10JNK10CE021B	Ток 10JNK10AH001B		3Н	С	II	+	-	+/+	-	+	+
10JNK10CF001	Расход через электроподогреватель 10JNK10AH001	0/3.5 кг/с	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK10CL010	Уровень в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации 10JNK10BB002	0/3.0 м	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CL011	Уровень в баке-приямке 10JNK10BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CL020	Уровень в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации 10JNK10BB002	0/3.0 м	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CL091	Уровень в баке-приямке	0/2.5	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-19
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классификационное обозначение по НП-001-97	Группа по ПНЭ Г-7-008-89	Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Регистрация	Отображение/сигнализация			Участия в защитах и блокировках	Участие в автоматическом управлении
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	10JNK10BB001	м									
10JNK10CP001	Давление на напоре насоса 10JNK10AP001 подогрева бака 10JNK10BB002	0.0/0.3 МПа	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK10CT003	Температура заднего подшипника насоса 10JNK10AP001 подогрева бака 10JNK10BB002	0/100 °С	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK10CT004	Температура переднего подшипника насоса 10JNK10AP001 подогрева бака 10JNK10BB002	0/100 °С	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK10CT005	Температура за электроподогревателем 10JNK10AH001	0/100 °С	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK10CT010	Температура в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации	0/100 °С	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	111
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-20
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/ максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классифика ционное обозначение по НП-001- 97	Группа по ПНЭ Г-7- 008-89	Категория сейсмостой кости по НП-031-01	Регист рация	Отображение/си гнализация			Участия в защитах и блокиров ках	Участие в автоматич еском управлен ии
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	10JNK10BB002										
10JNK10CT020	Температура в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации 10JNK10BB002	0/100 °C	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CT811	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CT811 У	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CT812	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CT813	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK10CT814	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	112
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-21
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/ максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классифика ционное обозначение по НП-001- 97	Группа по ПНЭ Г-7- 008-89	Категория сейсмостой кости по НП-031-01	Регист рация	Отображение/си гнализация			Участия в защитах и блокиров ках	Участие в автоматич еском управлен ии
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
10JNK15CL011	Уровень в невывиаемом гидрозатворе 10JNK15BB001	/ м	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK20CL021	Уровень в баке- приямке 10JNK10BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK20CL092	Уровень в баке- приямке 10JNK10BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK20CT821	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK20CT821 Y	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK20CT822	Температура в баке- приямке 10JNK10BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK20CT823	Температура в баке- приямке	0/150	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	113
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-22
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классификационное обозначение по НП-001-97	Группа по ПНЭ Г-7-008-89	Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Регистрация	Отображение/сигнализация			Участия в защитах и блокировках	Участие в автоматическом управлении
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	10JNK10BB001	°С									
10JNK20CT824	Температура в баке-приямке 10JNK10BB001	0/150 °С	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK23CF001	Расход на линии подачи раствора борной кислоты в систему подпитки и борного регулирования КВА	0.32/18,5 кг/с	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK30CL031	Уровень в баке-приямке 10JNK40BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK30CL093	Уровень в баке-приямке 10JNK40BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK30CT831	Температура в баке-приямке 10JNK40BB001	0/150 °С	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK30CT831 У	Температура в баке-приямке	0/150	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	114
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-23
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/ максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классифика ционное обозначение по НП-001- 97	Группа по ПНЭ Г-7- 008-89	Категория сейсмостой кости по НП-031-01	Регист рация	Отображение/си гнализация			Участия в защитах и блокиров ках	Участие в автоматич еском управлен ии
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	10JNK40BV001	°C									
10JNK30CT832	Температура в баке- приямке 10JNK40BV001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK30CT833	Температура в баке- приямке 10JNK40BV001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK30CT834	Температура в баке- приямке 10JNK40BV001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK33CF001	Расход на линии подачи раствора борной кислоты в систему подпитки и борного регулирования КВА	0,32/18,5 кг/с	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK40CE021 А	Ток 10JNK40АН001А	/	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK40CE021 В	Ток 10JNK40АН001В	/	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK40CF001	Расход через		3Н	С	II	+	-	+/+	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	115
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-24
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/ максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классифика ционное обозначение по НП-001- 97	Группа по ПНЭ Г-7- 008-89	Категория сейсмостой кости по НП-031-01	Регист рация	Отображение/си гнализация			Участия в защитах и блокиров ках	Участие в автоматич еском управлен ии
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	электроподогреватель 1 10JNK40AH001	0/3.5 кг/с									
10JNK40CL030	Уровень в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации 10JNK40BB002	0/3.0 м	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CL040	Уровень в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации 10JNK40BB002	0/3.0 м	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CL041	Уровень в баке- приямке 10JNK40BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CL094	Уровень в баке- приямке 10JNK40BB001	0/2.5 м	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CP001	Давление на напоре насоса 10JNK40AP001 подогрева бака	0.0/0.5 МПа	3Н	С	II	+	-	+/+	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	116
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-25
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классификационное обозначение по НП-001-97	Группа по ПНЭ Г-7-008-89	Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Регистрация	Отображение/сигнализация			Участия в защитах и блокировках	Участие в автоматическом управлении
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	10JNK40BB002										
10JNK40CT003	Температура заднего подшипника насоса 10JNK40AP001 подогрева бака 10JNK40BB002	0/100 °С	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK40CT004	Температура переднего подшипника насоса 10JNK40AP001 подогрева бака 10JNK40BB002	0/100 °С	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK40CT005	Температура за электроподогревателем 10JNK40AH001	0/100 °С	3Н	С	II	+	-	+/+	-		
10JNK40CT030	Температура в баке запаса раствора борной кислоты высокой концентрации 10JNK40BB002	0/100 °С	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CT040	Температура в баке запаса раствора борной	0/100	2НЗ	В	I	+	-	+/-	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	117
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-26
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классификационное обозначение по НП-001-97	Группа по ПНЭ Г-7-008-89	Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Регистрация	Отображение/сигнализация			Участия в защитах и блокировках	Участие в автоматическом управлении
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	кислоты высокой концентрации 10JNK40BB002	°C									
10JNK40CT841	Температура в баке-приямке 10JNK40BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CT841 У	Температура в баке-приямке 10JNK40BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CT842	Температура в баке-приямке 10JNK40BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CT843	Температура в баке-приямке 10JNK40BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK40CT844	Температура в баке-приямке 10JNK40BB001	0/150 °C	2НЗЛ	В	I	+	-	+/-	-		
10JNK45CL011	Уровень в невыбываемом гидрозатворе	/ м	3Н	С	II	+	-	+/-	-		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	118
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-27
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/ максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классифика ционное обозначение по НП-001- 97	Группа по ПНЭ Г-7- 008-89	Категория сейсмостой кости по НП-031-01	Регист рация	Отображение/си гнализация			Участия в защитах и блокиров ках	Участие в автоматич еском управлен ии
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	10JNK45BB001										
10JNK50CL001	Уровень над перекрытием, отметка 0,00	0/1 м	3Н	В	I	+	-	+/+	+		
10JNK50CL002	Уровень над перекрытием, отметка 0,00	0/1 м	3Н	В	I	+	-	+/+	+		
10JNK50CL003	Уровень над перекрытием, отметка 0,00	0/1 м	3Н	В	I	+	-	+/+	+		
10JNK50CL004	Уровень над перекрытием, отметка 0,00	0/1 м	23Л	В	I	+	-	+/+	+		
10JNK50CT001	Температура жидкости над перекрытием, отметка 0,00	0/150 °С	23Л	В	I	+	-	+/+	+		
10JNK50CT002	Температура жидкости над перекрытием, отметка 0,00	0/150 °С	23Л	В	I	+	-	+/+	+		
10JNK50CT003	Температура жидкости над перекрытием,	0/150	23Л	В	I	+	-	+/+	+		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	119
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-28
--------------------	---	--------------------	------------

Код KKS	Наименование измеряемого параметра	Рабочее значение измеряемого параметра, минимальное/максимальное значение, размерность измеряемой величины	Классификационное обозначение по НП-001-97	Группа по ПНЭ Г-7-008-89	Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Регистрация	Отображение/сигнализация			Участия в защитах и блокировках	Участие в автоматическом управлении
							По месту	Мониторы СВБУ	Мозаичная панель		
	отметка 0,00	°С									
10JNK50CT004	Температура жидкости над перекрытием, отметка 0,00	0/150 °С	23Л	В	I	+	-	+/+	+		

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	120
---------------------------------------	---	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-29
--------------------	---	--------------------	------------

12.1.10.3.3 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, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация в объеме, обеспечивающем оперативное выполнение системой функций безопасности при неработоспособной СВБУ, выполнены также на панелях резервного управления БПУ и РПУ.

Автоматическое управление является основным видом управления. Ввод в действие системы предусмотрено также и по команде оператора от специальных ключей, размещаемых на БПУ и РПУ. В режимах нарушения условий нормальной эксплуатации и при проектных авариях запуск механизмов системы осуществляется автоматически по аварийным технологическим сигналам или при обесточивании. При включении системы в работу по аварийным технологическим сигналам блокируется действие защит и блокировок, а также в течение 30 минут обеспечивается невмешательство оператора в управление системой.

В аварийных режимах дистанционное управление производится:

- в случае отказа автоматического запуска канала системы;
- на заключительном этапе аварии, когда блок переведен в стационарное, безопасное, расхоженное состояние и имеется возможность вывода из работы избыточного оборудования;

Требования к контрольно-измерительной аппаратуре, информация о резервировании датчиков выполнены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к УСБ, а также связях с управляющими системами безопасности изложены в главе 7 ОООб.

Для автоматического управления системой предусматриваются защиты и блокировки, приведенные в таблице 12.1.10.3.3.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	121
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-30
--------------------	---	--------------------	------------

Таблица 12.1.10.3.3 – Перечень защит, блокировок и действий оператора

Оборудование	Описание защит и блокировок
1	2
Насос подогрева воды JNK10AP001 (JNK40AP001)	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Разрешение на включение насоса при наличии сигнала: - уровень в баке JNK10(40)BB002 больше минимального; Автоматически включается по сигналу: - температура в баке ниже заданной; Автоматически отключается по сигналу: - температура в баке выше заданной; Отключение защитой по любому из сигналов: - давление на напоре меньше минимального и насос включен; - уровень в баке JNK10,40BB002 меньше минимального; - температура за электронагревателем JNK10(40)AH001 больше 90 °С; - расход в напорном трубопроводе меньше минимального при включенном насосе; - температура любого из подшипников насоса больше 80 °С;
Электронагрева тель подогрева воды JNK10AH001 (JNK40AH001)	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Разрешение на включение электронагревателя при наличии сигнала: - уровень в баке JNK10(40)BB002 больше минимального; Автоматически включается по сигналу: - температура в баке ниже заданной; Автоматически отключается по сигналу: - температура в баке выше заданной; Отключение защитой по любому из сигналов: - уровень в баке JNK10,40BB002 меньше минимального; - температура воды в баке JNK10,40BB002 больше 80 °С;

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	122
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-31
--------------------	---	--------------------	------------

Клапан на трубопроводе соединяющем баки-приямки JNK10(40)BB001 JNK18AA101 JNK48AA101 JNK18AA102 JNK48AA102	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ. Закрывается вручную оператором для ремонта одно из баков приямков.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака-приямка JNK10(40)BB001 к потребителям вспомогательн-ого корпуса JNK19AA101 JNK49AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически задвижка закрывается при прохождении аварийных технологических сигналов от системы защиты станции.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10,40BB002 к потребителям вспомогатель-ного корпуса JNK14AA101 JNK14AA102 JNK44AA101 JNK44AA102	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически задвижка закрывается при прохождении аварийных технологических сигналов от системы защиты станции.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака-приямка JNK10(40)BB001в систему КВС-1 JNK21AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически задвижка закрывается при прохождении аварийных технологических сигналов от системы защиты станции. Разрешение на открытие при совпадении сигналов: - закрыт КВС20AA101 - закрыт JNK31AA101

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	123
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-32
--------------------	---	--------------------	------------

Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10, 40BB002 в систему KBC-1 JNK31AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Разрешение на открытие при совпадении сигналов: - закрыт KBC20AA101 - закрыт JNK21AA101
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10, 40BB001 в систему FAL JNK22AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10, 40BB002 в систему KBF JNK32AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака-приямка JNK10(40)BB001 в систему КВА JNK23AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Открывается по защите по сигналу уровень в КД меньше минус 1000 мм.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10, 40BB002 в систему КВА JNK33AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10, 40BB002 в систему КВА JNK33AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	124
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-33
--------------------	---	--------------------	------------

Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака-приямка JNK10(40)BB001 в систему FAK JNK24AA101 JNK26AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически.
Клапан на трубопроводе подачи борного раствора от бака-приямка JNK10(40)BB001 в систему KBB JNK25AA101	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Разрешение на открытие: - закрыт KBA10AA107
Клапан на трубопроводе заполнения невыбиваемого гидрозатвора бака JNK10(40)BB002 JNK10(40)AA103	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически задвижки закрываются при прохождении аварийных технологических сигналов от системы защиты станции.
Клапаны на трубопроводе подогрева среды бака JNK10(40)BB002 JNK10(40)AA101,102	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически задвижки закрываются при прохождении аварийных технологических сигналов от системы защиты станции.
Клапан на коллекторе подачи воды к потребителям вспомогательного корпуса JNK20AA801 JNK20AA802	Управляется дистанционно с БПУ/РПУ и автоматически. Автоматически задвижка закрывается при прохождении аварийных технологических сигналов от системы защиты станции.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	125
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-34
--------------------	---	--------------------	------------

12.1.10.4 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 пунктом 8.2 ПНАЭ Г-7-008-89.

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: баков, трубопроводов и арматуры по рабочим пуско-наладочным программам. Программа пусконаладочных работ по системе хранения борированной воды будет представлена в главе 14 ОООб.

В период работы блока на мощности производится непрерывный контроль системы (уровень в баках, температура в баках и т.д.).

При отклонении в любом баке JNK10(40)BB001, 002 концентрации борной кислоты от допустимых значений или уменьшения запаса борного концентрата необходимо в течение 8 часов произвести восстановление номинальных параметров. При этом блок остается в работе на мощности.

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

12.1.10.5 Анализ проекта

12.1.10.5.1 Показатели надежности системы

12.1.10.5.1.1 Показатели надежности системы в целом

Для насосных агрегатов JNK10(40)AP001 требования по надежности перечисленные ниже:

- срок службы насосных агрегатов - 50 лет.
- коэффициент готовности, не менее - 0,995;
- коэффициент технического использования, не менее - 0,95;
- наработка до отказа, не менее - 50000 часов;
- допустимый срок сохраняемости до ввода в эксплуатацию - 60 месяцев;
- среднее время восстановления должно быть не более - 50 часов;

Определения терминов надежности по ГОСТ Р 27.002 и ГОСТ Р 51908.

Для электронагревателя подогрева воды JNK10(40)AH001 требования по надежности перечисленные ниже:

- срок службы проточных электронагревателей - 50 лет;
- коэффициент готовности, не менее - 0,995;
- коэффициент технического использования, не менее - 0,95;
- наработка до отказа, не менее - 50000 часов;
- допустимый срок сохраняемости до ввода в эксплуатацию - 60 месяцев;
- среднее время восстановления должно быть не более - 50 часов.

Определения терминов надежности по ГОСТ 27.002 и ГОСТ Р 51908.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	126
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-35
--------------------	---	--------------------	------------

Для фильтра активного JNK10(40)AT001 требования по надежности перечисленные ниже:

срок службы, лет	60;
коэффициент готовности, не менее	0,995;
коэффициент технического использования, не менее	0,95;
наработка до отказа, не менее, час.	50000;
среднее время восстановления должно быть не более, час.	50.

Для арматуры системы хранения борированной воды (JNK)

- Вероятность безотказной работы за период до капитального ремонта, не менее
- 0,995 на 25 циклов
- Вероятность безотказной работы электроприводов, за период до капитального ремонта, не менее
- 0,998 на 25 циклов
- Коэффициент оперативной готовности
- 0,9999

Согласно НП-068-05

В таблице 12.1.10.5.1.1 приведены количественные показатели надежности элементов системы JNK.

Таблица 12.1.10.5.1.1 – Количественные показатели надежности элементов системы JNK

Тип оборудования	Идентификатор параметра в модели	Тип параметра	Значение параметра
Бак-приямok запаса борированной воды низкой концентрации	MJTXU	Интенсивность отказов типа "Течь", 1/час	2,70E-08 EF=10
Бак запаса борированной воды высокой концентрации	MJTXU	Интенсивность отказов типа "Течь", 1/час	2,70E-08 EF=10
Проточный электроподогреватель бака хранения раствора борной кислоты высокой концентрации	MJTXU	Интенсивность отказов типа "Течь", 1/час	2,70E-08 EF=10
Насос подогрева среды баков запаса борного раствора высокой концентрации	MPMLR	Интенсивность отказов типа "Отказ в работе"	7,90E-05 EF=1,61
	MPMLS	Интенсивность отказов типа "Отказ на запуск"	3,61E-06 EF=3,65
Автоматическая арматура	MVMZO	Интенсивность отказов на открытие электроприводной арматуры, 1/час	1,78E-06 EF=2,77
	MVMZD	Интенсивность отказов на сохранение положения электроприводной арматуры, 1/час	2,92E-07 EF=10

Таблица приведена из документа [5].

12.1.10.5.1.1.1 Сведения о расчетных программах и исходные данные

Моделирование и расчет надежности системы выполнялись с помощью программы Risk Spectrum.

Программа аттестована Ростехнадзором для применения в области вероятностного анализа риска и надежности методом деревьев отказов и деревьев событий (аттестационный паспорт №159 от 28 марта 2003 г.).

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	127
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-36
--------------------	---	--------------------	------------

12.1.10.5.1.1.2 Результаты расчета безотказности системы

Были проведены расчеты для каждой функции системы с соответствующими критериями успеха.

12.1.10.5.1.1.2.1 Результаты расчета безотказности системы для функции "Подача подпиточной воды к потребителям от бака-приямка JNK10BB001 или от бака-приямка JNK40BB001"

Расчеты проводились с учетом непрерывной работы системы в течение 8 часов.

Расчеты вероятности отказа проводились с использованием критерия отбрасывания $1,00E-15$.

Оцененное среднее значение вероятности отказа системы на выполнение требуемой функции составило $1,15 \times 10^{-2}$

Нижняя граница (5 %)	$3,54 \times 10^{-3}$
Медиана	$9,52 \times 10^{-3}$
Верхняя граница (95 %)	$2,70 \times 10^{-2}$

Доминирующие минимальные сечения отказов (в порядке убывания вероятности реализации, вклад более 1 %) приведены в таблице 12.1.10.5.1.1.2.1

Таблица 12.1.10.5.1.1.2.1 – Доминирующие минимальные сечения

Вероятность	Относительный вклад, %	Базисные события	Описание
3,83E-03	33	JNK20AA802VMO	Отказ на открытие клапана на коллекторе подачи воды к потребителям вспомогательного корпуса JNK20AA802
3,83E-03	33	JNK20AA801VMO	Отказ на открытие клапана на коллекторе подачи воды к потребителям вспомогательного корпуса JNK20AA801
3,83E-03	33	JNK23AA101VMO	Отказ на открытие клапана на трубопроводе подачи борного раствора от бака-приямка JNK10(40)BB001 в систему КВА JNK25AA101
VMO – отказ общего вида задвижек с электроприводом			

Таблица приведена из документа [5].

12.1.10.5.1.1.2.2 Результаты расчета безотказности системы для функции "Подача подпиточной воды к потребителям от бака JNK10BB002 или от бака-приямка JNK40BB002"

Расчеты проводились с учетом непрерывной работы системы в течение 8 часов.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	128
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-37
--------------------	---	--------------------	------------

Расчеты вероятности отказа проводились с использованием критерия отбрасывания $1,00E-15$.

Оцененное среднее значение вероятности отказа системы на выполнение требуемой функции составило $3,90 \times 10^{-3}$.

Нижняя граница (5 %)	$1,13 \times 10^{-3}$
Медиана	$3,22 \times 10^{-3}$
Верхняя граница (95 %)	$9,30 \times 10^{-3}$

Доминирующие минимальные сечения отказов (в порядке убывания вероятности реализации, вклад более 1 %) приведены в таблице 12.1.10.5.1.1.2.2.

Таблица 12.1.10.5.1.1.2.2 – Доминирующие минимальные сечения отказа

Вероятность	Относительный вклад, %	Базисные события	Описание
3,83E-03	98	JNK33AA101VMO	Отказ на открытие клапана на трубопроводе подачи борного раствора от бака JNK10, 40BV002 в систему КВА JNK33AA101
VMO – отказ общего вида задвижек с электроприводом			

Таблица приведена из документа [5].

12.1.10.5.1.1.2.3 Результаты расчета безотказности системы для функции "Поддержание требуемых параметров"

Расчеты проводились с учетом непрерывной работы системы в течение 8 часов.

Расчеты вероятности отказа проводились с использованием критерия отбрасывания $1,00E-15$.

Оцененное среднее значение вероятности отказа системы на выполнение требуемой функции составило $1,63E \times 10^{-2}$.

Нижняя граница (5 %)	$6,67 \times 10^{-3}$
Медиана	$1,40 \times 10^{-2}$
Верхняя граница (95 %)	$2,95 \times 10^{-2}$

Доминирующие минимальные сечения отказов (в порядке убывания вероятности реализации, вклад более 1 %) приведены в таблице 12.1.10.5.1.1.4.

Таблица 12.1.10.5.1.1.4. – Доминирующие минимальные сечения отказа

Вероятность	Относительный вклад, %	Базисные события	Описание
7,76E-03	47,61	JNK10AP001PMS	Отказ на запуск насоса подогрева среды баков запаса борного раствора высокой концентрации JNK10AP001

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	129
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-38
--------------------	---	--------------------	------------

3,83E-03	23,54	JNK10AA101VMO	Отказ на открытие клапана на трубопроводе подогрева среды бака JNK10BB002 JNK10AA101
3,83E-03	23,54	JNK10AA102VMO	Отказ на открытие клапана на трубопроводе подогрева среды бака JNK10BB002 JNK10AA102
9,48E-04	5,82	JNK10AP001PMR	Отказ в работе насоса подогрева среды баков запаса борного раствора высокой концентрации JNK10AP001

Таблица приведена из документа [5].

12.1.10.5.1.1.2.4 Выводы по результатам по результатам анализа надежности

Для системы не установлены нормируемые показатели надежности, в связи с чем, сравнение с ними результатов анализа надежности не осуществляется.

Основными причинами отказа системы на выполнение функций, является отказ на открытие клапанов на трубопроводе подачи борного раствора. При выполнении Функции 3 вторичной причиной отказа системы является отказ насоса подогрева среды баков запаса борного раствора высокой концентрации на запуск.

Рекомендуется, в ходе проверок технического обслуживания и ремонта, применять инструкции с обеспечением отметки о выполнении задачи в отношении всех клапанов и насосов системы.

12.1.10.5.2 Нормальная эксплуатация

12.1.10.5.2.1 Работа на мощности

При работе на мощности система обеспечивает:

- хранение борного раствора на случай возникновения аварии и для проведения операций по перегрузке топлива;
- подачу подпиточной воды в систему теплоносителя;
- подачу воды для регулирования концентрации бора в первом контуре.

Заполнение

Баки-приямки запаса борированной воды низкой заполняются из системы очистки воды топливного бассейна и воды баков хранения борированной воды (FAL). Баки высокой концентрации заполняются из системы обработки теплоносителя (KBF).

Очистка

Очистка борированной воды баков-приямков низкой концентрации осуществляется на фильтрах системы очистки теплоносителя топливного бассейна и баков CAO3 (FAL).

Очистка каждого бака-приямка JNK10, 40BB001 осуществляется поочередно, при необходимости.

Очистка борированной воды баков высокой концентрации осуществляется на фильтрах системы KBF.

Очистка каждого бака JNK10, 40BB002 осуществляется поочередно, при необходимости. Поддержание требуемых параметров

В режимах нормальной эксплуатации в баках-приямках JNK10, 40BB001 поддерживается температура борного раствора не менее 20 °С.

Таблица 12.1.10.2 Диагностические показатели качества раствора борной кислоты в баках-приямках JNK10, 40BB001

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	130
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-39
--------------------	---	--------------------	------------

баках-приямках JNK10, 40BB001

Наименование показателей	Контрольные уровни
Величина pH, не менее	4,2
Концентрация борной кислоты, г/дм ³	16-20
Концентрация хлорид-иона, мг/дм ³ , не более	0,10

В баках запаса борированной воды баков высокой концентрации JNK10, 40BB002 поддерживается температура борного раствора не менее 20 °С, а для проведения режимов борного регулирования поддерживается температура не менее 70 °С. При снижении температуры борного раствора в баках JNK10, 40BB002 ниже заданной включается в работу насос JNK10(40)AP001, после появления необходимого расхода борированной воды в линии рециркуляции, включается электронагреватель JNK10(40)AH001. При достижении заданной температуры борного раствора в баке JNK10(40)BB001 отключается электронагреватель и насос.

Таблица 12.1.10.2 Диагностические показатели качества раствора борной кислоты в баках запаса борированной воды баков высокой концентрации JNK10, 40BB002

Наименование показателей	Контрольные уровни
Величина pH, не менее	3,8
Концентрация борной кислоты, г/дм ³	39,5-44,5
Концентрация хлорид-иона, мг/дм ³ , не более	0,15

Корректировка концентрации борной кислоты в баках запаса борированной воды высокой концентрации JNK10, 40BB002 и подача подпиточной воды осуществляется системой обработки теплоносителя (КВФ).

Корректировка концентрации борной кислоты в баках-приямках JNK10, 40BB001 и подача подпиточной воды осуществляется системой очистки воды топливного бассейна и воды баков хранения борированной воды (FAL).

Дренаживание

Баки-приямки с борированной водой низкой концентрации дренируются в баки запаса теплоносителя КВВ через систему сбора боросодержащих (КТС). Баки с борированной водой высокой концентрации дренируются также в систему КТС.

12.1.10.5.2.2 Режим расхолаживания блока и перегрузки топлива

В режим расхолаживания блока и перегрузки топлива система обеспечивает:

- подачу борного раствора для создания стояночной концентрации в первом контуре;
- подачу борного раствора на заполнение топливного бассейна, шахты реактора, шахты ревизии ВКУ.

12.1.10.5.3 Нарушения нормальных условий эксплуатации

При нарушении условий нормальной эксплуатации система обеспечивает:

- в случае прохождения сигнала обесточивания подачу борного раствора к насосам систем безопасности, которые включаются в работу по программе ступенчатого пуска дизель – генераторов, для работы их по линиям рециркуляции;
- подачу подпиточной воды в систему теплоносителя;
- подачу воды для регулирования концентрации бора в первом контуре.

12.1.10.5.4 Проектные аварии

При проектных авариях система обеспечивает подачу борного раствора к насосам систем безопасности для:

- аварийного охлаждения активной зоны во время аварии с потерей теплоносителя;

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	131
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-40
--------------------	---	--------------------	------------

- впрыска под защитную оболочку во время аварии с потерей теплоносителя или при разрыве паропровода в пределах защитной оболочки;

- впрыска борированной воды в КД при течах из первого контура во второй.

При возникновении аварии закрывается локализирующая арматура на трубопроводе подачи борного раствора к потребителям вспомогательного корпуса

Таблица 12.1.10.3 Характеристика среды в баках-приямках JNK10, 40BB001 при авариях с течью теплоносителя I контура

Содержание твердых частиц, %	1,5
Размер частиц, мм	1,0
Радиоактивность, Бк/м ³	3x10 ¹¹

12.1.10.5.5 Запроектные аварии

При запроектных авариях система обеспечивает подачу борного раствора для:

- впрыска борированной воды в реактор в режимах с нарушением нормальных условий эксплуатации, сопровождающихся отказом срабатывания аварийной защиты реактора (ATWS);

- подачи борированной воды для первоначального заполнения теплообменника ловушки расплава.

- Таблица 12.1.10.3 Характеристика среды в баках запаса борированной воды баков высокой концентрации JNK10, 40BB002 во всем спектре аварий

Содержание твердых частиц, %	0,1
Размер частиц, мм	0,2
Радиоактивность, Бк/м ³	3x10 ⁹

12.1.10.5.6 Функционирование системы при внешних воздействиях

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

Система защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений, ураганов, экстремальных температур и падения самолета. Это обеспечивается конструкцией здания реакторного отделения и здания безопасности, относящихся к первой категории сейсмостойкости и рассчитанных на весь спектр внешних воздействий, в том числе и на падение самолета. Описание и обоснование проекта с точки зрения внешних воздействий представлено в разделах 3.5 и 3.10 ОООб.

Основное 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 каналов системы по общей причине каналы системы разделены железобетонными стенами.

При максимальном расчетном землетрясении (МРЗ) оборудование системы, относящиеся ко второй категории сейсмостойкости, отсекается от оборудования системы первой категории отсечной арматурой JNK20AA801, 802 и арматурой JNK14(44)AA101,102.

12.1.10.5.7 Анализ безопасности проекта системы

Система состоит из двух одинаковых и полностью независимых один от другого каналов. В каждом канале предусмотрен бак-приямок запаса борированной воды низкой и один бак запаса воды высокой концентрации. При выборе производительности канала

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	132
---------------------------------------	--	-----

АО «АТОМПРОЕКТ»	Ленинградская АЭС-2 Блок 1 Глава 12 Системы безопасности	Изм. 15.08.2016	12.1.10-41
--------------------	---	--------------------	------------

предполагалось, что система не имеет зависимых от исходного события отказов. С учетом этого объем/производительность каждого канала соответствует 100 % производительности системы, т.е. каждый канал способен выполнить функцию всей системы в целом.

При единичных отказах активных компонентов системы имеется достаточное время для восстановления неработоспособного элемента системы.

В баках предусмотрено измерение уровня для контроля протечек через трубопроводы, и система контроля протечек через облицовку баков–приямков, что позволяет поддерживать постоянный запас борированной воды, для работы станции во всех режимах.

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 канал системы хранения борированной воды имеет свою независимую технологическую часть, систему управления и обеспечивающие системы. Оборудование каналов физически разделено.

Таким образом, качественный анализ проекта системы аварийного хранения борированной воды показывает, что он удовлетворяет предъявляемым нормативными документами требованиям по безопасности и обеспечивает выполнение системой заданных функций.

12.1.10.5.8 Сравнение с аналогичными проектами

Технические и организационные решения, принятые для обеспечения безопасности эксплуатации системы хранения борированной 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.

Значительная часть узлов, оборудования и алгоритмов управления являются стандартными для проектов с В-320.

Одним из основных отличий от Тяньваньская АЭС является размещение баков запаса борированной воды низкой концентрации в здании реактора на нижней отметке защитной оболочки, а не в здании безопасности. Размещение данных баков в здании реактора позволяет:

- использовать их в качестве баков-приямков для работы насосов систем безопасности при проектных авариях;
- исключить, в режиме проектной аварии, переключение работы насосов систем безопасности по низкому уровню в баке, расположенному в здании безопасности, на работу от приямка в защитной оболочке, что позволяет не рассматривать отказы, связанные с не открытием задвижки на приямке защитной оболочки (при минимальном уровне в баке) и повышает надежность работы систем безопасности при авариях.

12.1.10.6 Выводы

Приведенный выше анализ системы показывает, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает предъявленным к ней требованиям.

LN2O.P.110.1.120110.0102&.021.HD.0001	Окончательный отчет по обоснованию безопасности (предварительная редакция)	133
---------------------------------------	--	-----