

РАЗДЕЛ 13 СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ СБ

В соответствии с концепцией глубокоэшелонированной защитой в проекте АЭС предусмотрены системы безопасности, предназначенные для выполнения следующих основных функций безопасности:

- останов РУ и поддержания его в подкритическом состоянии;
- аварийный отвод тепла от РУ;
- удержание радиоактивных веществ в установленных границах.

Системы безопасности вступают в работу при превышении уставок срабатывания, но до превышения пределов безопасной эксплуатации или при отказе систем нормальной эксплуатации.

В зависимости от выполняемых функций системы безопасности подразделяются на защитные, локализирующие и обеспечивающие.

Защитные системы безопасности (ЗСБ) – это системы (элементы), предназначенные для предотвращения или ограничения повреждения ядерного топлива, оболочек теплоделяющих элементов, оборудования и трубопроводов, содержащих радиоактивные продукты.

Локализирующие системы безопасности (ЛСБ) – системы (элементы), предназначенные для предотвращения или ограничения распространения выделяющихся при авариях радиоактивных веществ и ионизирующего излучения за установленные проектом границы и выхода их в окружающую среду.

Обеспечивающие системы безопасности (ОСБ) – системы (элементы), предназначенные для снабжения систем безопасности энергией, рабочей средой и создания требуемых для их функционирования условий, включая отвод тепла.

Система безопасности и их элементы обеспечивают выполнение своих функций при всех учитываемых в проекте внешних воздействиях.

Системы безопасности проектируются устойчивыми против отказов и способными выполнять функций при потере внешнего энергоснабжения.

Каждая активная система имеет четыре канала, каждый из которых способен полностью выполнить возложенную функцию безопасности.

Количество каналов выбрано с учетом независимого отказа, а также принципа единичного отказа любого активного элемента в канале или ошибки оператора.

Каналы безопасности разделены физически строительными конструкциями, которые исключают возможность отказов по общей причине (при пожарах, и затоплениях).

В целях защиты от ошибок персонала используются автоматические системы способные блокировать управляющие действия оператора, нарушающие выполнения функций безопасности.

Системы безопасности имеют электроснабжение от резервных независимых источников переменного тока, выполненных в соответствии с требованиями к обеспечивающим системам безопасности.

Системы безопасности находятся в постоянной готовности к выполнению своих функций. Проектом предусмотрена возможность проведения испытаний в составе канала систем безопасности или отдельных ее узлов и элементов без нарушения условий нормальной эксплуатации.

При необходимости проектом систем предусмотрена возможности вывода одного из четырех каналов систем безопасности в ремонт на длительный срок.

1.1 ЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1.1 Защитные системы безопасности.

Проектом предусмотрены следующие защитные системы:

- Пассивная часть системы аварийного охлаждения зоны
- Система защиты первого контура от превышения давления
- Система аварийного впрыска высокого давления
- Система аварийного газоудаления
- Система защиты второго контура от превышения давления
- Система аварийного впрыска низкого давления
- Система аварийного ввода бора
- Система аварийной питательной воды
- Система хранения борированной воды
- Система отвода остаточного тепла
- Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки
- Система пассивного отвода тепла через парогенераторы
- Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

1.1.2 Принципы проектирования ЗСБ

Пассивная часть системы аварийного охлаждения зоны (САОЗ)

Пассивная часть САОЗ предназначена для подачи в РУ раствора борной кислоты с концентрацией не менее 16 г/дм³ и температурой не менее 20 С при давлении в первом контуре менее 5,9 МПа в количестве, достаточном для охлаждения активной зоны реактора до подключения насосов системы аварийного впрыска низкого давления в проектных авариях с потерей теплоносителя.

Система защиты первого контура от превышения давления

Система защиты первого контура от превышения давления предназначена для защиты оборудования и трубопроводов РУ от избыточного превышения давления в первом контуре в проектных режимах категорий 2–4 и запроектных авариях за счет работы импульсных предохранительных устройств компенсатора давления (КД), установленных на трубопроводе сброса пара из парового пространства КД в барботер.

Система аварийного впрыска высокого давления

Система аварийного впрыска высокого давления предназначена для подачи раствора борной кислоты в систему теплоносителя реактора при авариях с потерей теплоносителя, превышающей компенсационную способность системы нормальной подпитки, при давлении в системе теплоносителя ниже рабочего давления системы (ниже 7,9 МПа).

Система аварийного газоудаления

Система аварийного газоудаления предназначена для удаления парогазовой смеси из первого контура РУ (реактора, КД и коллекторов парогенераторов (ПГ)) и снижения давления в первом контуре совместно с импульсно-предохранительными устройствами (ИПУ) КД с целью уменьшения последствий при проектных и запроектных авариях.

Система защиты второго контура от превышения давления

Система защиты второго контура от превышения давления предназначена для предотвращения превышения давления в парогенераторах и паропроводах свежего пара сверх допустимой величины.

Система аварийного впрыска низкого давления

Система аварийного впрыска низкого давления предназначена для подачи раствора борной кислоты в систему теплоносителя реактора во время аварии с потерей теплоносителя, включая разрыв ГЦК Ду850, когда давление в системе теплоносителя снижается ниже рабочих параметров системы.

Система аварийного ввода бора

Система аварийного ввода бора предназначена для выполнения следующих функций:

- впрыск раствора борной кислоты в компенсатор давления при авариях с течью теплоносителя из первого контура во второй;

- подача в первый контур высококонцентрированного раствора борной кислоты ($39,5-44,5 \text{ г/дм}^3$) для быстрого перевода реакторной установки в подкритическое состояние в режимах с нарушением нормальных условий эксплуатации, сопровождающийся отказом срабатывания аварийной защиты реактора;

- перевод реакторной установки в подкритическое состояние и компенсации усадки теплоносителя первого контура для обеспечения безопасного останова блока (при авариях сопровождающийся отказом срабатывания аварийной защиты реактора АТWS).

Система аварийной питательной воды

Система аварийной питательной воды 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 функционирует при исходных событиях, связанных с понижением уровня воды в парогенераторах и требующих аварийного расхолаживания или поддержания блока в горячем резерве.

Система хранения борированной воды

Система осуществляет хранение борированной воды низкой ($16-20 \text{ г H}_3\text{BO}_3/\text{дм}^3\text{H}_2\text{O}$) и высокой ($39,5-44,5 \text{ гH}_3\text{BO}_3/\text{дм}^3\text{H}_2\text{O}$) концентрации, необходимой для эксплуатации АЭС во всех режимах работы.

Система отвода остаточного тепла

Система отвода остаточного тепла предназначена для отвода остаточных тепловыделений и расхолаживания реакторной установки во время нормального останова станции, в режимах нарушения нормальных условий эксплуатации и при проектных авариях, при условии сохранения целостности первого контура совместно с системой.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

Система обеспечивает снижение и поддержание в заданных проектом пределах давления внутри защитной оболочки и отвод конечному поглотителю тепла, выделяющегося под защитную оболочку, при запроектных авариях, включая аварии с тяжелым повреждением активной зоны.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы предназначена для длительного отвода остаточного тепла активной зоны конечному поглотителю через второй контур при запроектных авариях. Система дублирует соответствующую активную систему отвода тепла к конечному поглотителю в случае невозможности выполнения ее проектных функций.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

Система аварийного использования воды из шахты ревизии внутрикорпусных устройств (ВКУ) предназначена для:

- подачи борированной воды из шахты ревизии ВКУ в устройство локализации расплава (УЛР) при запроектных авариях, связанных с плавлением активной зоны реактора и выходом расплава за пределы корпуса реактора;

- заполнения водой теплообменников (помещения) УЛР при проектных авариях, связанных с потерей теплоносителя, с отм. 0,00 и при запроектных авариях, связанных с плавлением активной зоны реактора, из баков-приямков;

- подачи в баки-приямки и на отметку 0,00 защитной оболочки раствора щелочи NaOH с целью снижения скорости образования летучих форм йода внутри ГО;

- заполнения и дренажа шахты ревизии ВКУ при операциях, связанных с перегрузкой топлива и ревизией ВКУ;

- отвод возможных протечек из шахты реактора (помещения УЛР);

- поддержание ВХР борированной воды внутри шахт ревизии ВКУ;

- подпитки топливного бассейна при полном обесточивании.

1.1.3 Проект системы ЗСБ Пассивная часть САОЗ

Пассивная часть САОЗ состоит из четырех идентичных и полностью независимых друг от друга каналов. Каждый канал пассивной части САОЗ включает в себя емкость САОЗ, арматуру и трубопроводы. Два канала соединяются с сборной камерой реактора, а два других с напорной камерой реактора.

Система защиты первого контура от превышения давления

В состав системы защиты первого контура от превышения давления входят: три ИПУ КД, трубопроводы сброса от КД до ИПУ с элементами крепления, контрольно-измерительные приборы.

Система аварийного впрыска высокого давления

Система состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов.

В каждом канале предусматриваются: – насос, арматура, трубопроводы.

Система аварийного газоудаления

Система состоит из трубопроводов и установленной на них арматуры для осуществления отвода парогазовой смеси в барботер и под герметичную оболочку.

Система защиты второго контура от превышения давления

На паропроводе от каждого парогенератора установлен главный паровой арматурный блок, в состав которого входит: БРУ-А с запорным клапаном перед ним, контрольное ИПУ ПГ, рабочее ИПУ ПГ.

Система аварийного впрыска низкого давления

Система состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов.

В каждом канале предусматриваются: насос, теплообменники, установленные в параллель в одном канале, арматура, трубопроводы.

Система аварийного ввода бора

Система состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов. В каждом канале предусматриваются: насос, арматура, трубопроводы.

Система аварийной питательной воды

Система состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов. В каждом канале предусматривается: аварийный питательный насос, арматура, трубопроводы.

Система хранения борированной воды

В систему входят два бака-приямка борированной воды низкой концентрации ($16-20 \text{ гН}_3\text{ВО}_3/\text{дм}^3\text{Н}_2\text{О}$), расположенных на нижних отметках здания реактора, имеющих общий объем и разделяемых только для проведения ремонтных работ связанных с необходимостью дренировать в один из баков.

В состав системы входят два бака борированной воды высокой концентрации ($39,5-44,5 \text{ гН}_3\text{ВО}_3/\text{дм}^3\text{Н}_2\text{О}$), расположенных в здании безопасности и объединенных общим коллектором.

Система отвода остаточного тепла

Система состоит из четырех каналов, объединенных общим коллектором.

В каждом канале предусматриваются: регулирующий клапан, локализирующая арматура, запорная арматура, предохранительные клапаны, трубопроводы.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов производительностью $4 \times 33,3 \%$.

Каждый канал включает в себя: четыре теплообменника-конденсатора, локализирующую арматуру, трубопроводы.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

Каждый канал системы пассивного отвода тепла включает: один бак аварийного отвода тепла (БАОТ), шестнадцать секций теплообменников ТОАР, «большой» и «малый» пусковые клапаны, трубопроводы пара и конденсата, арматура.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

Система имеет одноканальную структуру с резервированием активных компонентов подачи борного раствора в шахту реактора.

В состав системы входят:

- бак хранения концентрированного раствора щелочи (NaOH),
- насос аварийного ввода щелочи для подачи 42 % раствора NaOH в бак-приямок и на отметку 0,00 гермообъема,
- трубопровод Ду50 для подачи раствора щелочи в бак-приямок с арматурой,
- трубопровод Ду50 линия испытаний насоса аварийного ввода щелочи с арматурой,
- трубопровод Ду50 линия дренирования бака хранения концентрированного раствора NaOH в систему приема и хранения щелочи QCD с ручной запорной арматурой,
- трубопроводы Ду150, предназначенные для заполнения и дренажа шахты ревизии ВКУ в режиме перегрузки топлива и проведения ППР, а также подпитки шахты ревизии ВКУ при запроектных авариях, с запорной арматурой,
- трубопроводы Ду300, предназначенные для пассивного заполнения теплообменников (помещения) устройства локализации расплава с отметки 0,00,
- трубопроводы Ду300, предназначенные для «активного» заполнения теплообменников (помещения) устройства локализации расплава при запроектной аварии от баков-приямков защитной оболочки, с запорной арматурой,
- трубопроводы Ду200, предназначенные для подачи борного раствора от шахт ревизии ВКУ к устройству локализации расплава, с запорной арматурой и дроссельным устройством,
- дренажные линии, с ручной запорной арматурой,
- трубопровод Ду80 и два трубопровода Ду50 для проведения очистки воды шахт ревизии ВКУ,
- трубопровод Ду250 для исключения скопления воды в шахте ревизии ВКУ в режиме проектной аварии, с запорной арматурой,
- трубопровод Ду250 для исключения залива отметки + 26,300 в режиме перегрузки топлива, перелив осуществляется в бак-приямок, линия дренажа протечек из помещения устройства локализации расплава (шахты реактора),
- трубопровод Ду50, с двумя приямками и запорной арматурой,
- трубопровод Ду32 для проверки проходимости трубопровода, воздухом из системы подачи технологического воздуха,
- трубопровод Ду50 для гидроиспытаний и промывки от системы подачи обессоленной воды, насос подпитки баков аварийного отвода тепла и топливного бассейна, для подачи обессоленной воды при полном обесточивании,
- трубопровод Ду100 с арматурой для подачи обессоленной воды к насосному агрегату,
- трубопровод Ду80 с арматурой для подпитки баков аварийного отвода тепла и топливного бассейна от насосного агрегата,
- трубопровод Ду80 с арматурой для испытания насосного агрегата.

1.1.4 Описание используемых материалов ЗСБ

Пассивная часть САОЗ

Трубопроводы САОЗ и тройники выполнены из коррозионностойкой стали аустенитного класса обладающие стойкостью против межкристаллитной коррозии в среде теплоносителя, материалы отвечают требованиям нормативных документов.

Система защиты первого контура от превышения давления

Материалы ИПУ и трубопроводов сброса выбраны с учетом сведения к минимуму коррозии, показали хорошие характеристики в действующих реакторных установках и отвечают требованиям нормативных документов.

Система аварийного впрыска высокого давления

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы трубопровода, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система аварийного газоудаления

Материалы выбран с учетом сведения к минимуму коррозии, применен в действующих реакторных установках и отвечает требованиям нормативных документов.

Сварочные материалы, используемые при изготовлении компонентов трубопроводов, применяются в соответствии с требованиями нормативных документов.

Система защиты второго контура от превышения давления

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

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

Материалы для изготовления арматуры соответствуют требованиям нормативных документов.

Система аварийного впрыска низкого давления

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система аварийного ввода бора

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система аварийной питательной воды

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. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система хранения борированной воды

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система отвода остаточного тепла

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

Для изготовления оборудования и трубопроводов системы в проекте применяются следующие конструкционные материалы:

- сталь углеродистая, обыкновенного качества СтЗсп5 применена для изготовления опорных конструкций, дистанционирующих элементов и закладных деталей;
- в качестве основного материала трубопроводов, оборудования и арматуры принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса.

Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе принята коррозионностойкая сталь аустенитного класса. Данные материалы, а также сварочные материалы, используемые при изготовлении, отвечают требованиям нормативных документов.

1.1.5 Размещение основных элементов оборудования ЗСБ

Пассивная часть САОЗ

Емкость САОЗ, трубопроводы и обвязка расположены в здании реактора.

Система защиты первого контура от превышения давления

Все оборудование системы защиты первого контура от превышения давления размещается внутри защитной оболочки.

Система аварийного впрыска высокого давления

Часть оборудования системы аварийного впрыска высокого давления, включая трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы – насосы, арматура, трубопроводы размещены в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Система аварийного газоудаления

Все оборудование системы аварийного газоудаления размещается внутри защитной оболочки.

Система защиты второго контура от превышения давления

Часть системы защиты второго контура от превышения давления, включая трубопроводы, размещаются внутри защитной оболочки.

Часть системы защиты второго контура от превышения давления, включая трубопроводы, размещаются внутри паровой камеры.

Система аварийного впрыска низкого давления

Часть оборудования системы аварийного впрыска низкого давления, включая трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы – насосы, арматура, трубопроводы – размещена в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Система аварийного ввода бора

Часть оборудования системы аварийного ввода бора, включая трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы – насосы, арматура, трубопроводы – размещена в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Система аварийной питательной воды

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

Система хранения борированной воды

Часть оборудования системы хранения борированной воды, включая баки-приямки трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы – баки, арматура, трубопроводы – размещена в отдельных,

изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Система отвода остаточного тепла

Часть оборудования системы, включая трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы трехходовые регулирующие клапаны, арматура, трубопроводы - размещена в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

Теплообменники-конденсаторы и часть трубопроводов системы, размещаются внутри защитной оболочки. Часть трубопроводов и арматура системы размещается за пределами защитной оболочки в помещениях.

Паросбросные устройства установлены непосредственно в баках аварийного отвода тепла СПОТ ПГ.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

Баки аварийного отвода тепла размещаются в отдельных помещениях кольцевой обстройки здания реактора.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

Часть оборудования системы, аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ, включая трубопроводы и арматуру, размещены внутри защитной оболочки, часть оборудования системы – бак хранения концентрированного запаса щелочи, насос, арматура, трубопроводы размещены в здании ядерного обслуживания, до здания реактора трубопровод трассируется через вспомогательный корпус и здание безопасности, часть оборудования системы – насос, арматура, трубопроводы размещены в паровой камере.

1.1.6 Управление и контроль работы системы ЗСБ

Пассивная часть системы аварийного охлаждения зоны

Назначение СКУ для пассивной части САОЗ при проектных авариях заключается в следующем:

– выдача команды на закрытие быстродействующей арматуры на линии подачи воды от емкостей в реактор при снижении уровня в емкости до 1250 мм. Данная команда имеет приоритет по отношению ко всем остальным управляющим командам, в том числе и к приведенной ниже в данном пункте команде;

– выдача команды на открытие быстродействующей арматуры с запретом на ее закрытие при совпадении следующих сигналов:

1) давление в емкости более 2,45 МПа;

2) разность между температурой насыщения теплоносителя первого контура и температурой теплоносителя любой из горячих ниток петель главного циркуляционного трубопровода менее 8 °С или увеличение избыточного давления под оболочкой до 30 кПа.

Система защиты первого контура от превышения давления

Система управления ИПУ КД реализуется в составе УСБТ блока и предназначена:

– для формирования команд управления ИК, ОК;

– для приема сигналов от датчиков положения запорных органов клапанов ИПУ, а также для формирования информационных сигналов на БПУ, РПУ и в АСУ ТП блока.

Измерение давления с целью обработки и выдачи сигналов на управление электромагнитными приводами объектов управления осуществляется штатными средствами измерения РУ. Замер давления проводится над активной зоной.

Система аварийного впрыска высокого давления

Для обеспечения контроля, регулирования и управления основным технологическим процессом в системе аварийного впрыска высокого давления, для поддержания параметров, характеризующих протекание процессов в пределах, заданных проектом, предусматриваются системы управления и контроля.

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.

Система аварийного газоудаления

Управление арматурой системы осуществляется оператором дистанционно с БПУ и РПУ. При этом управление параллельно установленной арматурой производится в двух независимых каналах системы безопасности.

Резервирование датчиков контроля давления и температуры в проекте не предусмотрено, поскольку они используются только при нормальной эксплуатации с целью контроля отсутствия протечек арматуры системы.

Система защиты второго контура от превышения давления

Реализовано автоматическое включение системы в работу, не требующее вмешательства оператора, при повышении давления во втором контуре до уставок срабатывания паросбросных устройств и дистанционное (оператором) с БПУ или РПУ, при этом автоматическое управление имеет приоритет.

Управление элементами, контроль за положением (состоянием) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация в полном объеме выведены на БПУ и РПУ.

Срабатывание компонентов системы защиты второго контура от превышения давления происходит от системы защиты станции, одновременно блокируется ручное управление оператором на время воздействия сигнала.

Система аварийного впрыска низкого давления

Для обеспечения контроля, регулирования и управления основным технологическим процессом в системе аварийного впрыска высокого давления, для поддержания параметров, характеризующих протекание процессов в пределах, заданных проектом, предусматриваются системы управления и контроля.

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.

Система аварийного ввода бора

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

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.

Система аварийной питательной воды

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 (или сигнализирующие об отказе в выполнении функций безопасности) выполнены также на панелях резервного управления БПУ и РПУ.

Система хранения борированной воды

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 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.

Система отвода остаточного тепла

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 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.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

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

- обеспечение дистанционного и автоматического управления электроприводной арматурой;
- выдача оператору информации по технологическим параметрам системы, а также состоянию и положению электроприводной арматуры.

Управление арматурой и контроль ее состояния, а также контроль технологических параметров в полном объеме выполнены на дисплейных пультах управления и контроля системы управления и мониторинга, расположенных на БПУ и РПУ.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

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

- обеспечение дистанционного и автоматического управления электроприводной арматурой;
- выдача оператору информации по технологическим параметрам системы, а также состоянию и положению электроприводной арматуры.
- обеспечение предупредительной и аварийной сигнализации в случае отклонения параметров от номинальных значений;
- обеспечение резервного управления элементами необходимыми для функционирования системы при ЗПА;
- обеспечение резервного контроля технологических параметров системы при ЗПА.

Управление электроприводной арматурой и контроль ее состояния, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация в полном объеме выполнены на дисплейных пультах управления и контроля системы управления и мониторинга, расположенных на БПУ и РПУ.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

Для обеспечения контроля, регулирования и управления основным технологическим процессом в системе аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ, для поддержания параметров, характеризующих протекание процессов в пределах, заданных проектом, предусматриваются системы управления и контроля.

В соответствии с принятыми решениями построения технологической системы, управление и контроль выполнены одноканальным с территориальным, информационным и электрическим разделением средств автоматизации.

1.1.7 Пределы и условия безопасной эксплуатации ЗСБ

Пределы и условия безопасной эксплуатации ЗСБ установлены в значениях параметров технологического процесса, предотвращающих отклонения, при которых могут возникнуть аварии. Пределы безопасной эксплуатации устанавливаются для того, чтобы

защитить от повреждения физические барьеры, препятствующие выделению и распространению в окружающую среду радиоактивных продуктов.

1.1.8 Действия оператора ЗСБ

Пассивная часть системы аварийного охлаждения зоны

Пассивная часть системы аварийного охлаждения зоны является пассивной системой, для срабатывания которой не требуется действия оператора или системы автоматики.

При включении системы в работу в течение 30 минут обеспечивается не вмешательство оператора в управление системой.

Система защиты первого контура от превышения давления

Автоматическое управление ИК и ОК имеет приоритет над дистанционным.

Управление клапанами дополнительной линии управления производится оператором дистанционно от ключа с БПУ и РПУ.

Система аварийного впрыска высокого давления

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

- обесточивании;
- течи первого контура.

При включении системы в работу по аварийным технологическим сигналам блокируется действие защит и блокировок, а также в течение 30 минут обеспечивается не вмешательство оператора в управление системой.

Система аварийного газоудаления (САГ)

Обеспечение принципа включения в работу – включение системы аварийного газоудаления производится оператором дистанционно путем открытия арматуры на соответствующих трактах, исходя из требований инструкции по эксплуатации РУ или инструкции по ликвидации аварий.

После выполнения САГ своих функций, связанных со сбросом среды из верхних точек оборудования РУ, оперативный персонал закрывает арматуру САГ, прекращая тем самым выход радиоактивности из первого контура через САГ под оболочку.

Система защиты второго контура от превышения давления

Реализовано автоматическое включение системы в работу, не требующее вмешательства оператора, при повышении давления во втором контуре до уставок срабатывания паросбросных устройств и дистанционное (оператором) с БПУ или РПУ, при этом автоматическое управление имеет приоритет.

Срабатывание компонентов системы защиты второго контура от превышения давления происходит от системы защиты станции, одновременно блокируется ручное управление оператором на время воздействия сигнала.

Система аварийного впрыска низкого давления

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

- обесточивании;
- течи первого контура.

При включении системы в работу по аварийным технологическим сигналам блокируется действие защит и блокировок, а также в течение 30 минут обеспечивается не вмешательство оператора в управление системой.

Система аварийного ввода бора

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

- обесточивании;
- течи из первого контура во второй;
- аварии с отказом системы управления и защиты реактора.

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.

Система аварийной питательной воды

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;
 - 3) отсутствии сигнала «Аварийный ПГ отсечен по воде».

– совпадении сигналов:

- 1) «Давление в ПГ выше 7,1 МПа»;
- 2) «Аварийный ПГ отсечен по воде»

Вмешательство оператора в работу системы не требуется в течение первых 30 минут с начала аварии (время невмешательства оператора в управление функцией безопасности после ее активации составляет 10 минут).

Система хранения борированной воды

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 АТWS.

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.

Система отвода остаточного тепла

Включение системы в работу осуществляется оператором. Включение системы в работу оператором происходит:

- при расхолаживании реакторной установки во время нормального останова станции;
- в режимах нарушения нормальных условий эксплуатации и при проектных авариях, при условии сохранения целостности первого контура.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

Функционирование системы основывается на пассивных принципах. Выбранная конструкция системы обеспечивает ее полностью автономную и без участия оператора работу в течение, как минимум, 24 часов.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

Функционирование системы основывается на пассивных принципах. Выбранная конструкция системы обеспечивает ее полностью автономную и без участия оператора работу в течение, как минимум, 24 часов, в авариях с полным обесточиванием и отказом питательной воды ПГ.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ управляется из СКУ для запроектных аварий (ЗПА), автоматическое управление отсутствует, арматура, выполняющая функции для управления ЗПА, не может изменить своего положения без управления оператором, запуск насосных агрегатов осуществляется оператором.

1.1.9 Анализ проекта ЗСБ

Надежность оборудования ЗСБ и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации.

Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Максимальные приведенные напряжения, возникающие в емкости и трубопроводах САОЗ от действия давления, веса, самокомпенсации и нагрузок от внешних динамических воздействий подтверждаются прочностными расчетами.

1.1.10 Показатели надежности систем ЗСБ

Обоснование надежности систем ЗСБ проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполняемых системой функций. Результаты количественного анализа надежности показывает, что система выполняет функции с заданной вероятностью.

1.1.11 Нормальная эксплуатация, функционирование при отказах, функционирование при ПА, функционирование при внешних воздействиях ЗСБ

Пассивная часть системы аварийного охлаждения зоны

Во время нормальной эксплуатации при работе на мощности срабатывание системы не требуется. Система находится в режиме ожидания. При нарушении нормальной эксплуатации работа системы не требуется. Система находится в режиме ожидания.

При авариях, связанных с потерей теплоносителя первого контура, когда давление в реакторе падает ниже 5,89 МПа система срабатывает пассивным образом за счет открытия обратных клапанов (за счет перепада давления) и раствор борной кислоты из емкостей поступает в реактор. Внешние условия работы системы соответствуют параметрам под оболочкой. Конструкция емкости и трубопроводов пассивной части САОЗ обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система защиты первого контура от превышения давления

В режиме нормальной эксплуатации реакторной установки ИПУ находится в режиме ожидания. В остальных режимах система обеспечивает не превышение расчетного давления более чем на 15 % с учетом времени срабатывания и динамики переходных процессов.

Системы защиты первого контура от превышения давления сохраняют свою работоспособность в условиях окружающей среды под оболочкой при нормальных условиях эксплуатации, нарушении отвода тепла из-под оболочки, при «малой» и «большой» течи теплоносителя, а также в условиях запроектной аварии. Конструкция трубопроводов и оборудования системы защиты первого контура от превышения давления обеспечивает нормальное функционирование при воздействии проектного землетрясения, а также выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения (семь баллов), падении самолета и внешней ударной волне.

Система аварийного впрыска высокого давления

В режимах нормальной эксплуатации система аварийного впрыска высокого давления не функционирует и находится в режиме ожидания. При нарушении условий нормальной эксплуатации функционирование системы не требуется. При авариях с потерей теплоносителя, превышающей компенсационную способность системы нормальной подпитки, при давлении в системе теплоносителя ниже рабочего давления системы (ниже 7,9 МПа) система обеспечивает подачу раствора борной кислоты в систему теплоносителя реактора. При запроектных авариях система аварийного впрыска высокого давления используется по своему прямому назначению, если имеется энергоснабжение оборудования системы и присутствует сигнал наличия постулируемых исходных событий. Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система аварийного газоудаления

При работе РУ на мощности работа системы не предусматривается, арматура системы находится в закрытом состоянии. САГ может использоваться при нормальной эксплуатации, нарушении нормальной эксплуатации и для смягчения протекания проектных аварий. Внешние условия работы системы соответствуют параметрам под оболочкой. Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система защиты второго контура от превышения давления

В режимах нормальной эксплуатации система защиты второго контура от превышения давления находится в режиме ожидания. В режимах нарушения нормальных условий эксплуатации и аварийных режимах, приводящих к повышению давления во втором контуре до уставок срабатывания элементов системы защиты второго контура от превышения давления, происходит открытие соответствующих элементов системы. Система защиты второго контура от превышения давления способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

Система аварийного впрыска низкого давления

В режимах нормальной эксплуатации система аварийного впрыска низкого давления не функционирует и находится в режиме ожидания. В режимах планового расхолаживания блока, а также аварийного расхолаживания (при условии сохранения целостности первого контура) система обеспечивает расхолаживание реакторной установки. При нарушениях нормальных условий эксплуатации, требующих расхолаживания РУ до холодного состояния, система обеспечивает расхолаживание реакторной установки в диапазоне температур первого контура от 130 °С до 60 °С со скоростью 30 °С/ч. При проектных авариях с потерей теплоносителя, включая разрыв ГЦК Ду850, когда давление в системе теплоносителя снижается ниже рабочих параметров системы обеспечивается подача раствора борной кислоты в систему теплоносителя реактора. При запроектных авариях система аварийного впрыска низкого давления используется по своему прямому назначению, если имеется энергоснабжение оборудования системы. И присутствует сигнал наличия постулируемых исходных событий. Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система аварийного ввода бора

В режимах нормальной эксплуатации система аварийного ввода бора не функционирует и находится в режиме ожидания. При нарушении условий нормальной эксплуатации функционирование системы не требуется. При аварии, связанной с течью из первого контура во второй, система аварийного ввода бора обеспечивает впрыск в паровое пространство компенсатора давления раствора борной кислоты с целью понижения давления в первом контуре. При запроектных авариях система выполняет функцию подачи в первый контур высококонцентрированного раствора борной кислоты (39,5-44,5 г/дм³), для перевода реакторной установки в подкритическое состояние в режимах с нарушением нормальных условий эксплуатации, сопровождающихся отказом срабатывания аварийной защиты (ATWS). Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система аварийной питательной воды

При работе блока на мощности система аварийной питательной воды находится в режиме ожидания. 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.) питательная вода подается в парогенератор. При проектных авариях запускаются аварийные питательные насосы, открываются задвижки на напоре питательного насоса, и питательная вода подается в парогенератор из баков запаса обессоленной воды системы. При запроектных авариях система аварийной подачи питательной воды используется по своему прямому назначению, если имеется энергоснабжение оборудования системы. Система аварийной питательной воды

способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

Система хранения борированной воды

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. 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. 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. 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 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), и подачи борированной воды для первоначального заполнения теплообменника ловушки расплава. Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система отвода остаточного тепла

При работе реактора на мощности работа системы отвода остаточного тепла не требуется. При температуре первого контура около 150 °С начинаются работы по подключению системы отвода остаточного тепла, совместно с системой впрыска низкого давления, для выполнения функции расхолаживания первого контура. При нарушениях нормальных условий эксплуатации система отвода остаточного тепла совместно с системой аварийного впрыска низкого давления обеспечивает перевод блока в холодное состояние. При проектных авариях, не связанных с разуплотнением первого контура система отвода остаточного тепла совместно с системой аварийного впрыска низкого давления обеспечивает перевод блока в холодное состояние. При запроектных авариях система отвода остаточного тепла используется по своему прямому назначению, если имеется энергоснабжение оборудования системы и параметры РУ позволяют задействовать для отвода остаточных тепловыделений. Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки

При работе блока в режимах нормальных условий эксплуатации, а также при нарушениях нормальных условий эксплуатации, система аварийного отвода тепла от 30 находится в режиме ожидания. При проектных авариях пассивный принцип запускает системы в действие при любом повышении давления и температуры под защитной оболочкой. При запроектных авариях пассивный принцип запускает системы в действие при любом повышении давления и температуры под защитной оболочкой. Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

Система пассивного отвода тепла через парогенераторы

В режиме нормальной эксплуатации функционирования системы не требуется, и СПОТ находится в режиме ожидания. Работа системы СПОТ при нарушениях нормальной эксплуатации не требуется. Работа системы СПОТ при проектных авариях не требуется. При

запроектных авариях СПОТ ПГ осуществляется отвод тепла от реакторной установки со снижением давления в 1-м и 2-м контурах без нарушения приемочных критериев. Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

Система аварийного использования воды из шахты ревизии ВКУ

В режиме нормальной эксплуатации система обеспечивает перегрузку топлива. При нарушении нормальной эксплуатации система может обеспечивать перегрузку топлива если это необходимо. При проектных авариях функционирования системы не требуется. При запроектных авариях система обеспечивает подачу борированной воды из шахты ревизии ВКУ в устройство локализации расплава, заполнения водой теплообменников (помещения) УЛР, подачи в баки-приямки и на отметку 0,00 защитной оболочки раствора щелочи NaOH с целью снижения скорости образования летучих форм йода внутри ГО, подпитки топливного бассейна и БАОТ при полном обесточивании.

Конструкция обеспечивает выполнение защитных функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

1.1.12 Вывод по ЗСБ

Защитные системы безопасности в полной мере выполняют заданные функции и отвечают требованиям нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии и обеспечения ядерной и радиационной безопасности, а также рекомендациям Руководств по безопасности МАГАТЭ.

1.2 ЛОКАЛИЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ (ЛСБ)

1.2.1 Локализирующие системы безопасности

Проектом предусмотрены следующие локализирующие системы безопасности:

- Герметизирующая стальная облицовка
- Железобетонные ограждающие конструкции
- Закладные детали
- Люки, шлюзы, двери и их закладные детали
- Проходки
- Изолирующие устройства
- Спринклерная система
- Водосборники насосов спринклерной системы
- Система удаления водорода из защитной оболочки
- Система локализации расплава
- Система локализации утечек из защитной оболочки

1.2.2 Принципы проектирования ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Назначение защитной оболочки – не допустить выхода радиоактивности во внешнюю среду в случае максимальной проектной аварии, ограничить выбросы в случае запроектных аварий, а также оградить оборудование и внутренние конструкции здания реактора от возможных внешних воздействий.

Железобетонные ограждающие конструкции

Внутренняя оболочка – сооружение из предварительно напряженного железобетона.

Наружная оболочка выполняется из монолитного железобетона с армированием арматурой без предварительного напряжения.

Закладные детали

Для крепления технологического, электрического и другого оборудования к внутренней поверхности внутренней оболочки предусматривается установка закладных деталей.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Для обеспечения транспортирования через герметичное ограждение оборудования и с целью сохранения герметичности ГО предусматривается специальный транспортный коридор, составными частями которого являются люк и герметичные ворота со стороны улицы.

Транспортный коридор выполняет роль транспортного шлюза.

Люк транспортного коридора является составной частью зоны локализации аварий и предназначен для выполнения локализирующих функций в любых проектных режимах, включая аварийные.

Ворота, транспортного коридора ограничивают распространение выделяющихся при авариях радиоактивных веществ.

Для обеспечения прохода обслуживающего персонала через ограждение ЗЛА при сохранении ее герметичности оболочка оборудована шлюзами. Предусмотрены два шлюза: основной и аварийный. Кроме использования основного шлюза для прохода обслуживающего персонала, он может использоваться также для провоза через него в гермозону малогабаритного оборудования.

Проходки

Проходки – это трубопроводные проходки, электрические проходки и проходки КИП, проходящие через оболочку, заделываются в стену внутренней преднапряженной оболочки.

Изолирующие устройства

Изолирующие устройства предназначены для отсечения трубопроводов с различными технологическими средами, проходящих через границу герметичной защитной оболочки, для

предотвращения выходов продуктов деления в результате аварии с потерей теплоносителя первого контура.

Спринклерная система

Спринклерная система предназначена для снижения давления и температуры в объеме зоны локализации аварии (ЗЛА) с одновременным связыванием радиоактивного йода в воздушном пространстве ЗЛА при проектных авариях, с целью ограничения выхода радиоактивных продуктов в окружающую среду через системы и элементы герметичного ограждения

Водосборники насосов спринклерной системы

Спринклерная система не имеет специальных водосборников. Разбрызгиваемая через спринклерные сопла вода стекает по организованным уклонам на пол герметичной оболочки, а затем в баки-приямки защитной оболочки, которые выполняют роль водосборника при авариях. Описание представлено в Защищенных системах безопасности, Система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Для обеспечения целостности системы герметичного ограждения (СГО) и защиты элементов локализирующих систем безопасности (ЛСБ) от опасных и вредных факторов, возникающих при горении и взрывах водородосодержащих смесей, в проекте предусмотрена система удаления водорода из защитной оболочки.

Система удаления водорода из защитной оболочки предотвращает образование взрывоопасных смесей в зоне локализации аварии (ЗЛА) путем поддержания объемной концентрации водорода в смеси на безопасном уровне.

Система локализации расплава

Система (или устройство) локализации расплава – УЛР является одним из технических средств, специально предусмотренных для управления тяжелыми запроектными авариями на внекорпусной стадии. В УЛР осуществляется прием, размещение и охлаждения расплава материалов активной зоны, внутрикорпусных устройств и корпуса реактора вплоть до полной кристаллизации.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Система локализации утечек из защитной оболочки предназначена для создания разрежения в межоболочечном пространстве здания реактора и в здании безопасности в аварийном режиме.

1.2.3 Проект системы ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

В качестве герметизирующего элемента по внутренней поверхности внутренней преднапряженной оболочки выполняется облицовка из углеродистой стали толщиной 6 мм.

Железобетонные ограждающие конструкции

Внутренняя оболочка – сооружение из предварительно напряженного железобетона, состоящее из цилиндрической части и полусферического купола.

Преднапряженная оболочка вместе с вертикальными ограждающими конструкциями до отметки 0,00, а также с фундаментной плитой образуют герметичный объем.

Наружная оболочка выполняется без предварительного напряжения. Оболочка состоит из цилиндрической части с внутренним диаметром и полусферического купола, на котором размещены баки системы пассивного отвода тепла.

Закладные детали

По форме закладные детали выполняются в виде прямоугольных пластин, выполненных из листовой стали классов С255 и С345.

Анкеровка закладных деталей в бетон осуществляется с помощью стержневой арматуры периодического профиля класса А400, как правило, привариваемой к пластине в тавр или через промежуточную пластину.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Узел уплотнения шлюза транспортного в наружной оболочке реактора представляет собой три сильфона изготовленных из радиационнстойкой резиновой смеси повышенной огнестойкости. Узел уплотнения посредством крепежных элементов и герметика прикрепляется к корпусу шлюза и к наружной закладной. Резиновые сильфоны, входящие в состав узла уплотнения, после установки вулканизируются.

Проходки

В проекте используются проходки следующих типов:

- герметичные трубные проходки для технологических и вентиляционных коммуникаций;
- закладные детали герметичных трубных проходов для технологических и вентиляционных коммуникаций;
- герметичные кабельные проходки (под контрольные кабели);
- герметичные кабельные проходки (под силовые кабели).

Изолирующие устройства

На трубопроводах с технологическими средами в большинстве случаев устанавливается по два электроприводных клапана – один внутри гермообъема и один снаружи и один предохранительный клапан (для трубопроводов со средами подверженными температурному расширению). Ручная локализирующая арматура устанавливается на линиях, используемых только во время ремонта – линии системы обнаружения дефектных сборок или линии системы контроля уровня и влажности пара парогенераторов, используемые один раз за весь срок эксплуатации АЭС.

Спринклерная система

Система состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов.

В каждом канале предусматриваются: спринклерный насос, насос ввода химреагентов;

коллектор со спринклерными соплами, арматура, трубопроводы.

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защищенных системах безопасности, Система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Система контроля и удаления водорода из защитной оболочки состоит из двух независимых подсистем:

- системы удаления водорода из защитной оболочкой;
- системы контроля концентрации водорода под защитной оболочкой.

Система удаления водорода из защитной оболочки обеспечивает:

- при проектных авариях поддержание концентраций водорода в смеси с водяным паром и воздухом ниже концентрационных пределов распространения пламени в расчетном диапазоне изменения параметров среды в помещениях под защитной оболочкой;
- при запроектных авариях поддержание концентрации водорода на уровнях, исключающих детонацию и развитие быстрого горения в больших объемах (соизмеримых с размерами основных отсеков контейнмента).

В состав оборудования системы удаления водорода входит комплект пассивных автокаталитических рекомбинаторов водорода и стенд для проведения контрольно-выборочных испытаний.

Система локализации расплава

Конструкция УЛР представлена на рисунке УЛР состоит из следующих функциональных элементов, расположенных (сверху вниз) по направлению перемещения кориума из корпуса реактора к основанию бетонной шахты: плита нижняя, ферма-консоль, площадка обслуживания, наполнитель, корпус с опорами.

Помимо основных элементов конструкции в состав УЛР входят трубы-чехлы для установки датчиков КИП.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Система представляет из себя четыре одинаковых, независимых один от другого канала, имеющих общую вентиляционную сеть. Одновременно в работе находятся два канала.

1.2.4 Описание используемых материалов ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Материал облицовки оболочки и анкерующих уголков – сталь класса С255. Сталь класса С255, а также сварные соединения выполняются с учетом требований нормативных документов.

Железобетонные ограждающие конструкции

Внутренняя оболочка выполняется из бетона класса не менее В55.

Наружная оболочка выполняется из монолитного железобетона класса В40 с армированием арматурой класса А400 без предварительного напряжения.

Закладные детали

Закладные детали выполнены из листовой стали классов С255 и С345.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

В конструкции шлюзов не используются горючие материалы и покрытия, вредные для здоровья людей, выделяющие взрывоопасные, токсичные и удушливые газы при температурах выше эксплуатационных и пожарах.

Проходки

По конструктивным признакам и характеристикам протекающих в них сред трубные проходки делятся на выполненные из углеродистой и нержавеющей стали.

Изолирующие устройства

По конструктивным признакам и характеристикам протекающих в них сред изолирующие устройства делятся на выполненные из углеродистой и нержавеющей стали.

Спринклерная система

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

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защищенных системах безопасности система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Для изготовления корпусных деталей рекомбинаторов используется нержавеющая сталь марки 1X18Н10Т. В качестве основы для каталитических пластин применяется жаропрочная нержавеющая сталь. На поверхность пластин наносится каталитическое покрытие на основе платины.

Система локализации расплава

Основные узлы УЛР выполнены из углеродистых и низколегированных материалов. Трубы-чехлы и трубопроводы выполнены из нержавеющей стали.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Система локализации утечек из защитной оболочки выполнена из углеродистой и нержавеющей стали.

1.2.5 Размещение оборудования ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Герметизирующая стальная облицовка покрывает изнутри внутреннюю герметичную оболочку.

Железобетонные ограждающие конструкции

Являются строительными конструкциями здания реактора.

Закладные детали

Закладные детали находятся на внутренней поверхности внутренней оболочки.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали расположены в здании реактора.

Проходки

Проходки расположены в здании реактора.

Изолирующие устройства

Изолирующие устройства, расположенные на одном трубопроводе, одно находится внутри здания реактора, второе вне, в зданиях ядерного острова.

Спринклерная система

Часть оборудования спринклерной системы, включая трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки, а другая часть оборудования системы – насосы, баки, арматура, трубопроводы – размещена в отдельных, изолированных один от другого огнестойкими физическими барьерами, помещениях здания безопасности.

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защищенных системах безопасности система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Система удаления водорода из защитной оболочки установлены внутри ЗЛА.

Система локализации расплава

Система локализации расплава находится внутри здания реактора в шахте реактора.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Система локализации утечек из защитной оболочки размещена в межоболочечном пространстве здания реактора и в здании безопасности.

1.2.6 Управление и контроль работы системы ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Является строительной конструкцией, управление и контроль не требуется.

Железобетонные ограждающие конструкции

Является строительной конструкцией, управление и контроль не требуется.

Закладные детали

Является строительной конструкцией, управление и контроль не требуется.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Разрешение на шлюзование выдается с БПУ или РПУ. Открывание дверей (ворот) шлюзов осуществляется с пультов управления (расположенных снаружи с каждой стороны и изнутри корпуса шлюза).

Проходки

Является строительной конструкцией, управление и контроль не требуется.

Изолирующие устройства

Автоматическое отсечение оболочки осуществляется для двух групп локализуемой арматуры, срабатывающей по соответствующим сигналам из системы защиты АС из СКУ СБ.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация в полном объеме выполнены в СВБУ и на панелях резервного управления БПУ и РПУ.

Спринклерная система

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

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.

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защищенных системах безопасности, Система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Функционирование системы удаления водорода из защитной оболочки основано на пассивном принципе. Системе не требуется подвод внешних сигналов управления.

Система локализации расплава

В системе локализации расплава предусмотрен КИП предназначенный для обеспечения оператора информацией о состоянии и параметрах устройства локализации при выполнении устройством функций по назначению. В процессе протекания тяжелой аварии с выходом расплава за пределы корпуса реактора обеспечиваться контроль на панелях резервного управления БПУ и РПУ для ЗПА.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Управление системами осуществляется с БПУ, РПУ. Переключение с рабочей установки на резервную осуществляется автоматически.

Для обеспечения надежности системы предусматривается постоянный контроль за состоянием элементов рабочих каналов по информации, поступающей на БПУ, РПУ (параметры технологического контроля, состояние элементов и т.д.).

1.2.7 Пределы и условия безопасной эксплуатации ЛСБ

Пределы и условия безопасной эксплуатации ЛСБ установлены в значениях параметров технологического процесса, предотвращающих отклонения, при которых могут возникнуть аварии. Пределы безопасной эксплуатации устанавливаются для того, чтобы защитить от повреждения физические барьеры, препятствующие выделению и распространению в окружающую среду радиоактивных продуктов.

1.2.8 Действия оператора ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Является строительной конструкцией, действия оператора не требуются.

Железобетонные ограждающие конструкции

Является строительной конструкцией, действия оператора не требуются.

Закладные детали

Является строительной конструкцией, действия оператора не требуются.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Оператор дает разрешение на шлюзование выдается с БПУ или РПУ. Открытие производится персоналом с пультов управления, расположенных снаружи с каждой стороны и внутри корпуса шлюза.

Проходки

Являются строительными конструкциями, действия оператора не требуются.

Изолирующие устройства

Изолирующие устройства автоматически закрываются по сигналам защиты станции при достижении аварийных параметров в защитной оболочке. При необходимости арматура также может быть закрыта дистанционно оператором или вручную по месту.

Спринклерная система

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

- обесточивании;
- сигнале давления в пределах защитной оболочки более 0,129 МПа.

При включении системы в работу по аварийным технологическим сигналам блокируется действие защит и блокировок, а также в течение 30 минут обеспечивается не вмешательство оператора в управление системой.

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защищенных системах безопасности, Система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Функционирование системы удаления водорода из защитной оболочки основывается на пассивном принципе, действий оператора не требуется.

Система локализации расплава

Система локализации расплава основывается на пассивном принципе, действий оператора не требуется.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Включение вентиляторов системы производится автоматически по повышению давления в защитной оболочке. Отключение – оператором с БПУ, РПУ.

1.2.9 Анализ проекта ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Надежность герметизирующей стальной облицовки и соответствие ее проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Железобетонные ограждающие конструкции

Надежность железобетонных ограждающих конструкций и соответствие их проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Закладные детали

Надежность закладных деталей и соответствие их проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Надежность люков, шлюзов, дверей и их закладных деталей и соответствие их проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Проходки

Надежность проходок и соответствие их проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Изолирующие устройства

Надежность изолирующих устройств и соответствие их проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Спринклерная система

Надежность оборудования спринклерной системы и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на максимальное расчетное землетрясение (МРЗ), что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

Максимальные приведенные напряжения, возникающие в оборудовании и трубопроводах Системы аварийного впрыска низкого давления от действия давления, веса, самокомпенсации и нагрузок от внешних динамических воздействий подтверждаются прочностными расчетами.

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защищенных системах безопасности, Система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

Надежность системы удаления водорода из защитной оболочки и соответствие ее проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Система локализации расплава

Надежность системы локализации расплава и соответствие ее проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

Система локализации утечек из защитной оболочки

Надежность системы локализации утечек из защитной оболочки и соответствие ее проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности проводится на основе качественного и количественного анализа надежности. Надежность определяется путем расчета показателей надежности для выполнения заданных функций.

1.2.10 Показатели надежности системы ЛСБ

Обоснование надежности систем ЛСБ проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполняемых системой функций. Результаты количественного анализа надежности показывает, что система выполняет функции с заданной вероятностью.

1.2.11 Нормальная эксплуатация, функционирование при отказах, функционирование при ПА, функционирование при внешних воздействиях ЛСБ

Герметизирующая стальная облицовка

Во всех режимах работы станции обеспечивает предотвращение выхода радиоактивности во внешнюю среду.

Железобетонные ограждающие конструкции

Во всех режимах, предусмотренных проектом, воспринимает внутренние и внешние нагрузки.

Закладные детали

Во всех режимах, предусмотренных проектом, воспринимает внутренние нагрузки.

Люки, шлюзы, двери и их закладные детали

Сохраняет проектную герметичность при нормальных условиях эксплуатации, при аварийных ситуациях и при внешних воздействиях.

Проходки

Проходки сохраняют прочность и работоспособность, как при нормальных условиях эксплуатации, отказах, ПА и при сейсмическом воздействии уровня МРЗ 7 баллов по шкале MSK-64, происходящего одновременно с максимальной проектной аварией.

Изолирующие устройства

При нормальной эксплуатации и при нарушениях нормальных условий эксплуатации изолирующие устройства функционируют в режиме ожидания, находясь в состоянии готовности к работе.

Изолирующие устройства автоматически закрываются по сигналам защиты станции при достижении аварийных параметров в защитной оболочке.

Локализирующая арматура систем безопасности нормально открыта, по сигналам отсечения защитной оболочки не закрывается.

Спринклерная система

При работе на мощности спринклерная система не функционирует и находится в режиме ожидания. При нарушении условий нормальной эксплуатации функционирование системы не требуется.

При проектной аварии система выполняет следующие функции:

- снижение давления в режиме впрыска под защитную оболочку после аварии с целью поддержания давления в защитной оболочке ниже расчетного давления защитной оболочки при авариях;
- вывод продуктов деления из атмосферы защитной оболочки, снижая таким образом общее количество продуктов деления в воздухе, для предотвращения их утечки в окружающую среду;
- регулирование химического состава воды в баке-приямке за счет добавления химреагентов для длительного удерживания йода и предотвращения коррозии.

При запроектных авариях, связанных с плавлением активной зоны реактора и выходом кориума за пределы корпуса реактора, система (после восстановления электроснабжения) заполняет шахты ревизии ВКУ.

При запроектных авариях, связанных с отказом системы охлаждения топливного бассейна, система обеспечивает резерв системе охлаждения топливного бассейна.

Водосборники насосов спринклерной системы

Описание представлено в Защитных системах безопасности, Система хранения борированной воды.

Система удаления водорода из защитной оболочки

При нормальных условиях эксплуатации и нарушении нормальных условий эксплуатации функционирование системы удаления водорода не требуется. Система находится в режиме ожидания.

При проектных авариях поддерживает концентрацию водорода в смеси с водяным паром и воздухом ниже концентрационных пределов распространения пламени в расчетном диапазоне изменения параметров среды в помещениях под защитной оболочкой;

При запроектных авариях поддерживает концентрацию водорода на уровнях, исключающих детонацию и развитие быстрого горения в больших объемах (соизмеримых с размерами основных отсеков контейнента).

Внешние условия работы системы соответствуют параметрам под оболочкой.

Конструкция обеспечивает выполнение функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система локализации расплава

При нормальных условиях эксплуатации реакторной установки УЛР находится в состоянии холодного резерва и не требует специальных мер по обеспечению своего перехода в горячий резерв и в состояние полной технической готовности. При нормальных условиях эксплуатации контроль за состоянием УЛР не предусматривается.

При нарушении нормальных условий эксплуатации реакторной установки УЛР находится в состоянии холодного резерва и не требует специальных мер по обеспечению своего перехода в горячий резерв и в состояние полной технической готовности. При нарушении нормальных условий эксплуатации контроль за состоянием УЛР не предусматривается.

При проектных авариях и запроектных авариях на внутрикорпусной стадии УЛР находится в состоянии холодного резерва и не требует специальных мер по обеспечению своего перехода в горячий резерв и в состояние полной технической готовности.

Функционирование УЛР во время тяжелой аварии с выходом расплава определяется принятой концепцией локализации расплава. После попадания кориума в ловушку обеспечивается его возвращение АС в контролируемое состояние, при котором прекращается цепная реакция деления, обеспечивается постоянное охлаждение ядерного топлива и удержание радиоактивных веществ в установленных границах.

Конструкция обеспечивает выполнение функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

Система локализации утечек из защитной оболочки

При нормальных условиях эксплуатации и нарушении нормальных условий эксплуатации система не выполняет функций безопасности.

Система локализации утечек из защитной оболочки выполняет свои функции при проектных авариях, связанных с повышением давления в гермооболочке, кроме того, при запроектных авариях и проведении послеаварийных мероприятий, при условии сохранения ее работоспособности и возможности подключения к внешним системам, если при повышении давления в гермообъеме более 0,129 МПа она создает в межоболочечном пространстве и здании безопасности требуемое разрежение, очистку и удаление воздуха.

Конструкция обеспечивает выполнение функций при воздействии максимального расчетного землетрясения, падении самолета и внешней ударной волне.

1.2.12 Выводы по ЛСБ

Локализирующие системы безопасности в полной мере выполняют заданные функции и отвечают требованиям нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии и обеспечения ядерной и радиационной безопасности, а также рекомендациям Руководств по безопасности МАГАТЭ.

1.3 ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ (ОСБ)

1.3.1 Обеспечивающие системы безопасности

Проектом предусмотрены следующие обеспечивающие системы безопасности:

- Электротехническая часть САЭ
- Система хранения и перекачки дизельного топлива
- Система водяного охлаждения дизель-генератора
- Система пускового воздуха
- Система смазки дизель-генератора
- Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора
- Система охлаждающей воды ответственных потребителей
- Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей
- Система пассивной противопожарной защиты для помещений и оборудования

систем безопасности

- Обеспечивающие вентиляционные системы
- Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

1.3.2 Принципы проектирования ОСБ

Электротехническая часть САЭ

Система аварийного электроснабжения энергоблока (САЭ) предназначена для электроснабжения потребителей системы безопасности энергоблока, обеспечивающих систем безопасности энергоблока, систем, осуществляющих управление и контроль работы указанных систем, включая датчики системы контроля реакторной установки.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

Функция безопасности, выполняемая системой хранения и перекачки дизельного топлива, заключается в подводе топлива к дизель-генератору при его работе во время обеспечения электроснабжением соответствующего канала системы безопасности при нарушении нормальной эксплуатации на АЭС, требующих его работы.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

Функция безопасности, выполняемая системой водяного охлаждения дизель-генератора, заключается в отводе избытков тепла от дизель-генератора при его работе во время обеспечения электроснабжением соответствующего канала системы безопасности при нарушении нормальной эксплуатации на АЭС, требующих его работы, а также поддержания ДГ в готовности к пуску за 15 с при нахождении его в подрежиме «дежурство».

Система пускового воздуха

Функция безопасности, выполняемая системой пускового воздуха, заключается в обеспечении пуска дизель-генератора за 15 с по сигналу обесточивания на шинах, а также поддержания запаса сжатого воздуха в блоке баллонов системы для обеспечения 6 последовательных пусков за время 15 с при нахождении ДГ в подрежиме «дежурство».

Система смазки дизель-генератора

Функция безопасности, выполняемая системой смазки, заключается в поддержании дизель-генератора в готовности к пуску за 15 с в подрежиме «дежурство» и обеспечении смазки подшипников генератора и дизеля при его работе во время обеспечения электроснабжением соответствующего канала системы безопасности при нарушении нормальной эксплуатации на АЭС, требующих его работы.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

Функция безопасности, выполняемая системами забора воздуха XJQ и выхлопа дизель-генератора XJR, заключается в поддержании дизель-генератора в готовности к пуску за 15 с в подрежиме «дежурство» и обеспечении подвода воздуха на сгорание и отвода выхлопных газов при его работе во время обеспечения электроснабжением соответствующего канала системы безопасности при нарушении нормальной эксплуатации на АЭС, требующих его работы.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей

Система охлаждающей воды ответственных потребителей (РЕ) предназначена для выполнения функции отвода тепла от системы КАА (промконтур системы охлаждения ответственных потребителей предназначенного для подачи охлаждающей воды и отвода тепла от оборудования реакторной установки, вспомогательных систем реакторной установки и систем, обеспечивающих безопасность АЭС) к конечному поглотителю, в режимах нормальной эксплуатации, нарушений нормальных условий эксплуатации и проектных авариях.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей предназначен для подачи охлаждающей воды и отвода тепла от оборудования реакторной установки, вспомогательных систем реакторной установки и систем, обеспечивающих безопасность АЭС, в режимах нормальной эксплуатации, нарушений нормальных эксплуатации и проектных авариях, а также для обеспечения барьера между вспомогательными системами, содержащими радиоактивность, и системой технической воды для ответственных потребителей.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

Система элементов пассивной противопожарной защиты пожарных зон предназначена для локализации пожара в пределах пожарной зоны, где он возник.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Приточно-вытяжная система вентиляции предназначена для создания воздухообмена и обеспечения требуемых пределов температуры внутреннего воздуха в помещениях 1, 2, 3, 4 каналов безопасности, 1, 2, 3, 4 каналов безопасности здания РДЭС, здания насосов ответственных потребителей и камер переключений.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Системы обеспечения жизнедеятельности включают технологические системы, дополнительное оборудование, снабжение и инструкции, предусмотренные на станции для создания безопасных нормальных условий, при которых операторы могут управлять энергоблоком, а также поддерживать его в безопасном состоянии при экстремальных условиях на промплощадке и в аварийных режимах, включая аварии с разуплотнением первого контура.

1.3.3 Проект системы ОСБ

Электротехническая часть САЭ

САЭ соответствует структуре системы безопасности в технологической части: САЭ выполнена четырехканальной.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

Система хранения и перекачки дизельного топлива состоит из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также по системам контроля и управления.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

Система водяного охлаждения дизель-генератора состоит из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также по системам контроля и управления.

Система пускового воздуха

Система пускового воздуха состоит из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также по системам контроля и управления.

Система смазки дизель-генератора

Система смазки дизель-генератора состоит из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также по системам контроля и управления.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора состоит из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также по системам контроля и управления.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей

Система охлаждающей воды ответственных потребителей состоит из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также по системам контроля и управления.

В промконтуре системы охлаждения ответственных потребителей предусмотрено четыре канала системы, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям.

Каждый канал включает в себя следующие элементы: насосный агрегат подачи воды на ответственные потребители, машину водоочистную вращающуюся, контейнер для смывтого мусора с сетки, сороудерживающую решетку, арматуру системы, трубопроводы системы, разбрызгивающие сопла на трубопроводах брызгального бассейна.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей состоит из четырех каналов выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также системам контроля и управления.

Каждый канал включает: теплообменники, насос, дыхательный бак, арматуру, трубопроводы.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

В состав СППЗ пожарных зон входят следующие элементы: ограждающие конструкции границ пожарных зон (строительные конструкции стен и перекрытий), противопожарные двери и люки, конструктивная огнезащита строительных конструкций, кабельных коробов, каналов и др. оборудования, оборудование локализации проливов ЛВЖ и ГЖ (пассивные устройства самотушения проливов), огнезадерживающие клапаны, устанавливаемые на воздуховодах при пересечении ими ограждающих конструкций помещений, являющихся границами пожарных зон, уплотнения коммуникационных проходов через ограждающие конструкции границ пожарных зон.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Системы состоят из четырех каналов, выполненных независимыми по технологическим и электрическим связям, а также системам контроля и управления. Каждый из каналов системы способен выполнить функции системы в полном объеме.

Вентиляционная установка каждого канала системы состоит из следующих элементов: клапан воздушный регулируемый с электроприводом и устройством от смерзания лопаток, клапан воздушный регулируемый с электроприводом на рециркуляции, фильтр грубой очистки, воздухонагреватель электрический, воздухоохладитель непосредственного охлаждения, увлажнитель, вентилятор приточный, вентилятор вытяжной, клапан воздушный регулируемый с электроприводом на выхлопе вытяжного вентилятора.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Системы вентиляции и кондиционирования поддерживают температуру воздуха помещений, входящих в границы БПУ (РПУ).

В состав систем обеспечения жизнедеятельности персонала входят системы вентиляции, имеющие следующее назначение – подача наружного воздуха с очисткой от пыли, кондиционирование воздуха при работе вентсистемы на полной рециркуляции, подача наружного воздуха с очисткой на аэрозольных и йодных фильтрах.

Системы жизнеобеспечения БПУ – состоят из трех вентустановок (одна рабочая, две резервных), представляющих из себя три одинаковых, полностью независимых канала и сеть воздуховодов

Проект радиационной защиты включает в себя биологическая защита помещений от внешнего проникающего излучения аварийного газоаэрозольного факела и других

источников, формируемых при запроектных авариях, связанных с плавлением топлива, а также технические решения по системам вентиляции.

Блочный и резервный пункты управления (БПУ, РПУ) располагаются в разных пожарных зонах, не имеют между собой коммуникационных связей.

1.3.4 Описание используемых материалов ОСБ

Электротехническая часть САЭ

Используемые для производства электротехнического оборудования конструктивные и электротехнические материалы обеспечивают:

- выполнение функций,
- надежность,
- долговечность (срок эксплуатации),
- пожарную безопасность,
- минимальные потери для обеспечения оптимального коэффициента полезного действия оборудования.
- необходимое качество.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе в соответствии с требованиями нормативных документов, принята углеродистая сталь.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе в соответствии с требованиями нормативных документов, принята углеродистая сталь.

Система пускового воздуха

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе в соответствии с требованиями нормативных документов, принята аустенитная сталь.

Система смазки дизель-генератора

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования, арматуры в системе в соответствии с требованиями нормативных документов, принята углеродистая сталь.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

В качестве основного материала трубопроводов, оборудования (за исключением глушителя), арматуры в системе в соответствии с требованиями нормативных документов, принята нержавеющая сталь. Глушитель выполнен из углеродистой стали.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей

Основной материал трубопроводов, оборудования, арматуры в системе в соответствии с требованиями нормативных документов – углеродистая сталь.

Трубопроводы выполняются из стали 20, в соответствии с требованиями нормативных документов.

Основные материалы насосного оборудования выполняются из стали 20 и стали 25Л, в соответствии с требованиями нормативных документов.

Сварочные (наплавочные) материалы, используемые для изготовления оборудования и трубопроводов – проволока Св-08Г2С.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей

Материал трубопроводов, оборудования и арматуры, в соответствии с требованиями нормативных документов – нержавеющая сталь.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

Для ограждающих строительных конструкций пожарных зон используются основные строительные материалы: бетон, арматура, кирпич, эффективные многослойные конструкции и т. д. Все применяемые материалы, в том числе материалы для уплотнений коммуникационных проходов, относятся к классу негорючих.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Материалы, применяемые при изготовлении установки, для деталей, воспринимающих нагрузки от перепада давления (разрежения), выбираются в соответствии с требованиями нормативных документов.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Материалы, применяемые при изготовлении, для деталей, воспринимающих нагрузки от перепада давления (разрежения), выбираются в соответствии с требованиями нормативных документов.

1.3.5 Размещение основных элементов оборудования ОСБ

Электротехническая часть САЭ

Электротехническая часть САЭ располагается в зданиях резервной дизельной электростанции системы аварийного электроснабжения с промежуточным складом дизельного топлива и здании управления.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

Система хранения и перекачки дизельного топлива расположена в здании РДЭС.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

Система хранения и перекачки дизельного топлива расположена в здании РДЭС.

Система пускового воздуха

Система хранения и перекачки дизельного топлива расположена в здании РДЭС.

Система смазки дизель-генератора

Система хранения и перекачки дизельного топлива расположена в здании РДЭС.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

Система хранения и перекачки дизельного топлива расположена в здании РДЭС.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей

Элементы системы РЕ размещаются в зданиях насосных станций, камерах переключений, брызгальных бассейнах.

В насосных станциях расположено следующее оборудование системы: насосы подачи воды на ответственные потребители, машины водоочистные вращающиеся, контейнеры для смывного мусора с сетки, трубопроводы и арматура.

В камерах переключений расположены трубопроводы и запорная арматура, предназначенная для обеспечения проектных режимов работы брызгальных бассейнов.

В брызгальных бассейнах расположены: сороудерживающие решетки, трубопроводы распределительной сети с разбрызгивающими соплами, трубопроводы холостого сброса.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей

Элементы промконтура системы охлаждения ответственных потребителей КАА размещаются в здании UKD.

В брызгальных бассейнах расположены: сороудерживающие решетки, трубопроводы распределительной сети с разбрызгивающими соплами, трубопроводы холостого сброса.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

Компоновка СППЗ пожарных зон определена расположением систем (элементов) технологического оборудования, важных для безопасности (обеспечивающих останов и расхолаживание реактора, локализацию и контроль радиоактивных выбросов в окружающую среду), разделением помещений по зонам радиации и расположением пожарной нагрузки в здании.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Каждая установка системы вентиляции расположена в вентиляционной камере того канала системы безопасности, помещения которого она обслуживает.

Вентиляторы системы вентиляции расположены в вытяжной венткамере того канала системы безопасности, помещения которого они обслуживают.

Каждая установка системы холодоснабжения расположена в камере того канала системы безопасности, установку которого она обслуживает.

Оборудование систем расположено в здании управления:

Теплопоступления от установок систем вентиляции и холодоснабжения снимаются системой вентиляции того канала, в котором они находятся.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ располагаются в здании управления.

1.3.6 Управление и контроль работы системы ОСБ

Электротехническая часть САЭ

Автоматическое выполнение функции электроснабжения оборудования канала СБ (включение в работу электроприводов требующегося по технологии процесса оборудования) обеспечивается через воздействие технологических команд из СКУ СБ.

Система контроля и управления выполняется индивидуальной для каждого канала САЭ – управляющие команды формируются и реализуются только в пределах «своего» канала СБ и САЭ.

САЭ оснащена системой релейной защиты, предназначенной для предотвращения нарушений в САЭ, предотвращения повреждения оборудования, отделения поврежденного оборудования или цепи от исправной сети, защиты персонала.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

Для обеспечения контроля и управления основным технологическим процессом, для поддержания его предусмотрены системы управления и контроля.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация обеспечиваются САУ ДГУ.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

Для обеспечения контроля и управления основным технологическим процессом, для поддержания его предусмотрены системы управления и контроля.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация обеспечиваются САУ ДГУ.

Система пускового воздуха

Для обеспечения контроля и управления основным технологическим процессом, для поддержания его предусмотрены системы управления и контроля.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация обеспечиваются САУ ДГУ.

Система смазки дизель-генератора

Для обеспечения контроля и управления основным технологическим процессом, для поддержания его предусмотрены системы управления и контроля.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация обеспечиваются САУ ДГУ.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

Для обеспечения контроля и управления основным технологическим процессом, для поддержания его предусмотрены системы управления и контроля.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль положения (состояния) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация обеспечиваются САУ ДГУ.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей

Для обеспечения контроля и управления основным технологическим процессом предусмотрены системы контроля и управления.

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 функционирование системы при останове блока при неработоспособной СВБУ, должны быть выполнены также на панелях резервного управления БПУ и РПУ.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей

Для обеспечения контроля, регулирования и управления основным технологическим процессом в промконтуре системы охлаждения ответственных потребителей, для поддержания параметров, характеризующих протекание процессов в пределах, заданных проектом, предусматриваются системы управления и контроля.

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.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

Автоматическое управление элементами, имеющими электропривод, осуществляется через СКУ ПЗ. Дистанционное управление этими элементами, контроль за состоянием этих элементов, в полном объеме предусматривается выполняться на БПУ, РПУ.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Управление системами вентиляции и контроль за их работой осуществляются с БПУ, РПУ. Кроме того, управление и контроль за работой кондиционера осуществляются по месту из шкафов управления и питания кондиционера, куда выносятся показания измеряемых параметров и необходимая сигнализация.

Управление системой холодоснабжения производится по сигналам из автономных систем контроля и управления соответствующих кондиционеров. Кроме того, управление и контроль за работой холодильных машин осуществляются по месту из шкафов управления и питания холодильной машины, куда выносятся показания измеряемых параметров и необходимая сигнализация. На БПУ и РПУ выносятся сигнал из автономной системы управления центральным кондиционером об отказе соответствующей холодильной машины.

На БПУ, РПУ выводятся показания измеряемых параметров, сигнализация, показания состояния активных элементов систем.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Включение систем обеспечения жизнедеятельности производится автоматически по сигналу датчика радиационного контроля при радиоактивном загрязнении наружного воздуха, по дымоизвещателю при появлении дымовых газов в наружном воздухе и оператором с БПУ, РПУ по сигналу оповещения ГО и ЧС, передаваемому по территориальной системе оповещения, о появлении токсичных веществ в наружном воздухе на площадке АЭС.

На БПУ, РПУ выводятся показания измеряемых параметров, сигнализация, показания состояния активных элементов систем.

1.3.7 Пределы и условия безопасной эксплуатации ОСБ

Пределы и условия безопасной эксплуатации ОСБ установлены в значениях параметров технологического процесса, предотвращающих отклонения, при которых могут возникнуть аварии. Пределы безопасной эксплуатации устанавливаются для того, чтобы защитить от повреждения физические барьеры, препятствующие выделению и распространению в окружающую среду радиоактивных продуктов.

1.3.8 Действия оператора ОСБ

Электротехническая часть САЭ

В САЭ обеспечивается автоматическое выполнение возложенной функции – автоматически поддерживаются параметры электроэнергии в системе, автоматически

вводятся в действие автономные источники питания и подключаются потребители СБ по сигналам обесточивания (при потере питания от рабочих и резервных источников) с автоматическим запретом вмешательства оперативного персонала в действия автоматики на время 30 минут, обеспечен приоритет выполнения заданной функции над собственными защитами.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

В системе обеспечивается автоматическое выполнение возложенной функции. Во избежание ошибочных действий персонала при аварии вводится запрет на вмешательство оператора в управление механизмами и арматурой в течение 30 минут с момента аварийного включения системы в составе ДГУ РДЭС.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

В системе обеспечивается автоматическое выполнение возложенной функции. Во избежание ошибочных действий персонала при аварии вводится запрет на вмешательство оператора в управление механизмами и арматурой в течение 30 минут с момента аварийного включения системы в составе ДГУ РДЭС.

Система пускового воздуха

В системе обеспечивается автоматическое выполнение возложенной функции. Во избежание ошибочных действий персонала при аварии вводится запрет на вмешательство оператора в управление механизмами и арматурой в течение 30 минут с момента аварийного включения системы в составе ДГУ РДЭС.

Система смазки дизель-генератора

В системе обеспечивается автоматическое выполнение возложенной функции. Во избежание ошибочных действий персонала при аварии вводится запрет на вмешательство оператора в управление механизмами и арматурой в течение 30 минут с момента аварийного включения системы в составе ДГУ РДЭС.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

В системе обеспечивается автоматическое выполнение возложенной функции. Во избежание ошибочных действий персонала при аварии вводится запрет на вмешательство оператора в управление механизмами и арматурой в течение 30 минут с момента аварийного включения системы в составе ДГУ РДЭС.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей

В аварийных режимах с обесточиванием в работу должны включаться все четыре канала с дальнейшим отключением оператором избыточных каналов в соответствии с режимом работы потребителей в здании безопасности с температурой охлаждающей воды не выше плюс 31 °С

Первичный пуск системы осуществляется оператором вручную. В случае отказа работающего насоса в процессе нормальной эксплуатации энергоблока переход на резервный насос (если в канале работает один насос) или на насосы другого канала (при двух работающих насосах канала) осуществляется автоматически.

В режимах ННЭ и в АР должно быть реализовано автоматическое включение системы в работу, не требующее вмешательства оператора.

В режимах нормальной эксплуатации система приводится в действие оператором.

Плановые операции, связанные с переключениями каналов с рабочего канала на резервный, выполняются оператором.

При ПА автоматически включаются в работу все работоспособные каналы системы РЕ (максимум четыре канала).

Во избежание ошибочных действий персонала при аварии вводится запрет на вмешательство оператора в управление механизмами и арматурой в течение 30 минут с момента аварийного включения системы.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей

Первичный пуск системы КАА, а также периодический переход с одного канала на другой в процессе нормальной эксплуатации осуществляется оператором. В режимах ННЭ и

в аварийных режимах должно быть реализовано автоматическое включение системы в работу, не требующее вмешательства оператора.

Плановые операции, связанные с переключениями каналов КАА с рабочего канала на резервный, производит оператор.

В случае отказов в работе регуляторов регулирующих клапанов оператор имеет возможность поддерживать требуемое значение технологического параметра с помощью дистанционного управления регулирующим клапаном.

В случае отказов защит и блокировок оператор имеет возможность, контролируя значения технологического параметра, по которому сработала отказавшая защита или блокировка, дистанционно воздействовать на требуемый исполнительный механизм.

Время запрета на вмешательство оператора определяется исходя из функции безопасности и логики построения алгоритма функции. После истечения времени невмешательства у оператора появляется возможность воздействовать на работу системы

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

В случае отказов блокировок оператор имеет возможность дистанционно воздействовать на требуемый исполнительный механизм активного элемента СППЗ.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Первичный пуск систем вентиляции в режиме нормальной эксплуатации осуществляется оператором.

В режимах ННЭ и ПА при потере электроснабжения нормальной эксплуатации системы включаются в работу автоматически без вмешательства оператора.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

В случае пожара в одном из помещений комплекса БПУ закрываются противопожарные клапаны соответствующего помещения. Система продолжает работать. Решение об останове системы принимает оператор.

1.3.9 Анализ проекта ОСБ

Электротехническая часть САЭ

Надежность оборудования САЭ и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на МРЗ, что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

Надежность оборудования системы хранения и перекачки дизельного топлива и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на МРЗ, что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

Надежность оборудования системы водяного охлаждения дизель-генератора и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

Надежность оборудования системы пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на МРЗ, что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Надежность оборудования обеспечивающих вентиляционных систем и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на МРЗ, что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Надежность оборудования системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ и соответствие его проектным характеристикам обеспечивается контролем качества на всех этапах изготовления и монтажа, проведением пуско-наладочных работ и контролем за состоянием оборудования во время эксплуатации. Обоснование надежности системы проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполнения системой заданных функций.

Все оборудование системы выполнено по первой категории сейсмостойкости и рассчитано на МРЗ, что обеспечивает выполнение системой своих функций при МРЗ.

1.3.10 Показатели надежности систем ОСБ

Обоснование надежности систем ОСБ проводится на основе качественного и количественного анализа надежности системы. Надежность системы определяется путем расчета показателей надежности для выполняемых системой функций. Результаты количественного анализа надежности показывает, что система выполняет функции с заданной вероятностью.

1.3.11 Нормальная эксплуатация, функционирование при отказах, функционирование при ПА, функционирование при внешних воздействиях ОСБ

Электротехническая часть САЭ

В режимах нормальной эксплуатации секции всех напряжений САЭ постоянно находятся под напряжением (в рабочем состоянии) – ввод рабочего питания через секционную перемычку от секции 10 кВ СНЭ постоянно включен при нормальном состоянии схемы электроснабжения с.н. К секциям САЭ подключены и работают механизмы и устройства, работа которых необходима в режиме нормальной эксплуатации.

Резервные дизель генераторы не работают, но находятся в режиме "ожидания" («горячего резерва») – готовности к включению при получении необходимой команды из СКУ.

При нарушении условий нормальной эксплуатации блока и при проектной аварии функционирование САЭ аналогично функционированию в режиме нормальной эксплуатации при нормальном состоянии схемы электроснабжения.

При нарушении нормального состояния схемы электроснабжения – при потере связи с энергосистемой 330 кВ и отключении генератора блока в (режиме обесточивания) САЭ получает питание от автономного дизель-генератора, запуск которого производится автоматически по сигналу "обесточивание" и подключение к нему нагрузки производится по автоматической программе.

При функционировании системы при внешних воздействиях САЭ способна выполнять все свои функции при внешних воздействиях, принятых для данного проекта.

САЭ защищена от воздействий внешних природных явлений (землетрясений, ураганов, экстремальных температур) и от внешних воздействий, связанных с деятельностью человека (падения самолета и ударной волны), строительными конструкциями зданий, в которых размещены элементы САЭ и кабели.

Система хранения и перекачки дизельного топлива

Система хранения и перекачки дизельного топлива в режиме нормальной эксплуатации АЭС, при нахождении ДГУ в подрежиме «ожидание» не функционирует. Может находиться в работе в подрежиме «опробование» ДГ. Работа системы в составе ДГУ осуществляется при нарушении нормальных условий эксплуатации и проектных авариях на АЭС, требующих работы ДГУ.

Система водяного охлаждения дизель-генератора

При нормальной эксплуатации АЭС основной режим работы ДГУ и, соответственно, системы – «дежурство» (подрежим «ожидание»), т.е. поддержание постоянной готовности к автоматическому пуску и приему нагрузки при поступлении сигнала на пуск.

При необходимости запуска дизель-генератора для выполнения своих функций работа внутреннего и промежуточного контуров осуществляется аналогично работе при опробованиях ДГ.

Функционирование при авариях на АЭС и в послеаварийный период, связанное с работой дизель-генератора, аналогично функционированию при нарушениях нормальной эксплуатации.

При запроектных авариях (ЗА) система ХЈГ используется по своему прямому назначению, если сохраняют работоспособность системы электроснабжения и управления оборудованием сооружений системы ХЈГ (защита системы ХЈГ обеспечивается за счет стойкости зданий РДЭС к внешним воздействиям).

Система ХЈГ сохраняет свои функции при внешних воздействиях, принятых для системы.

Система ХЈГ защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений (МРЗ), смерча, а также от воздействия воздушной ударной волны, экстремальных температур, падения самолета.

Система пускового воздуха

При нормальных условиях эксплуатации система пускового воздуха обеспечивает сжатие воздуха до давления 3,9 МПа, хранение сжатого воздуха в баллонах и их пополнение, подвод воздуха к дизелю для пуска.

При пуске дизель-генератора в режиме опробования подается электрический сигнал на электромагнитный клапан. Клапан открывается, и сжатый воздух подается к главному пусковому клапану. Главный пусковой клапан открывается и сжатый воздух поступает к воздухораспределителям и далее к пусковым клапанам, установленным на крышках цилиндров каждого ряда дизеля, к бустерам смазки турбоагнетателей и исполнительного органа регулятора (установка пускового положения рейки). При общей емкости баллонов 2,1 м³ обеспечивается не менее 6 последовательных пусков дизель-генератора без их пополнения (при начальном давлении воздуха не менее 3,5 МПа).

При нарушениях нормальной эксплуатации АЭС, требующих работы дизель-генератора, функционирование системы аналогично функционированию при нормальных условиях эксплуатации во время опробования.

Функционирование при авариях на АЭС и в послеаварийный период, связанное с работой дизель-генератора, аналогично функционированию при нарушениях нормальной эксплуатации.

При запроектных авариях (ЗА) система используется по своему прямому назначению, если сохраняют работоспособность системы электроснабжения и управления оборудованием сооружений системы (защита системы обеспечивается за счет стойкости зданий РДЭС к внешним воздействиям).

Система защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений (МРЗ), смерча, а также от воздействия воздушной ударной волны, экстремальных температур, падения самолета.

Система смазки дизель-генератора

Запас масла, необходимый для непрерывной работы ДГУ на номинальной мощности в течение не менее 250 часов, находится в картере дизеля и расходном баке.

При нахождении ДГУ в режиме «ожидание» для обеспечения постоянной готовности дизеля к пуску и приему нагрузки в течение 15 сек предусмотрена постоянная прокачка маслом подшипников и зубчатых зацеплений дизеля, кривошипно-шатунного механизма, а также подвод масла к исполнительному механизму регулятора скорости и бустерам смазки подшипников турбонагнетателя и регулятора при пуске электронасосом.

При работе ДГУ при нарушениях нормальной эксплуатации насосы с приводом от дизеля забирают масло из поддона дизеля через фильтр и подают его через регулятор температуры либо на теплообменники масла, либо через фильтры в контур циркуляционного масла для охлаждения поршней. При этом часть масла направляется в контур смазки кривошипно-шатунного механизма, а также к исполнительному органу регулятора оборотов и на смазку подшипников турбонагнетателей и привода насоса высокого давления. Масло, подводимое от контура циркуляционного масла, подводится также в контур смазки газораспределительного механизма.

Функционирование при авариях на АЭС и в послеаварийный период, связанное с работой дизель-генератора, аналогично функционированию при нарушениях нормальной эксплуатации.

При запроектных авариях (ЗА) система используется по своему прямому назначению, если сохраняют работоспособность системы электроснабжения и управления оборудованием системы (защита системы обеспечивается за счет стойкости зданий РДЭС к внешним воздействиям).

Система защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений (МРЗ), смерча, а также от воздействия воздушной ударной волны, экстремальных температур, падения самолета.

Система забора воздуха и выхлопа дизель-генератора

При нахождении дизель-генератора в режиме «ожидание» охлаждающая жидкость, нагретая в подогревателе САП насосом, прокачивается через теплообменники турбонагнетателей и подогреватели наддувочного воздуха, поддерживая запас теплого воздуха для обеспечения пуска ДГ за 15 с.

При пуске ДГ в режиме опробования воздух, подаваемый на сгорание в цилиндры дизеля, забирается снаружи здания РДЭС через приемную камеру и воздухопровод, в котором происходит снижение уровня ударной волны (при ее прохождении). Далее воздух попадает в фильтр. После фильтра воздух по трубопроводу подается по всасывающим трубопроводам в компрессоры турбонагнетателей, которые установлены на дизеле. Компрессоры турбонагнетателей обеспечивают сжатие воздуха и подачу его через охладители и подогреватели на сгорание в цилиндры дизеля. Для контроля загрязнения фильтра используется датчик перепада давления, обеспечивающий сигнализацию при увеличении перепада давления воздуха на фильтре выше допустимого значения.

Отработавшие газы двигателя поступают в коллектор ОГ (отработавших газов) откуда через заслонки подаются к турбинам турбонагнетателей высокого давления. Затем ОГ подводятся к турбинам турбонагнетателей низкого давления. После турбонагнетателей

низкого давления выхлопные газы подаются в общий трубопровод, на котором установлен глушитель. После глушителя выхлопные газы попадают в выхлопную трубу и далее в атмосферу.

Глушитель газовыхлопа предназначен для снижения уровня шума выхлопных газов до требуемых санитарных значений. Для предотвращения попадания дождевой воды в дизель глушитель оборудован захлопкой и сливной трубой.

При нарушении нормальной эксплуатации, требующих работы дизель-генератора, функционирование систем аналогично функционированию при нормальных условиях эксплуатации во время опробования.

Функционирование при авариях на АЭС и в послеаварийный период, связанное с работой дизель-генератора, аналогично функционированию при нарушениях нормальной эксплуатации.

При запроектных авариях (ЗА) система используется по своему прямому назначению, если сохраняют работоспособность системы электроснабжения и управления оборудованием системы (защита систем обеспечивается за счет стойкости зданий РДЭС к внешним воздействиям).

Система защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений (МРЗ), смерча, а также от воздействия воздушной ударной волны, экстремальных температур, падения самолета.

Система охлаждающей воды ответственных потребителей (РЕ)

Система РЕ функционирует во всех режимах нормальной эксплуатации энергоблока, включая пуск и останов.

В случае выхода из строя одного канала РЕ отвод тепла от ответственных потребителей обеспечивается оставшимися в работе каналами.

В режиме обесточивания насосы системы запускаются автоматически по программе ступенчатого пуска, и их электроснабжение осуществляется от аварийных дизель-генераторов.

При проектных авариях «большая течь теплоносителя первого контура» в работе находятся все четыре канала системы (по сигналу автоматически включаются в работу все исправные насосы РЕ).

При запроектных авариях система используется по своему прямому назначению, если сохраняет работоспособность система промконтур системы охлаждения ответственных потребителей и сохраняют работоспособность системы электроснабжения оборудования и вентиляции сооружений системы (защита системы обеспечивается за счет принципа территориального разнесения каналов).

Система защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений (МРЗ), смерча, а также от воздействия воздушной ударной волны, экстремальных температур, падения самолета.

Промконтур системы охлаждения ответственных потребителей (КАА)

При Работе РУ на мощности в работе должны находиться два канала системы КАА, два канала находятся в резерве.

При выходе из строя рабочего канала по АВР включается резервный канал, и система КАА работает как в номинальном режиме.

При обесточивании (при отсутствии сигналов проектных аварий (ПА)) в работу включаются ранее работавшие насосы КАА по программе ступенчатого пуска дизель-генераторов (СПДГ).

В режимах проектных аварий связанных с течью теплоносителя (сигнал из системы защиты станции) обеспечивается подача охлаждающей воды промконтур к следующим потребителям: теплообменникам системы аварийного охлаждения активной зоны низкого давления (JNG), насосам аварийного впрыска высокого и низкого давления, насосам аварийного ввода бора, воздухоохладителям помещений здания безопасности и межоболочечного пространства, теплообменникам системы охлаждения топливного

бассейна, теплообменникам промконтура системы ответственных потребителей высокого давления, компрессорам систем радиационного контроля.

Потребители здания реактора, а также потребители вспомогательного отделения отключаются по сигналу из системы защиты станции путем закрытия отсекающей арматуры.

В режимах ПА по сигналу из системы защиты станции автоматически включаются в работу все насосы, открываются клапаны на входе и выходе из теплообменников, на напоре и всасе насосов. Закрывается запорная арматура на линии рециркуляции насосов.

Одновременно в каждом канале автоматически включаются в работу насосы технической воды.

При запроектных авариях система используется по своему прямому назначению, если сохраняют работоспособность система технической воды, обеспечивающие системы вентиляции и электроснабжения.

Система защищена от воздействия внешних стихийных явлений: землетрясений (МРЗ), смерча, а также от воздействия воздушной ударной волны, экстремальных температур, падения самолета.

Система пассивной противопожарной защиты для помещений и Оборудования систем безопасности

При условиях нормальной эксплуатации АЭС, в условиях отсутствия пожара, система СППЗ находится в готовности, в режиме ожидания.

При возникновении пожара (ННЭ) срабатывает система автоматической пожарной сигнализации, по сигналу которой автоматически закрываются огнезадерживающие клапаны. При отказе автоматического закрытия клапаны закрываются по пассивному принципу при срабатывании легкоплавкой вставки.

СППЗ обеспечивает заданную проектом огнестойкость границ пожарной зоны, тем самым обеспечивается локализация пожара в зоне, где он возник, полного свободного выгорания пожарной нагрузки (без учета воздействия на пожар огнетушащих веществ в случае, если установки пожаротушения не удовлетворяют принципу единичного отказа).

При ПА и ЗПА работа системы не рассматривается.

Обеспечивающие вентиляционные системы

Системы вентиляции и холодоснабжения выполняют заданные функции при абсолютной максимальной и абсолютно минимальной температурах наружного воздуха в нормальных условиях эксплуатации, нарушении нормальных условий эксплуатации, при проектных авариях, если они создают в помещениях требуемые параметры воздуха в соответствии с технологическими требованиями.

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ

Системы жизнеобеспечения БПУ, РПУ поддерживается обитаемость БПУ, РПУ при нормальных условиях эксплуатации энергоблока, отклонениях от нормальных условий эксплуатации и авариях, учитываемых в проекте.

1.3.12 Вывод по ОСБ

Обеспечивающие системы безопасности в полной мере выполняют заданные функции и отвечают требованиям нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии и обеспечения ядерной и радиационной безопасности, а также рекомендациям Руководств по безопасности МАГАТЭ. Технологической связи между системами энергоблоков нет.