

## **12 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА**

В данном разделе представлено описание вспомогательных систем энергоблока. К вспомогательным системам энергоблока относятся:

- вспомогательные системы реакторной установки;
- системы противопожарной защиты;
- системы вентиляции;
- система хранения и обращения со свежим ядерным топливом;
- система перегрузки, выдержки и отправки отработавшего топлива.

### **12.1 НАЗНАЧЕНИЕ И ПЕРЕЧЕНЬ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Вспомогательные системы обеспечивают надёжное и эффективное функционирование реакторной установки и в том числе других вспомогательных систем РУ.

В состав основных вспомогательных систем РУ входят следующие системы:

- система охлаждения топливного бассейна (ФАК)
- система сбора протечек теплоносителя реактора (JET);
- система уплотняющей воды ГЦНА (JEW);
- промконтур охлаждения ответственных потребителей высокого давления (КАВ)
- система подпитки-продувки и борного регулирования (КВА);
- система хранения теплоносителя первого контура (КВВ);
- система подачи чистого конденсата и борированной воды (КВС-1);
- система очистки теплоносителя первого контура (КВЕ);
- система обработки теплоносителя первого контура (КВФ);
- система дренажей оборудования здания реактора (КТА);
- система сдувок оборудования здания реактора (КТВ).

### **12.2 ОПИСАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

#### **12.2.1 Описание системы охлаждения топливного бассейна (ФАК)**

##### **12.2.1.1 Функции системы**

Система охлаждения топливного бассейна (ФАК) предназначена для:

- отвода остаточных тепловыделений от отработавших кассет, находящихся в топливном бассейне во всех проектных режимах эксплуатации, а также в режимах проектных и запроектных аварий;

- контроля и поддержания радиационно-защитного слоя воды над топливными сборками в шахте реактора, топливном бассейне и колодце перегрузки;

Кроме выполнения основных функций система ФАК предназначена для:

- заполнения и дренирования шахты реактора и топливного бассейна во время проведения работ по перегрузке топлива;

- опорожнения шахты реактора, шахты ревизии ВКУ;

- опорожнения топливного бассейна при проведении плановых работ, а также работ по ремонту облицовки топливного бассейна и колодца перегрузки;

- трубопроводы системы ФАК используются для подачи воды от спринклерных насосов на заполнение шахты ревизии ВКУ во время проведения работ по перегрузке топлива;

- трубопроводы системы ФАК используются для подачи воды от спринклерных насосов на заполнение шахты ревизии ВКУ при запроектной аварии, связанной с расплавлением активной зоны реактора и выходом расплава за пределы корпуса реактора после восстановления САЭ;

- трубопроводы системы ФАК используются для подачи воды из системы LCU на подпитку топливного бассейна в режиме потери всех источников переменного тока более 24 часов.

### **12.2.1.2 Описание работы системы**

В режиме пуска АЭС осуществляется подготовка системы к эксплуатации. Первоначальное заполнение системы ведется водой с концентрацией борной кислоты 16-20 г/кг от баков-приямков системы JNK насосами системы FAK.

При работе блока на мощности работает один канал системы FAK10 или FAK40.

Вода подается на всас насоса из коллектора, расположенного по периметру (в плане) на верхних отметках топливного бассейна и направляется в теплообменник системы FAK, где охлаждается системой промконтур КАА. Вода, охлажденная в теплообменнике, подается в нижнюю часть топливного бассейна через коллектор.

При отклонениях качества воды в топливном бассейне вода может подаваться на очистку в систему FAL. В случае протечек, возникающих в результате нарушения плотности бассейна, оттуда же осуществляется подпитка с расходом до 40 м<sup>3</sup>/час насосами системы FAL (из баков-приямков JNK).

Периодически (раз в месяц) производится переключение работы рабочего канала на резервный.

При отказе одного из каналов системы FAK, оператор переключает охлаждение топливного бассейна на второй канал FAK или может использовать один из каналов системы JNA20(30), JMN20(30), JNG20(30).

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

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

В режимах плановой перегрузки или выгрузки активной зоны отвод остаточных тепловыделений от ядерного топлива, находящимся в топливном бассейне, осуществляется одним из каналов системы FAK (перед началом операций по перегрузке топлива в работу включается второй канал FAK или канал отвода тепла систем JNG, JNA, JMN).

### **12.2.1.3 Размещение основных элементов оборудования**

Оборудование системы FAK – насосы, теплообменники, а так же арматура и трубопроводы в обвязке насосов и теплообменников, размещены в помещениях здания безопасности. Каждый канал размещен в отдельном помещении, изолированном от другого огнестойкими физическими барьерами. Часть системы FAK – трубопроводы и арматура размещены в пределах защитной оболочки.

Трубопроводы подачи и слива воды FAK здания реактора трассируются в разных частях здания, что исключает их одновременное повреждение.

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

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

### **12.2.1.4 Управление и контроль работы системы**

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.

### **12.2.1.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.1.6 Выводы**

При проектировании системы ФАК учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.2 Описание системы сбора протечек теплоносителя реактора (JET)**

#### **12.2.2.1 Функции системы**

Система сбора протечек теплоносителя реактора (JET) (в режимах нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации) предназначена для выполнения следующих функций:

- контроль герметичности фланцевых уплотнений основного оборудования РУ и уплотнений штоков и затворов арматуры САОЗ (JNG-2).
- организованный сбор протечек и дальнейшее их направление в бак сбора организованных протечек:
  - при неплотности фланцевых уплотнений основного оборудования РУ и уплотнений штоков и затворов арматуры САОЗ;
  - при неплотности затворов арматуры систем: JNG1, JNA, JND, JDH;
  - организованный сбор дренажей и дальнейшее их направление в бак сбора организованных протечек системы КТА, при «прогреве» (дренировании) трубопроводов систем JNG-1, JNA, с «холодной» средой, в режиме расхолаживания РУ.

#### **12.2.2.2 Описание работы системы**

При нормальной эксплуатации энергоблока система JET осуществляет отвод протечек от оборудования и арматуры первого контура, расположенных в герметичной оболочке и в здании безопасности и дальнейшую их подачу в систему дренажа оборудования здания реактора КТА.

Сбор протечек осуществляется в коллекторы системы JET, а затем направляется в бак организованных протечек системы КТА, с последующим возвратом в систему теплоносителя реактора.

Контроль герметичности фланцевых соединений оборудования РУ производится путем непрерывного измерения давления в межпрокладочной полости (МПП). В режимах нормальной эксплуатации арматура на линиях сброса протечек из МПП нормально закрыта. При протечках во фланцевом соединении поднимается давление в МПП и фиксируется преобразователем давления (манометром) с выдачей предупредительного сигнала.

При появлении сигнала оператор открывает запорную арматуру на линии сброса протечек, снижая давление в линии МПП. После этого оператор закрывает запорную арматуру на линии сброса протечек, при этом устанавливается стабильное значения давления в МПП.

Контроль герметичности плотности затворов производится путем непрерывного измерения давления в дренажном трубопроводе. Запорные вентили на линиях отвода протечек от затворов арматуры нормально открыты. Оператор закрывает вентили на линии отвода протечек и по скорости нарастания давления определяет величину протечки.

При течи через затворы больше допустимой величины устанавливаемой НД канал безопасности выводиться в ремонт, до устранения дефекта.

#### **12.2.2.3 Размещение основных элементов оборудования**

Трубопроводы и арматура системы сбора протечек теплоносителя реактора размещаются в защитной оболочке и в здании безопасности.

В здании безопасности расположены арматура и трубопроводы, собирающие протечки через затворы арматуры систем безопасности в коллектор JET50, который в свою очередь

соединен с коллектором системы КТА подачи в бак организованных протечек во вспомогательном корпусе.

Остальные трубопроводы и арматура размещены в защитной оболочке.

Для элементов, размещенных за пределами защитной оболочки, обеспечен доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

#### **12.2.2.4 Управление и контроль работы системы**

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.

#### **12.2.2.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.2.6 Выводы**

При проектировании системы ЖЕТ учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.3 Описание системы уплотняющей воды ГЦНА (JEW)**

#### **12.2.3.1 Функции системы**

Система уплотняющей воды ГЦНА (JEW) выполняет следующие функции:

- подачу воды на уплотнения ГЦНА;
- отвод организованных протечек от ГЦНА в деаэрактор подпитки;
- впрыск охлаждающей воды в автономный контур ГЦНА.

#### **12.2.3.2 Описание работы системы**

Основной режим работы системы - длительная непрерывная подача уплотняющей воды в блок уплотнения ГЦНА для охлаждения и смазки пар трения.

Допускается прекращение подачи уплотняющей воды при наличии воды системы КАВ неограниченно долго при работе на энергоблока мощности (не более 60 минут в горячем состоянии) и не допускается одновременное прекращение подачи уплотняющей воды и воды системы КАВ - более 3 мин.

При аварийном останове ГЦНА в «горячий» резерв запорная арматура на трубопроводе организованных протечек JEW в соответствии руководством по эксплуатации, должна быть закрыта оператором в течение не более 3-х минут.

При превышении температуры автономного контура ГЦНА 150 °С, осуществляется впрыск охлаждающей воды в автономный контур от системы КВА.

Отвод организованных протечек после уплотнения ГЦНА осуществляется в деаэрактор подпитки системы КВА.

#### **12.2.3.3 Размещение основных элементов оборудования**

Часть элементов системы уплотняющей воды ГЦНА, включая трубопроводы и арматуру размещается в здании реактора, а другая часть элементов системы размещена в здании безопасности и вспомогательном корпусе.

#### **12.2.3.4 Управление и контроль работы системы**

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль за положением (состоянием) элементов, контроль технологических параметров, а также предупредительную и аварийную сигнализацию в полном объеме предусматривается выполнить на БПУ и РПУ посредством системы верхнего блочного уровня.

#### **12.2.3.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.3.6 Выводы**

При проектировании системы JEW учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.4 Промконтур охлаждения ответственных потребителей высокого давления (КАВ)**

#### **12.2.4.1 Функции системы**

Промконтур охлаждения ответственных потребителей высокого давления КАВ предназначен для подачи охлаждающей воды и отвода тепла от вспомогательного оборудования реакторной установки и вспомогательных систем реакторной установки в режимах нормальной эксплуатации, нарушений нормальных условий эксплуатации и проектных авариях (подача воды на охлаждение теплообменников ГЦНА), а также для обеспечения барьера между теплоносителем первого контура высокого давления и промконтуром системы охлаждения ответственных потребителей КАА.

#### **12.2.4.2 Описание работы системы**

При работе энергоблока на мощности в работе находятся два насоса системы КАВ. Другие два насоса системы КАВ находятся в резерве.

Каждый работающий канал КАВ работает по замкнутой схеме: “холодная” вода промконтура КАВ насосами подается к потребителям, от потребителей сливается в обратную магистраль, откуда направляется в теплообменник КАВ, где охлаждается водой промконтура КАА. Затем “холодная” вода вновь поступает на всас насосов промконтура КАВ.

Для исключения перетоков воды промконтура из рабочего канала в резервный, запорная арматура на напоре резервных насосов закрыта.

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

При ложном закрытии локализирующей арматуры КАВ на любой из магистралей КАВ50 или КАВ60 изменений в работе системы КАВ не происходит, вода к потребителям подается через оставшуюся магистраль в полном объеме.

При плановом расхолаживании энергоблока отвод тепла обеспечивается при работе двух каналов КАВ10(20) и КАВ30(40).

#### **12.2.4.3 Размещение основных элементов оборудования**

Оборудование промконтура КАВ – насосы, теплообменники, арматура и трубопроводы в обвязке насосов и теплообменников, а также арматура отделяющая оборудование и трубопроводы I и II категорий сейсмостойкости размещены в помещениях здания безопасности. Каждый канал располагается в отдельном помещении изолированном один от другого

огнестойкими физическими барьерами. Часть системы промконтура КАВ – трубопроводы и арматура размещены в пределах защитной оболочки и в здании вспомогательного корпуса.

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

#### **12.2.4.4 Управление и контроль работы системы**

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.

#### **12.2.4.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.4.6 Выводы**

При проектировании системы КАВ учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.5 Описание системы подпитки-продувки и борного регулирования (КВА)**

#### **12.2.5.1 Функции системы**

Система предназначена для выполнения следующих функций:

- поддержания материального баланса теплоносителя первого контура в эксплуатационных режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- управления реактивностью реактора;
- регулирования водно-химического режима теплоносителя первого контура в эксплуатационных режимах - пуск, останов, работа на мощности (химические реагенты подаются на всас насосов подпитки)
- постоянного вывода теплоносителя для очистки на фильтрах системы очистки теплоносителя (КВЕ) в эксплуатационных режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- испытания на плотность и прочность системы первого контура в период ППР (при помощи насоса для гидравлических испытаний системы КВА);
- обеспечения дегазации теплоносителя первого контура в деаэраторе, для удаления из теплоносителя первого контура инертных газов, водорода и кислорода в режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- корректировки уровня и концентрации РБК в гидроемкостях системы аварийного охлаждения активной зоны (ГЕ САОЗ):
- заполнения теплоносителем трубопроводов и оборудования РУ при нахождении РУ в «холодном» состоянии;
- подачи запирающей воды на уплотнения ГЦНА в режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- сбора и возврата в первый контур организованных протечек с ГЦНА в режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- впрыска охлаждающей воды в АК ГЦНА при нарушениях в работе ГЦНА;

- компенсации неорганизованных и возврата в контур организованных протечек теплоносителя в режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- впрыска борного раствора в КД для снижения давления в первом контуре при неработающих ГЦНА (обесточивание АЭС);
- компенсации потерь теплоносителя в первом контуре при течах до 80 м<sup>3</sup>/ч;
- подачи в первый контур борного раствора при срабатывании АЗ;
- постоянный вывод теплоносителя первого контура на автоматизированный химконтроль в режимах - пуск, останов, работа на мощности;
- подачи теплоносителя на продувку и заполнение импульсных линий датчиков КИП систем первого контура в режимах - останов, работа на мощности.

### **12.2.5.2 Описание работы системы**

После проведения ГИ первого контура начинается процесс разогрева РУ с температуры 90÷130°С до номинальных параметров. Система КВА обеспечивает циркуляцию теплоносителя из первого контура в деаэратор и обратно в первый контур.

Увеличение объема теплоносителя при разогреве первого контура компенсируется путем его сброса из деаэратора в баки хранения теплоносителя КВВ.

Для вывода реактора на минимально контролируемый уровень мощности (далее МКУ) концентрация борной кислоты в теплоносителе первого контура снижается. При этом теплоноситель выводится из первого контура в баки хранения теплоносителя КВВ, а на подпитку первого контура поступает ЧК из баков КВС.

Для снижения концентрации борной кислоты в теплоносителе первого контура в проекте предусмотрены автоматические программы борного регулирования.

После вывода на МКУ реактор готов к выходу на энергетическую мощность. Система КВА работает в режиме “подпитки”, а системы КВВ, КВС-1 работают в режиме поддержания уровня воды в деаэраторе КВА. При этом, в деаэратор поступают протечки уплотняющей воды от ГЦНА и теплоноситель первого контура от КТА (организованные протечки первого контура).

Из деаэратора подпиточная вода поступает во всасывающие коллекторы насосов КВА.

В работе находится один из насосов КВА при этом второй насос находится в состоянии «резерв», а третий, при его нахождении в работоспособном состоянии, находится в режиме «ожидание».

Через регенеративный теплообменник и доохладитель КВА постоянно циркулирует теплоноситель, поступающий с напора ГЦНА на очистку (в работе два фильтра системы КВЕ), и после очистки через регенеративный теплообменник на всас ГЦНА. Для обеспечения разности температур теплоносителя между подпиткой и «холодными» нитками ГЦТ не более 30 °С после регенеративного теплообменника КВА перед подачей подпиточной воды в контур предусмотрено подмешивание к подпиточной среде теплоносителя с напора ГЦНА.

С напора ГЦНА по линии КВА40 производится отбор теплоносителя первого контура на уплотнения ГЦНА.

В режимах борного регулирования система КВА выполняет функцию управления реактивностью реактора.

При борном регулировании изменяется концентрация борной кислоты в теплоносителе первого контура. Текущая концентрация борной кислоты в теплоносителе в стационарных режимах составляет от 8,0 до 0,1 г/дм<sup>3</sup>. Изменение концентрации борной кислоты осуществляется путем вывода теплоносителя из первого контура и заменой его соответствующим количеством ЧК из системы КВС-1 или РБК из баков JNK.

### **12.2.5.3 Размещение основных элементов оборудования**

Часть системы КВА, включая оборудование, трубопроводы и арматуру, размещается внутри защитной оболочки (здание UJA) другая часть - во вспомогательном корпусе (здание UKA). Для оборудования, размещенного за пределами защитной оболочки, обеспечены доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

#### **12.2.5.4 Управление и контроль работы системы**

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

#### **12.2.5.5 Анализ проекта**

Система продувки-подпитки первого контура является системой нормальной эксплуатации, по влиянию на безопасность - важной для безопасности.

Проект системы и конструкция отдельных ее элементов отвечает требованиям нормативной документации по безопасности АЭС.

Для выполнения функций, в системе КВА предусмотрено резервирование активного оборудования, запорной и регулирующей арматуры. Таким образом, отказ активных элементов системы не приводит к отказу выполнения функций.

Линия аварийного вывода теплоносителя обеспечивает безопасный останов и расхолаживание реакторной установки без использования систем безопасности при отказе штатной линии вывода.

На трубопроводах системы КВА пересекающих защитную оболочку, при проходе через защитную оболочку последовательно установлены две локализирующих арматуры (одна внутри оболочки и одна вне оболочки).

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.5.6 Выводы**

При проектировании системы КВА учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.6 Описание система хранения теплоносителя первого контура (КВВ)**

#### **12.2.6.1 Функции системы**

Система предназначена для выполнения следующих функций:

- приема и хранения теплоносителя после водообмена первого контура;
- поддержание уровня в деаэраторе подпитки;
- вывода бора из теплоносителя первого контура в конце кампании на фильтрах КВВ;
- вывода щелочных металлов из теплоносителя первого контура на фильтрах КВВ;
- подачу борного раствора от системы JNK на заполнение первого контура и деаэратора подпитки;
- прием теплоносителя при дренировании первого контура;
- прием дренажей из систем сбора борсодержащих дренажей.

#### **12.2.6.2 Описание работы системы**

Перед пуском энергоблока система КВВ обеспечивает заполнение первого контура РБК с концентрацией от 16 до 20 г/дм<sup>3</sup> из баков JNK.

В процессе разогрева и при работе энергоблока на мощности система КВВ обеспечивает поддержание уровня в деаэраторе подпитки.

В режимах борного регулирования теплоноситель из деаэратора направляется в баки системы КВВ и после выдержки, теплоноситель отправляется на переработку в систему КВФ.



В конце топливной кампании при низкой концентрации борной кислоты в теплоносителе первого контура система КВВ осуществляет вывод бора из теплоносителя первого контура помощью фильтре системы.

Так же системы КВВ обеспечивает вывод щелочных металлов из теплоносителя первого контура на фильтре системы.

В режиме дренирования первого контура система КВВ может быть подключена к системе КТА. Процесс дренирования первого контура автоматизирован и осуществляется при помощи программы КВВ.

#### **12.2.6.3 Размещение основных элементов оборудования**

Все оборудование и трубопроводы системы КВВ расположены во вспомогательном корпусе (здание УКА).

Для оборудования обеспечен доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

#### **12.2.6.4 Управление и контроль работы системы**

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

#### **12.2.6.5 Анализ проекта**

Система КВВ является системой нормальной эксплуатации.

Проект системы и конструкция отдельных ее элементов отвечает требованиям нормативной документации по безопасности АЭС.

Показателем надежности системы является вероятность невыполнения системой заданных функций.

Для выполнения функций в системе КВВ предусмотрено резервирование активного оборудования и баков хранения теплоносителя.

Насосы КВВ выполнены с резервированием, один из двух насосов является рабочим, один резервным. Отказ насоса не приводит к невыполнению системой своих функций, поскольку оставшийся в работе насос способен обеспечить требуемую подачу. В АСУТП реализована функция по циклическому (последовательному) включению насосных агрегатов по автоматическим сигналам для параллельной выработки ресурса.

Согласно принятым проектным требованиям, одного работоспособного насоса системы КВВ достаточно для осуществления системой своих функций в любом проектном режиме работы блока.

Таким образом, проект системы обеспечивает выполнение заданных функций в проектных режимах.

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.6.6 Выводы**

При проектировании системы КВВ учитывались требования нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

## **12.2.7 Описание подачи чистого конденсата и борированной воды (КВС-1)**

### **12.2.7.1 Функции системы**

Система предназначена для выполнения следующих функций:

- приема «чистого» конденсата (далее ЧК) от выпарной установки системы КВФ и хранения ЧК в баках КВС;
- подачи ЧК от баков КВС на всас насосов системы КВА, в режимах борного регулирования для снижения концентрации раствора борной кислоты (далее РБК) в теплоносителе первого контура;
- подачи ЧК или РБК в деаэрактор КВА для поддержания уровня в деаэраторе;
- подачи РБК и химических реагентов в ГЕ САОЗ при их заполнении (при атмосферном давлении в ГЕ САОЗ).

### **12.2.7.2 Описание работы системы**

Система КВС-1 обеспечивает первоначальное заполнение гидроемкостей САОЗ. Во всасывающие трубопроводы насосов КВС подается РБК из баков JNK10,40BB001 и раствор КОН от системы КВД-1.

На этапе разогрева РУ и при работе на мощности система КВС-1 находится в автоматическом режиме поддержания уровня в деаэраторе подпитки КВА.

Перед пуском РУ производится снижение концентрации РБК в теплоносителе первого контура.

Весь период снижения концентрации РБК, ЧК подается из баков КВС во всасывающие трубопроводы насосов КВА.

В режиме расхолаживания РУ РБК из баков JNK насосами КВС подается в деаэрактор КВА для компенсации усадки объема теплоносителя первого контура.

### **12.2.7.3 Размещение основных элементов оборудования**

Оборудование и трубопроводы системы КВС-1 расположено во вспомогательном корпусе (здание УКА).

Для оборудования обеспечен доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

### **12.2.7.4 Управление и контроль работы системы**

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

### **12.2.7.5 Анализ проекта**

Система КВС-1 является системой нормальной эксплуатации.

Проект системы и конструкция отдельных ее элементов отвечает требованиям нормативной документации по безопасности АЭС.

Для выполнения функций, в системе КВС-1 предусмотрено резервирование активного оборудования и баков запаса.

Проведенные расчеты продемонстрировали выполнение критериев прочности при всех учитываемых проектных режимах, в том числе, при динамических воздействиях.

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

### **12.2.7.6 Выводы**

При проектировании системы КВС-1 учитывались требования нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной

энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

## **12.2.8 Описание системы очистки теплоносителя первого контура (КВЕ)**

### **12.2.8.1 Функции системы**

Система очистки теплоносителя первого контура КВЕ предназначена для обеспечения норм водно-химического режима первого контура.

Слабощелочной восстановительный аммиачно-калиевый водно-химический режим с борной кислотой, принятый в проекте РУ Белорусской АЭС, обеспечивает минимальное радиоактивное загрязнение оборудования РУ и минимальную скорость коррозии конструкционных материалов оборудования РУ и активной зоны, что подтверждается опытом эксплуатации АЭС с ВВЭР.

Функциями системы КВЕ являются:

- очистка от растворенных продуктов, находящихся в анионной и катионной формах;
- очистка теплоносителя первого контура от радиоактивных продуктов коррозии, находящихся в дисперсной фазе.

Снижение интенсивности процессов роста отложений на теплопередающих поверхностях и накопления активированных продуктов коррозии на поверхности оборудования первого контура при работе на энергетических уровнях мощности обеспечивается поддержанием суммарной молярной концентрации ионов щелочных металлов (K, Li, Na) в соответствии с оптимальной зависимостью от текущей концентрации борной кислоты.

### **12.2.8.2 Описание работы системы**

При разогреве РУ до горячего состояния фильтры системы КВЕ не работают, теплоноситель направляется по байпасу системы КВЕ. При пуске блока, перед выводом РУ на МКУ, производится насыщение анионита фильтров КВЕ борной кислотой, а после вывода РУ на МКУ производится насыщение аммиаком и калием катионита фильтров КВЕ.

При работе блока на мощности теплоноситель после доохладителя системы КВА проходит через одну из линий (КВЕ10 или КВЕ50) или через обе линии, включенные параллельно. Очищенный теплоноситель возвращается в первый контур через регенеративный теплообменник. В режимах борного регулирования теплоноситель выводится в деаэратор КВА. Теплоноситель направляется по байпасной линии при пуске блока, при превышении температуры теплоносителя выше допустимой, а также при отказе фильтров.

Подключение групп фильтров в работу и их отключение осуществляется. Предусмотрено защитное отключение групп фильтров при повышении температуры выше допустимой.

Очистка теплоносителя проводится постоянно при работе блока на энергетических уровнях мощности. Пуск фильтров в работу осуществляется через байпасные трубопроводы клапанов на входе в каждую линию фильтров. На данных байпасных линиях установлены дроссельные шайбы для обеспечения постепенного подъема давления при включении фильтров в работу и для снижения давления перед сбросом отмывочных вод в бак КТА при проведении операции отмывки ионообменных смол.

Контроль эффективности очистки осуществляется посредством автоматизированного химического контроля проб, отобранных после каждого из фильтров (система КУВ).

### **12.2.8.3 Размещение основных элементов оборудования**

Оборудование системы КВЕ располагается в герметичной части реакторного отделения (внутри защитной оболочки), относящейся к I категории сейсмостойкости, на отметке плюс 2,70 м. Обслуживание оборудования и доступ в помещения при работе блока запрещается.

Доступ к оборудованию и условия для проведения технического обслуживания и ремонта оборудования, трубопроводов и арматуры обеспечиваются в период ППР.

#### **12.2.8.4 Управление и контроль работы системы**

Управление арматурой, контроль за ее состоянием, 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.

#### **12.2.8.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.8.6 Выводы**

При проектировании системы КВЕ учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.9 Описание системы обработки теплоносителя первого контура (КВФ)**

#### **12.2.9.1 Функции системы**

Система обработки теплоносителя первого контура КВФ предназначена для переработки боросодержащих вод с целью повторного использования конденсата и борного концентрата для подпитки первого контура.

Функциями системы КВФ являются:

- переработка боросодержащих контурных вод, выводимых из первого контура в различных режимах эксплуатации АЭС;
- переработка организованных боросодержащих дренажей системы КТС;
- очистка борного концентрата до требуемых норм;
- подача борного концентрата в баки JNK10,40BB002;
- очистка растворов борной кислоты баков JNK10,40BB002 в случае отклонения от требуемых норм качества.

#### **12.2.9.2 Описание работы системы**

Система переработки теплоносителя первого контура является системой нормальной эксплуатации и должна быть подготовлена к работе к моменту пуска блока.

Пуск и останов выпарной установки осуществляется в автоматическом режиме с помощью шаговой программы пуска и останова выпарного аппарата.

После заполнения выпарной установки исходным раствором производится ее разогрев и вывод на стационарный режим. В этот период установка работает «на себя», когда конденсат вторичного пара возвращается в выпарной аппарат.

После разогрева установки и достижения заданной производительности и качества вторичного пара, установка переводится в режим «концентрирования» с отводом конденсата вторичного пара в баки системы КВС.

Промывка греющих поверхностей выпарного аппарата и конденсатора для удаления накипи и других отложений, образовавшихся на поверхности, производится 5 % раствором азотной кислоты с последующей отмывкой дистиллятом.

Предусмотрена регенерация катионитного фильтра КВФ 5 % азотной кислотой со сбросом регенерационного раствора в систему КРФ. При исчерпании обменной емкости фильтрующего материала анионитного фильтра КВФ проводится его замена на свежую

ионообменную смолу. Замена фильтрующего материала фильтров КВФ осуществляется раз в три года.

Гидровыгрузка отработавших ионитов проводится в баки системы хранения жидких отходов КРК.

Контроль эффективности работы фильтров системы КВФ осуществляется по соответствию показателей качества рабочих сред требованиям норм ВХР. Значения показателей качества очищаемой среды, при которых производится ввод в работу и вывод из работы фильтров системы КВФ, устанавливаются в эксплуатационной документации АЭС.

После загрузки фильтров свежей смолой, а также после включения фильтров в работу после простоя, производится отмывка ионообменной смолы.

### **12.2.9.3 Размещение основных элементов оборудования**

Оборудование системы обработки теплоносителя, включая трубопроводы и арматуру, размещено во вспомогательном корпусе, в отдельных помещениях. Часть трубопроводов и арматура расположены в здании безопасности и здании реактора.

### **12.2.9.4 Управление и контроль работы системы**

Управление арматурой, контроль за ее состоянием, контроль технологических параметров, а также предупредительная и аварийная сигнализация в полном объеме выполнены на дисплейных пультах управления и контроля АРМ СВО. Контроль за состоянием арматуры и контроль технологических параметров может осуществляться с дисплейных пультов управления, расположенных на БПУ и РПУ.

### **12.2.9.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

### **12.2.9.6 Выводы**

При проектировании системы КВФ учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

## **12.2.10 Описание системы дренажей оборудования здания реактора (КТА)**

### **12.2.10.11 Функции системы**

Система КТА выполняет следующие функции:

- сбор протечек и дренажей теплоносителя первого контура, в баке КТА, поступающих:

1) от системы ЖЕТ:

- при неплотности фланцевых уплотнений основного оборудования РУ и уплотнений штоков и затворов арматуры САОЗ;

- при неплотности затворов арматуры систем: JNG1, JNA, JND, JDH;

- при «прогреве» (дренировании) трубопроводов систем JNG-1, JNA, с «холодной» средой, в режиме расхолаживания РУ;

2) от системы КТВ:

- при периодической сдувке паровоздушной смеси из расширительной ёмкости автономного контура ГЦНА (совместно с системой КТВ);

- при дренировании разделительной ёмкости системы КТВ, в режиме заполнения РУ.

3) от барботера при периодическом дренировании его до номинального уровня;

4) от систем: KUB (KUA), при «проливе» пробы;

- 5) от системы: КУС, при «проливе» пробы;
- 6) от систем: JNG-1, JNA, при «прогреве» (дренировании) трубопроводов с «холодной» средой, в режиме расхолаживания РУ;
- 7) от системы КВЕ, при дренировании фильтров системы очистки теплоносителя и сброса давления после режима «взрыхления»;
- 8) от системы КТР, при дренировании трубопроводов системы, заполняющихся в следствии неплотности (или аварийного сброса) соответствующей арматуры на линиях газоудаления от основного оборудования РУ.
- 9) от системы КВА:
  - при аварийном выводе теплоносителя (при неработоспособности теплообменника КВА);
  - при переливе деаэратора КВА в бак системы КВВ.
- сбор борсодержащих протечек и дренажей, в баке КТА, поступающих:
  - 1) от системы ЖЕВ, при свободном сливе уплотняющей воды и воды отмывки бора с концевых уплотнений ГЦНА;
  - 2) от системы JNK, при дренировании водозаборов из баков-приямков запаса борированной воды низкой концентрации;
  - 3) от системы FAV, при протечках облицовки топливного бассейна;
  - 4) от системы FAK, при протечках между арматурами, на границе высокого и низкого давления;
  - 5) от системы JMM, при протечках облицовки баков-приямков запаса борированной воды низкой концентрации.
- сбор протечек, от системы ЖЕВ, при свободном сливе химобесоленной воды из радиально-опорного подшипника ГЦНА в коллекторе КТА30 и направление в бак системы КТН (с последующей отправкой на переработку);
- прием теплоносителя первого контура, от системы ЖЕС, при дренировании РУ (среда направляется в бак КВВ);
- сбор дренажей в трапах системы КТФ, поступающих:
- от системы JNG-2, при дренировании трубок ИПУ гидроёмкостей САОЗ, соединяющих ёмкость с импульсным и главным клапаном;
- от системы ЖЕА, при дренировании импульсных трубок контроля плотности фланцевых уплотнений люков ПГ по II контуру (4 шт. на каждом ПГ).

### **12.2.10.2 Описание работы системы**

При нормальной эксплуатации система КТА осуществляет сбор дренажей и протечек Дренажи и протечки собираемые в здании UJA (кроме дренажа РУ), в коллекторе КТА10, охлаждаются в теплообменнике КТА и далее направляются в бак КТА.

При достижении максимального уровня среды в баке КТА, по сигналу от датчика уровня - включается насос КТА.

В зависимости от величины протечек поступающих в бак ( $\leq 0,3$  м<sup>3</sup>/ч или  $> 0,3$  м<sup>3</sup>/ч) - насос находится либо в режиме периодической работы (включается по максимальному уровню в баке, отключается по минимальному), либо в режиме поддержания номинального уровня. Для увеличения надежности и равномерного расходования ресурса насоса КТА: рабочий и резервный насос включаются поочередно.

Среда из бака КТА насосами системы подается либо в деаэратор КВА и далее в систему ЖЕС, либо в бак КВВ (в случае если уровень в деаэраторе КВА выше номинального или по

При расхолаживании энергоблока осуществляется прием теплоносителя первого контура от системы ЖЕС (среда направляется в бак КВВ).

### **12.2.10.3 Размещение основных элементов оборудования**

Оборудование, арматура и трубопроводы системы расположены в здании реактора (UJA), здании безопасности (UKD) и во вспомогательном корпусе (UKA). Информация о размещении оборудования по помещениям представлена в таблице.

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

#### **12.2.10.4 Управление и контроль работы системы**

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

#### **12.2.10.5 Анализ проекта**

Система КТА является системой нормальной эксплуатации. Проект системы КТА и конструкция отдельных ее элементов отвечает требованиям нормативной документации по безопасности АЭС.

Проектом обеспечивается сбор организованных протечек, в режимах нормальной эксплуатации и нарушений нормальных условий эксплуатации и возврат в первый контур. Показателем надежности системы является вероятность невыполнения системой заданных функций. Для выполнения функций, в системе КТА предусмотрено резервирование активного оборудования (кроме погружного насоса КТА20АР001 – используемого, в основном, во время ППР). Таким образом, отказ активных элементов системы не приводит к отказу выполнения функций.

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

#### **12.2.10.6 Выводы**

При проектировании системы КТА учитывались требования нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.2.11 Описание системы сдувок оборудования здания реактора (КТВ)**

#### **12.2.11.1 Функции системы**

Система сдувок оборудования здания реактора (КТВ) (в режимах нормальной эксплуатации и нарушений нормальных условий эксплуатации) предназначена для выполнения следующих функций:

- обеспечение воздухоудаления в пространство ГО из основного оборудования РУ, при его заполнении (реактор, КД, барботер КД, ГЦНА, ПГ, ёмкости САОЗ, фильтры системы КВЕ);
- обеспечение равномерного дренирования основного оборудования РУ (реактор, барботер КД, КД, ГЦНА, ПГ, ёмкости САОЗ, фильтры системы КВЕ);
- подача азота низкого давления, через коллектор КТВ, для «сдувки» водорода из под крышки реактора и коллекторов ПГ в режиме расхолаживания энергоблока;
- «сдувка» азота из гидроемкостей САОЗ в пространство ГО;
- периодическая «сдувка» паровоздушной смеси из расширительной ёмкости автономного контура ГЦНА (совместно с системой КТА).

#### **12.2.11.2 Описание работы системы**

Во время работы блока на мощности запорная арматура на линиях воздухоудаления от оборудования первого контура надежно закрыта и действует запрет на ее открытие при давлении в первом контуре выше 0,5 МПа.

В соответствии с требованиями к эксплуатации ГЦНА из АК периодически осуществляется газоудаление. С этой целью с периодичностью раз в сутки на 3-5 минут открывается запорная арматура КТВ и осуществляется «сброс» газо-водяной смеси в систему КТА.

Система КТВ участвует в процессе заполнения РУ. Воздушно-водяная смесь поступающая в разделительную ёмкость – разделяется на две составляющие: воздушную (сдуваемую в ГО) и водяную – направляемую в бак КТА.

После полного заполнения РУ автоматически осуществляется дренирование промежуточных ёмкостей.

Во время заполнения гидроемкостей САОЗ для гидроиспытаний воздухоудаление из них осуществляется в ГО.

Во время заполнения ПГ (по второму контуру) и ИПУ КД (через барботер КД) для ГИ, воздухоудаление осуществляется под оболочку.

Ручная арматура на линиях воздухоудаления из коллектора ПГ (по второму контуру) и ИПУ КД (через барботер КД) при ГИ открывается и закрывается персоналом вручную при визуальном контроле заполнения оборудования. Сброс дренажа осуществляется в трапы системы КТФ.

Система КТВ участвует в процессе дренирования РУ. На I этапе, дренирование осуществляется с помощью «азотной подушки» КД, при этом открывается вся запорная арматура на линиях воздухоудаления из оборудования РУ (кроме ёмкостей САОЗ), запорная арматура на линии сдувки в ГО при этом остается закрыта. В конце I этапа автоматически (или оператором) осуществляется запуск программы КТВ, которая открывает соответствующую арматуру для осуществления продувки оборудования РУ азотом (для исключения скопления взрывоопасной концентрации водорода в верхних точках оборудования РУ). «Сдувка» газовой смеси осуществляется в систему сжигания водорода KPL-1.

- на II этапе дренирования, дренирование РУ продолжается с помощью насосов КВВ (запорная арматура на линии сдувки в ГО при этом открыта). После достижения необходимого уровня в РУ, повторно запускается программа КТВ, после её останова, процесс дренирования РУ прекращается - вся арматура на линиях воздухоудаления от оборудования РУ переводится в закрытое положение.

Перед выводом в ремонт гидроемкостей САОЗ азот из них сбрасывается в ГО.

### **12.2.11.3 Размещение основных элементов оборудования**

Все элементы системы расположены внутри защитной оболочки и относятся к первой категории сейсмостойкости.

Для оборудования обеспечен доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов при работе реактора на мощности.

### **12.2.11.4 Управление и контроль работы системы**

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

### **12.2.11.5 Анализ проекта**

Надежность оборудования 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 подтверждаются прочностными расчетами.

### **12.2.11.6 Выводы**

При проектировании системы КТВ учитывались требования нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной



энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

## **12.3 СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ**

### **12.3.1 Проектные основы**

Проектирование противопожарной защиты АЭС выполняется в соответствии с требованиями:

Федерального закона от 22.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

Нормативных документов по пожарной безопасности (национальных стандартов, Сводов правил);

Специальных норм и правил, действующих в области атомной энергетики;

Технические решения по организации противопожарной защиты в целом также отвечают требованиям № NS-G-1.7, NS-G-2.1 МАГАТЭ и EUR.

Проектные решения по пожарной безопасности обеспечивают требуемую степень безопасности Белорусской АЭС, исходя из концепции обеспечения общей безопасности АЭС. Весь комплекс мероприятий разработан на основе анализа пожарной опасности основных производств АЭС, учета всего предшествующего опыта проектирования, а также комплекса НИР и ОКР, выполненного в рамках обеспечения пожарной защиты для АЭС нового поколения.

### **12.3.2 Назначение и функции систем пожаротушения**

На АЭС, в соответствии с требованиями СП13.13130.2009, одновременно рассматривается возникновение только одного пожара.

Уровень пожарной безопасности должен обеспечивать выполнение общих критериев безопасности во всех режимах эксплуатации энергоблока (строительство, работа, консервация), а также при проектных авариях, а именно:

- обеспечение безопасного останова реактора и поддержание его безопасности в состоянии останова вовремя и после соответствующих эксплуатационных и аварийных состояний;

- сведение к минимуму радиоактивных выбросов в окружающую среду в случае пожара и обеспечение не превышения выбросов против установленных пределов;

- обеспечение безопасности персонала в случае пожара на АС.

Для борьбы с пожарами на промплощадке предусмотрен общестанционный противопожарный водопровод система SGA, также практически все здания промплощадки оборудованы внутренними сетями противопожарного водопровода с установкой на них пожарных кранов, снабженных пожарными рукавами длиной 20 м и стволами для подачи на очаг пожара компактной струи или распыленной воды.

В проекте предусматриваются автоматические системы пожаротушения распыленной водой, тонкораспыленной водой и газовыми составами.

### **12.3.3 Система противопожарного водоснабжения (SGA)**

#### **12.3.3.1 Назначение и функции системы**

Система противопожарного водоснабжения SGA предназначена:

- для подачи воды на наружное пожаротушение всех зданий промплощадки;
- для пожаротушения из внутренних пожарных кранов всех зданий промплощадки;
- для подачи воды в систему автоматических установок водяного пожаротушения для вспомогательных зданий и сооружений (система SGC);

- для поддержания давления в системе автоматических установок водяного пожаротушения основных зданий и сооружений энергоблока (система SGD) в режиме нормальной эксплуатации. Функциями системы SGA являются:

- обеспечение наружного пожаротушения всех зданий и сооружений из пожарных гидрантов;
- обеспечение внутреннего пожаротушения всех зданий и сооружений из пожарных кранов;
- обеспечение подачи воды в систему автоматических установок водяного пожаротушения для вспомогательных зданий и сооружений SGC;
- поддержание давления в системе автоматических установок водяного пожаротушения SGD для основных зданий и сооружений в режиме нормальной эксплуатации;
- восстановление противопожарного запаса воды в резервуарах запаса воды системы автоматического пожаротушения;
- заправка водой передвижной пожарной техники при прохождении землетрясения интенсивностью до МРЗ включительно.

Система противопожарного водоснабжения SGA является системой нормальной эксплуатации, не влияющей на безопасность.

При нормальных условиях эксплуатации БелАЭС, в условиях отсутствия пожара, система SGA находится в режиме ожидания.

Во время пожара система SGA обеспечивает расчетные расходы и напоры, необходимые для наружного пожаротушения зданий и сооружений промплощадки с одновременной работой пожарных кранов от внутреннего противопожарного водопровода. В случае пожара в кабельных помещениях общестанционных зданий и сооружений осуществляет подачу воды в систему SGC, которая обеспечивает расчетные расходы и напоры, необходимые для пожаротушения этих помещений и сооружений.

Расчетное время тушения пожара из пожарных гидрантов, пожарных кранов три часа.

### **12.3.3.2 Принципы проектирования**

Естественные водоемы, которые можно было бы использовать в качестве источника противопожарного водоснабжения в районе БелАЭС, отсутствуют. Система SGA01 противопожарного водоснабжения на территории АЭС состоит из:

- пожарной насосной станции 00USG «Объединенная насосная станция противопожарного, хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения»;
- двух резервуаров запаса воды противопожарного и производственного водоснабжения 01UGF, 02UGF;
- наружных сетей системы противопожарного водоснабжения;
- внутренних сетей противопожарного водоснабжения.

В каждом резервуаре предполагается хранение 100 % запаса воды, необходимого для тушения максимального пожара.

Заполнение и подпитка резервуаров запаса воды предусматривается водой из реки Вилия от трубопроводов подпитки системы техводоснабжения АЭС.

Восстановление противопожарного запаса воды после пожара производится в течение не более 24 часов.

### **12.3.3.3 Описание элементов и используемых материалов**

Резервуары 01UGF, 02UGF представляют собой железобетонные емкости объемом 1200 м<sup>3</sup> каждый.

В системе SGA используются центробежные насосы, расположенные в насосной станции 00USG и предназначены для подачи воды из резервуаров 01UGF, 02UGF в сеть SGA.

Гидранты системы SGA выполнены из чугуна с фланцевым присоединением предназначены для подключения к передвижной пожарной технике и обеспечения наружного пожаротушения всех зданий промплощадки БелАЭС.

Пожарные краны выполнены из ковкого чугуна в комплекте с пожарными рукавами используются для тушения пожара внутри помещений всех зданий.

Трубопроводы выполнены из углеродистой стали.

Арматура - общепромышленная фланцевая выполненная из углеродистой стали.

#### **12.3.3.4 Размещение основных элементов оборудования**

Насосы системы SGA01 установлены в «Объединенной насосной станции противопожарного, хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения» 00USG, на отм. 0,000.

Арматура и гидранты системы наружного пожаротушения устанавливаются в колодцах из сборных железобетонных элементов.

Арматура и пожарные краны системы внутреннего пожаротушения устанавливаются в пожарных шкафчиках, в местах, доступных для обслуживания.

#### **12.3.3.5 Управление и контроль работы системы**

Дистанционное управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль состояния этих элементов, контроль технологических параметров в полном объеме выполняется на БПУ, РПУ, ЦПУ. Также предусматривается управление этими элементами по месту их установки.

Для автоматического управления оборудованием и арматурой системы предусматривается комплекс технологических защит и блокировок.

Отказы и нарушения в работе системы не приводят к превышению пределов и условий безопасной эксплуатации блока.

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

#### **12.3.3.6 Нормальная эксплуатация, нарушение НЭ, ПА и ЗПА**

При нормальной эксплуатации, в условиях отсутствия пожара система заполнена водой и находится в режиме ожидания под давлением, создаваемым насосами производственного водоснабжения.

При возникновении пожара дистанционно с БПУ, РПУ, ЦПУ и по месту включается пожарный насос и открывается арматура на его напоре, вода на наружное пожаротушение подается из пожарных гидрантов, вода на внутреннее пожаротушение подается из пожарных кранов.

При срабатывании пожарной сигнализации в помещениях, защищаемых АУП системы SGC, автоматически включается рабочий насос системы SGA.

По окончании пожара отключается дистанционно оператором с ЦПУ. При выводе одного насоса на ремонт для другого насоса сохраняются все защиты и блокировки.

### **12.3.4 Система автоматических установок водяного пожаротушения для вспомогательных зданий и сооружений (SGC)**

#### **12.3.4.1 Назначение и функции системы**

Система автоматических установок водяного пожаротушения SGC обеспечивает пожаротушение:

- кабельных помещений в общестанционных зданиях (дренчерные установки);
- пожаротушение складских помещений здания 00UST (спринклерная установка).

Источником водоснабжения системы SGC является система противопожарного водоснабжения SGA.

Система SGC является системой нормальной эксплуатации, не влияющей на безопасность.

#### **12.3.4.2 Принципы проектирования**

При нормальных условиях эксплуатации БелАЭС, в условиях отсутствия пожара, система SGC находится в режиме ожидания. Подводящие трубопроводы системы заполнены водой до электрифицированной арматуры в узлах управления и находятся под давлением, создаваемым насосами системы GHD.

Во время пожара система SGC обеспечивает расчетные расходы и напоры, необходимые для пожаротушения в кабельных помещениях общестанционных зданий и тоннелей, а так же складских помещениях здания UST.

Для дренчерных установок расчетное время тушения пожара 10 минут, запас воды обеспечивает работу установки в течение 30 минут.

Для спринклерных установок расчетное время тушения пожара 60 минут.

Электроприводные компоненты системы SGC обеспечиваются электропитанием от системы электроснабжения нормальной эксплуатации.

Управление элементами системы осуществляться с ЦПУ и по месту. В системе контроля и управления пожарной защитой для обеспечения проектного функционирования системы SGC предусмотрены контрольно-измерительные приборы для управления и контроля системой в процессе работы.

#### **12.3.4.3 Описание элементов и используемых материалов**

Выбор материала трубопроводов и оборудования осуществляется с учетом функций системы.

Соединения сварные, фланцевые и резьбовые (присоединение оросителей).

Дренчерные оросители из бронзы и сборные.

Трубопроводы выполнены из углеродистой стали.

Арматура - общепромышленная фланцевая из углеродистой стали.

#### **12.3.4.4 Размещение оборудования**

Арматура и оросители системы устанавливаются в зданиях в защищаемых помещениях в местах, доступных для обслуживания.

#### **12.3.4.5 Управление и контроль работы системы**

Дистанционное управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль состояния этих элементов, контроль технологических параметров, в полном объеме предусматривается выполнять на ЦПУ.

Основной параметр технологического контроля в системе SGC - давление на трубопроводах, подающих воду в защищаемые помещения.

Для автоматического управления арматурой системы предусматривается комплекс технологических защит и блокировок.

Отказы и нарушения в работе системы не приводят к превышению пределов и условий безопасной эксплуатации блока.

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

#### **12.3.5 Нормальная эксплуатация**

Электрифицированная арматура на трубопроводах, подающих воду в защищаемые помещения, закрыта. Положение арматуры контролируется с ЦПУ.

При срабатывании пожарной сигнализации в защищаемом установками пожаротушения помещении автоматически открывается арматура на трубопроводе, подающем воду на пожаротушение. При автоматическом открытии арматуры с электроприводом на линии подачи воды на пожаротушение предусматривается блокировка на запрет одновременного автоматического открытия более одной арматуры. При этом сохраняется возможность дистанционного управления арматурой других направлений.

#### **12.3.6 Система автоматических установок водяного пожаротушения для основных зданий и сооружений энергоблока (SGD)**

##### **12.3.6.1 Назначение и функции системы**

Система автоматических установок водяного пожаротушения SGD предназначена для подачи воды на пожаротушение помещений и оборудования основных зданий и открытой установки трансформаторов, охлаждения при пожаре ферм покрытия в здании турбины.

Для каждого энергоблока предусматривается отдельная система автоматических установок водяного пожаротушения SGD.

Функциями системы SGD являются:

- обеспечение пожаротушения кабельных помещений основных зданий энергоблока;

- обеспечение пожаротушения блочных повышающих трансформаторов;
- обеспечение пожаротушения помещений с маслonaполненным оборудованием;
- обеспечение пожаротушения маслonaполненного оборудования и насосов ПЭН здания турбины;

- для охлаждения при пожаре металлических ферм покрытия здания турбины.

В помещениях, защищаемых системой SGD располагаются элементы только одного канала систем безопасности, в том числе в межоболочном пространстве;

Кабельные потоки разных каналов систем безопасности, проходящие в кабельных помещениях под БПУ, РПУ, физически разделены за счет применения конструктивной огнезащиты и безопасных расстояний.

Все элементы системы SGD запроектированы с соблюдением требований для районов сейсмичностью до ПЗ включительно. Участки трубопроводов системы SGD отнесенные к категории сейсмостойкости ниже чем основная система разделены электроприводной арматурой, которая, в соответствии с требованиями, относится к наивысшей категории сейсмостойкости соединяемых участков.

### **12.3.6.2 Принципы проектирования**

Насосы системы SGD располагаются в здании USG «Насосная станция автоматического водяного пожаротушения», с резервуарами запаса воды UGF 900 м<sup>3</sup> каждый, предназначенные для хранения противопожарного запаса воды системы SGD.

В каждом резервуаре предполагается хранение 100 % запаса воды, необходимого для тушения максимального пожара.

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

- насосы установлены под заливом;
- при размещении пожарных насосов предусмотрены мероприятия против одновременного выхода из строя рабочего и резервного насосов в результате аварии;
- в узлах управления используются задвижки с ручным и с электрическим приводом, установленные последовательно по ходу движения воды;
- инерционность установок пожаротушения не превышает 3х минут;
- трубопроводы системы SGD прокладываются в коммуникационных туннелях и по коридорам зданий таким образом, чтобы был обеспечен доступ и условия для проведения технического обслуживания и ремонтов;
- трубопроводы выполнены кольцевыми или тупиковыми таким образом, чтобы при выключении на ремонт отключалось не более трех направлений подающих воду в защищаемые помещения.

Восстановление противопожарного запаса воды после пожара производится в течение 24 часов из системы SGA.

При нарушениях условий нормальной эксплуатации, связанных с потерей электропитания, подача воды во время пожара осуществляется с помощью передвижной пожарной техники, перекачивающей воду из резервуаров противопожарного запаса воды для автоматического пожаротушения в сеть системы SGD.

Во время пожара при нормальных условиях эксплуатации БелАЭС и при прохождении землетрясения до ПЗ включительно система SGD обеспечивает расчетные расходы и напоры, необходимые для подачи воды на стационарные установки пожаротушения.

Расчетное время тушения пожара 10 минут, запас воды обеспечивает работу в течение 30 минут. Расчетное время охлаждения ферм покрытия здания турбины три часа.

Включение установки пожаротушения автоматическое.

Электроприводные компоненты системы SGD обеспечиваются электропитанием от системы надежного электроснабжения нормальной эксплуатации.

Управление элементами системы должно осуществляться с БПУ, РПУ и по месту.

### **12.3.6.3 Описание элементов и используемых материалов**

Выбор материала трубопроводов и оборудования осуществляется с учетом функций системы.

На первом и втором энергоблоках насосы SGD расположены в насосной станции USG и предназначены для подачи воды из резервуаров на пожаротушение.

В случае отказа насосов системы SGA в системе SGD, предусмотрены насосы для поддержания давления в системе SGD расположенные в насосных станции USG.

Дренчерные водяные оросители предназначены для распыления воды в защищаемых кабельных помещениях и тоннелях, помещениях с маслonaполненным оборудованием.

Эвольвентные оросители предназначены для распыления воды над поверхностью трансформаторов, включая высоковольтные вводы, маслоохладители и гравийную засыпку в пределах бортового ограждения, а так же для охлаждения водой площади боковых стенок и верха маслonaполненного оборудования в здании турбины.

Трубопроводы выполнены из углеродистой стали.

Все соединения сварные, фланцевые и резьбовые (присоединение оросителей).

Расчетное давление в трубопроводах – 1,0 МПа. Расчетная температура - до 20 оС.

Арматура выполнена в сейсмостойком исполнении из углеродистой стали.

### **12.3.6.4 Размещение оборудования**

Насосы системы SGD установлены в здании USG «Насосная станция автоматического водяного пожаротушения» на отм. 0,000.

Арматура, оборудование и дренчерные оросители системы устанавливаются в зданиях в защищаемых помещениях и над защищаемым оборудованием в местах, доступных для обслуживания.

### **12.3.6.5 Управление и контроль работы системы**

Дистанционное управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль состояния этих элементов, контроль технологических параметров в полном объеме предусматривается выполнять на БПУ, РПУ.

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

### **12.3.6.6 Нормальная эксплуатация**

При нормальной эксплуатации, в условиях отсутствия пожара, система находится под давлением от системы SGA.

Арматура на трубопроводах, подающих воду в защищаемые помещения, закрыта. Положение арматуры контролируется с БПУ.

При срабатывании пожарной сигнализации в защищаемом помещении и на трансформаторе автоматически включается пожарный насос и открывается арматура на его напоре.

Одновременно открывается арматура на трубопроводе, подающем воду в защищаемое помещение. При автоматическом открытии арматуры с электроприводом на линии подачи воды в любое из защищаемых помещений предусматривается блокировка на запрет одновременного автоматического открытия более одной арматуры. При этом сохраняется возможность дистанционного управления арматурой других направлений.

При пожаре в здании Турбины дистанционно с БПУ и по месту (в местах, безопасных при пожаре) открывается арматура на трубопроводах подачи воды на охлаждение ферм машзала. Общая продолжительность пожаротушения в машзале 3 часа.

При достижении уровня воды в резервуарах запаса воды ниже 5,2 м от дна прямков автоматически открывается арматура на пополнение, при достижении уровня выше 5,3 м – автоматически закрывается.

При превышении уровня выше 5,4 м от дна прямков подается аварийный сигнал оператору.

## **12.3.7 Система автоматических установок газового пожаротушения (SGE)**

### **12.3.7.1 Назначение и функции системы**

Система автоматических установок газового пожаротушения SGE предназначена для пожаротушения помещений, содержащих электронное оборудование и вычислительную технику.

Функцией системы SGE является – создание в защищаемом помещении во время пожара среды, не поддерживающей горение.

Система автоматических установок газового пожаротушения запроектирована в соответствии с НПБ 114-2002, СП 13.13130.2009 и СП 5.13130.2009.

Система автоматических установок газового пожаротушения SGE, защищающих помещения в здании UBS, относится к системам нормальной эксплуатации, важным для безопасности.

Система автоматических установок газового пожаротушения, защищающих помещения в остальных зданиях относится к системам нормальной эксплуатации, не влияющим на безопасность.

В помещениях, защищаемых АУГП, располагается оборудование одного канала систем безопасности (кроме БПУ, РПУ). АУГП для БПУ системы автоматического пожаротушения для помещений с постоянным пребыванием персонала не предусматриваются), пуск установок выполнен в ручном режиме.

Кабельные потоки, подходящие к оборудованию систем безопасности, выполнены в конструктивной огнезащите.

В соответствии с вышеизложенным система SGE не является системой, влияющей на безопасность АЭС.

При нормальных условиях эксплуатации БелАЭС, и отсутствии пожара система находится в режиме ожидания.

Во время пожара система автоматически обеспечивает подачу газового огнетушащего вещества в защищаемые помещения.

### **12.3.7.2 Принципы проектирования**

Пожаротушение системой SGE осуществляется объемным способом с подачей в горящее помещение газового огнетушащего вещества для снижения концентрации кислорода до предельных значений.

В качестве газового огнетушащего вещества используется хладон 125ХП.

Управление элементами системы осуществляется с БПУ, РПУ, ЦПУ и по месту.

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

- сокращения до минимума протяженности технологических коммуникаций;
- обеспечения безопасных условий эксплуатации для персонала;
- обеспечения концентрации газового огнетушащего вещества по всему объему помещения не ниже нормативной;
- применения в одном помещении насадок только одного типа и конструкции.

Системы автоматических установок газового пожаротушения SGE состоят из модульных установок.

Для пунктов управления с постоянным пребыванием персонала приняты модульные установки, работающие в режиме ручного пуска.

### **12.3.7.3 Описание элементов и используемых материалов**

Выбор материала трубопроводов и оборудования осуществляется с учетом функций системы, в соответствии с требованиями Технического задания.

В качестве газового огнетушащего вещества в автоматических установках газового пожаротушения используется хладон 125ХП (C2F5H) (сжиженный газ). Для вытеснения из модуля газового огнетушащего вещества используется азот.

Распределительные трубопроводы выполнены из углеродистой стали. Все соединения сварные.

Насадки-распылители, выполненные из латуни, имеют внутреннее резьбовое соединение с трубопроводом.

Расчет массы газового огнетушащего вещества выполняется в соответствии с НТД.

#### **12.3.7.4 Размещение оборудования**

Модули автоматических установок газового пожаротушения модульного типа размещаются в защищаемом помещении или рядом с ним.

Распределительные трубопроводы прокладываются в пределах защищаемого помещения, как правило, симметрично.

Насадки распылители располагаются на распределительных трубопроводах.

#### **12.3.7.5 Управление и контроль работы системы**

Дистанционное управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль состояния этих элементов, контроль технологических параметров, в полном объеме предусматривается выполнять на БПУ, РПУ, ЦПУ.

Основные параметры технологического контроля в системе SGE:

- непрерывный автоматический контроль давления газового огнетушащего вещества в модулях в режиме ожидания;
- контроль закрытого состояния дверей в защищаемом помещении;
- контроль поступления газового огнетушащего вещества в защищаемое помещение, при срабатывании установки пожаротушения, с выдачей светового сигнала «Газ не входи» у входа в защищаемое помещение.

Отказы и нарушения в работе системы не приводят к превышению пределов и условий безопасной эксплуатации блока.

В случае отказов защит и блокировок оператор имеет возможность, контролируя состояние элемента системы, по которому должна срабатывать отказавшая защита или блокировка, дистанционно воздействовать на требуемый исполнительный механизм.

#### **12.3.7.6 Нормальная эксплуатация**

При нормальной эксплуатации, в условиях отсутствия пожара, система находится в режиме ожидания, проводится контроль сохранности расчетного количества огнетушащего вещества. Устройства дистанционного пуска модульных установок защищены от случайного приведения в действие и опломбированы.

При возникновении загорания регистрируется срабатывание двух пожарных извещателей, в СКУ ПЗ вырабатываются сигналы на:

- включение оповещения о пожаре в защищаемом помещении для эвакуации персонала «Газ! Уходи!»;
- включение оповещения о пожаре перед входом в горящее помещение «Газ - не входи!»;
- отключение вентиляции в защищаемом помещении;
- представление информации о пожаре на БПУ и ЦПУ;
- открытие запорно-пускового устройства на подачу газа после временной задержки для эвакуации персонала (от 10 до 30 с).

Подача газа фиксируется электрическим датчиком давления, сигнал которого используется для включения оповещателя «Газ - не входи!» снаружи защищаемого помещения.

### **12.3.8 Система автоматических модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой (SGB)**

#### **12.3.8.1 Назначение и функции системы**

Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой МУПТВ (далее по тексту – модули) предназначены для хранения под давлением и выпуска в защищаемое помещение огнетушащего вещества в виде тонкораспыленной воды.



Модуль представляет собой баллон с запорно-пусковым устройством (ЗПУ), заправленный огнетушащим веществом (ОТВ) - водой, для вытеснения которой в баллон закачивается газ-вытеснитель – азот газообразный.

Функцией системы SGB является – подача тонкораспыленной воды в защищаемый объем во время пожара.

При нормальных условиях эксплуатации БелАЭС и отсутствии пожара система находится в режиме ожидания.

Во время пожара система автоматически обеспечивает заполнение защищаемого объема тонкораспыленной водой.

При нормальных условиях эксплуатации БелАЭС и отсутствии пожара система находится в режиме ожидания.

Во время пожара система автоматически обеспечивает подачу тонкораспыленной воды в защищаемый объем.

### **12.3.8.2 Принципы проектирования**

Система автоматических модульных установок пожаротушения SGB обеспечивает во время пожара заполнение тонкораспыленной водой защищаемого помещения при объемном пожаротушении или подачу тонкораспыленной воды к оборудованию при локальном пожаротушении по объему.

В качестве огнетушащего вещества используется вода с добавками многоцелевого назначения для:

- повышения огнетушащей эффективности;
- повышения дисперсного распыла;
- обеспечения сохранности ОТВ;
- обеспечения антикоррозийной защиты корпуса.

Управление элементами системы осуществляется с БПУ, РПУ и по месту перед входом в защищаемое помещение. Система контроля и управления пожарной защитой обеспечивает проектное функционирование системы SGB с учетом следующего:

- предусмотрены контрольно-измерительные приборы для управления и контроля системой в процессе работы;

- отклонение параметров в эксплуатационных пределах фиксируется посредством предупредительной информации, на основании которой оперативный персонал может проводить корректирующие мероприятия. Отклонение наиболее важных параметров в проектных пределах фиксируется аварийными средствами информации.

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

- обеспечения безопасных условий эксплуатации для персонала;
- обеспечения подачи газожидкостной смеси оптимальной концентрации ко всем оросителям.

### **12.3.8.3 Описание элементов и используемых материалов**

Выбор материала трубопроводов и оборудования осуществляется с учетом функций системы.

В качестве огнетушащего вещества в установках модулей пожаротушения тонкораспыленной водой используется вода с добавками многоцелевого назначения. Трубопроводы выполнены из оцинкованной или нержавеющей стали.

### **12.3.8.4 Размещение основных элементов оборудования**

Модули пожаротушения тонкораспыленной водой расположены равномерно в защищаемом помещении (при объемном пожаротушении) или рядом с защищаемым оборудованием в помещении (при локальном пожаротушении по объему).

Распределительные трубопроводы прокладываются в пределах защищаемого помещения.

### **12.3.8.5 Управление и контроль работы системы**

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

- обеспечение выполнения системой SGB заданных функций;
- обеспечение сохранности защищаемого оборудования;
- выдача оператору информации по технологическим параметрам системы SGB.

Дистанционное управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль состояния этих элементов, контроль технологических параметров в полном объеме предусматривается выполнять на БПУ, РПУ.

Основные параметры технологического контроля в системе SGB:

- контроль давления огнетушащего вещества в модулях, в режиме ожидания;
- контроль поступления огнетушащего вещества в защищаемое помещение, при срабатывании установки пожаротушения.

Отказы и нарушения в работе системы не приводят к превышению пределов и условий безопасной эксплуатации блока.

В случае отказов защит и блокировок оператор имеет возможность, контролируя состояние элемента системы, по которому должна срабатывать отказавшая защита или блокировка, дистанционно воздействовать на требуемый исполнительный механизм.

Аварийная сигнализация при отказах элементов системы предусматривается на БПУ, РПУ.

### **12.3.8.6 Нормальная эксплуатация**

При нормальной эксплуатации, в условиях отсутствия пожара, система находится в режиме ожидания, проводится контроль сохранности расчетного количества огнетушащего вещества. Устройства дистанционного и местного пуска модульных установок защищены от случайного приведения в действие и опломбированы.

При возникновении пожара срабатывает запорно-пусковое устройство, газ поступает в устройство формирования газожидкостной смеси. Сформированная смесь оптимальной концентрации подается к оросителям.

Дистанционный пуск модульной автоматической установки осуществляется с БПУ, РПУ или по месту с соответствующего контроллера, установленного у входа в защищаемое помещение.

### **12.3.9 Система автоматических установок порошкового пожаротушения (SGF)**

#### **12.3.9.1 Назначение и функции системы**

Система автоматических установок порошкового пожаротушения предназначена для защиты помещений и оборудования лакокрасочного отделения здания мастерских зоны свободного доступа 00UST, помещений машинных залов ДЭС в зданиях 01,02UZM,

В защищаемых помещениях зданий UST, UZM отсутствуют системы (элементы) важные для безопасности.

#### **12.3.9.2 Принципы проектирования**

Система автоматических установок порошкового пожаротушения SGF является системой нормальной эксплуатации.

Система SGF обеспечивает пожаротушение по площади, а так же локальное пожаротушение по площади и объему защищаемых помещений и оборудования.

Расчет количества модулей, необходимого для пожаротушения, осуществляется из условия обеспечения равномерного заполнения огнетушащим порошком защищаемого объема или равномерного орошения площади. При этом учитываются приведенные в ТД на модуль диаграммы распыла для защищаемой площади (объема) и ранг модельного очага пожара, соответствующий этой площади (объему)

### **12.3.9.3 Описание элементов и используемых материалов**

Выбор материала трубопроводов и оборудования осуществляется с учетом функций системы.

На АЭС предусмотрен 100%-ный запас комплектующих, модулей (неперезаряжаемых) и порошка для замены в установке, защищающей наибольшее помещение или зону. Запас должен обеспечивать восстановление работоспособности установок каждым типоразмером модулей. Запас должен храниться на складе объекта или сервисной организации. Допускается отсутствие запаса на предприятии, если заключен договор о сервисном обслуживании установки

### **12.3.9.4 Размещение основных элементов оборудования**

Модули и насадки должны размещаться в защищаемой зоне в соответствии с ТД на модули

Максимальная длина распределительных трубопроводов и требования к ним регламентируются ТД на модули порошкового тушения, трубопроводы следует выполнять из стальных труб

Элементы системы требуют периодических осмотров и функциональных испытаний с целью обеспечения целостности компонентов и контроля работоспособности.

Техническое обслуживание системы автоматического порошкового пожаротушения SGF осуществляется в соответствии с инструкцией по эксплуатации модулей.

### **12.3.9.5 Управление и контроль работы системы**

Управление элементами системы должно осуществляться автоматически и дистанционно оператором с ЦПУ/БПУ и по месту у входа в защищаемое помещение. Система контроля и управления противопожарной защитой должна обеспечивать проектное функционирование системы SGF. Должны быть предусмотрены контрольно-измерительные приборы для управления и контроля системой в процессе выполнения заданных функций.

Управление всеми элементами, имеющими электропривод, контроль состояния элементов, контроль технологических параметров, а также аварийная сигнализация предусматривается на ЦПУ/БПУ.

При отказе автоматики система управляется дистанционно и по месту.

### **12.3.9.6 Размещение основных элементов оборудования**

Модули порошкового пожаротушения расположены в защищаемых помещениях и у защищаемого оборудования

### **12.3.9.7 Нормальная эксплуатация**

При нормальной эксплуатации, в условиях отсутствия пожара, система находится в режиме ожидания, проводится техническое обслуживание модулей в соответствии с регламентами, в том числе контроль сохранности расчетного количества огнетушащего вещества. Устройства местного пуска установок защищены от случайного приведения в действие и опломбированы.

При возникновении пожара срабатывание запорно-пускового устройства в автоматическом режиме выполняется от пускового сигнала системы контроля и управления противопожарной защиты (СКУ ПЗ), охлажденный аэрозоль поступает в придонную полость корпуса, порошок переходит в псевдоожигенное состояние, благодаря чему становится текучим, и через систему подачи поступает на защищаемую площадь или в защищаемый объем.

Дистанционный пуск установки осуществляется с ЦПУ/БПУ и от ручных пусковых устройств, установленных у входа в защищаемое помещение и по месту размещения защищаемого оборудования.

Система SGF является системой нормальной эксплуатации. Проект системы и конструкция отдельных ее элементов отвечает требованиям нормативной документации по безопасности АЭС.

## 12.4 СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

### 12.4.1 Проектные основы систем вентиляции

Системы вентиляции предназначены для выполнения следующих функций:

- поддерживать в помещениях оптимальные условия для работы технологического, электротехнического оборудования и систем контроля и управления;
- обеспечивать для обслуживающего персонала допустимые метеорологические условия воздушной среды помещений во время проведения основных и ремонтно-вспомогательных работ в нормальных и послеаварийных режимах работы АЭС.

Для выполнения этих функций предусматривается общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, кондиционирование воздуха, рециркуляционные системы охлаждения и очистки воздуха, системы холодоснабжения и теплоснабжения.

В основу проектирования вентиляции заложен принцип отдельной вентиляции помещений зон контролируемого и свободного доступа, для которых предусматриваются обособленные вентиляционные системы.

Помещения комплекса основных и общестанционных зданий и сооружений АЭС делятся на две группы:

- помещения зоны контролируемого доступа (ЗКД), в которых не исключена возможность воздействия на обслуживающий персонал радиационных факторов;
- помещения зоны свободного доступа (ЗСД), в которых практически исключается воздействие на персонал радиационных факторов.

Возможность возникновения аварийных ситуаций подразделяет помещения зоны контролируемого доступа на две группы:

- герметичные помещения, рассчитанные на избыточное давление;
- герметичные помещения, не рассчитанные на избыточное давление.

В зависимости от степени возможного радиационного воздействия на персонал все помещения ЗКД делятся на три категории:

- I категория - необслуживаемые помещения;
- II категория - периодически обслуживаемые помещения;
- III категория - помещения постоянного пребывания персонала.

В зоне контролируемого доступа за счет работы вентиляционных систем обеспечивается направленность движения воздуха только в сторону более «грязных» помещений. Для предотвращения обратных токов воздуха устанавливаются клапаны избыточного давления.

Для помещений постоянного пребывания персонала (щиты управления), помещения с электронным оборудованием предусматриваются системы кондиционирования, обеспечивающие подпор воздуха в этих помещениях.

Для выброса вытяжного воздуха из зоны контролируемого доступа предусматривается вентиляционная труба высотой 100 метров от уровня планировки.

На воздухозаборах и воздуховодах систем вентиляции, пересекающих наружные стены зданий, рассчитанных на воздействие воздушной ударной волны, устанавливаются противоударные защитные устройства.

Приточно-вытяжные системы вентиляции и системы кондиционирования воздуха работают постоянно, рециркуляционные системы охлаждения работают постоянно или включаются в работу по датчикам температуры воздуха в обслуживаемом помещении. Системы холодоснабжения работают в теплый период года, обеспечивая охлаждение наружного воздуха. Системы теплоснабжения работают в холодный период года обеспечивая нагрев наружного воздуха.

Из внешних воздействий учитываются:

- внешняя ударная волна;
- падение самолета;
- землетрясение (ПЗ, МРЗ).

Параметры внутреннего воздуха в помещениях в режиме нормальной эксплуатации АС:

- температура воздуха в помещениях зоны контролируемого доступа поддерживается от плюс 5 до плюс 45 оС;
- температура воздуха в помещениях защитной оболочки здания реактора:
  - в необслуживаемых помещениях: до плюс 60 оС;
  - в помещениях, в которых возможно кратковременное пребывание персонала: до плюс 40 оС;
  - температура воздуха в помещениях зоны свободного доступа:
    - для помещений электроустройств: от плюс 10 до плюс 35 оС;
    - для кабельных помещений: от плюс 5 до плюс 40 оС;
    - для машинного зала: от плюс 10 до плюс 40 оС.

## **12.4.2 Рециркуляционные системы охлаждения, расположенные в защитной оболочке (ЗО) здания реактора**

### **12.4.2.1 Принципы проектирования**

Проектом предусмотрены следующие системы:

- рециркуляционные системы охлаждения, KLA20, KLA50, KLA60, KLA80, расположенные в ЗО здания реактора, обеспечивают температурный режим в помещениях ЗО для создания нормальных условий работы оборудования;
- система KLA10 - рециркуляционная система охлаждения шахты реактора, предназначена для охлаждения шахты реактора, биологической защиты, тепловой изоляции реактора, сухой защиты и плиты нижней отвод тепла от шахты реактора;
- система KLA30 - рециркуляционная система охлаждения приводов СУЗ, предназначена для охлаждения приводов СУЗ.

Системы вентиляции KLA10, KLA20, KLA30 выполняют заданные функции в нормальных условиях эксплуатации и при нарушениях нормальной эксплуатации, обеспечивают температуру уходящего воздуха при НЭ из шахты реактора не выше плюс 60 \*С, из бокса парогенераторов не выше плюс 60 \*С, из коллектора охлаждения приводов СУЗ не выше плюс 100 \*С.

Система вентиляции KLA50 выполняет заданные функции в нормальных условиях эксплуатации и при нарушении нормальной эксплуатации, обеспечивает температуру внутреннего воздуха при НЭ в помещениях ГЦН не выше плюс 40 \*С.

Система вентиляции KLA60 выполняет свои функции в нормальных условиях эксплуатации и при нарушении нормальной эксплуатации, обеспечивает в центральном зале температуру внутреннего воздуха в рабочей зоне при НЭ не выше плюс 33 \*С.

### **12.4.2.2 Проект системы**

В состав систем входят рециркуляционные охлаждающие установки, герметические запорные клапаны, воздухопроводы.

При потере электроснабжения нормальной эксплуатации обеспечивается автоматическое включение установок по программе автоматического ступенчатого пуска соответствующего дизельгенератора.

Землетрясения до МРЗ включительно не приводят к разрушению системы, т.к. все элементы систем и крепление к строительным конструкциям предусматриваются первой категории сейсмостойкости.

#### **12.4.2.31.2.1.3 Описание используемых материалов**

Для изготовления установок систем использована нержавеющая сталь, для изготовления воздухопроводов использована углеродистая сталь толщиной 2 мм с антикоррозионным покрытием.

#### **12.4.2.41.2.1.4 Размещение элементов системы**

Все элементы системы расположены в ЗО здания реактора.

#### **12.4.2.51.2.1.5 Управление и контроль работы системы**

Управление системой осуществляется с БПУ, РПУ. Предусматривается постоянный контроль за состоянием элементов рабочего канала системы.

Контролируются перепады давления на вентиляторах, температура воздуха в помещениях, температура после вентиляторов. При давлении ниже 200 Па на напоре вентилятора систем KLA10, KLA20, KLA30, KLA80 предусматривается отключение работающей установки и предупредительная сигнализация.

При выходе из строя работающей установки автоматически включается резервная установка.

#### **12.4.2.6 Анализ проекта**

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

#### **12.4.2.7 Выводы**

При проектировании рециркуляционных систем охлаждения, расположенных в защитной оболочке (ЗО) здания реактора учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.4.3 Рециркуляционная система очистки воздуха помещений защитной оболочки KLA13**

#### **12.4.3.1 Принципы проектирования**

Рециркуляционная система KLA13 предназначена для очистки воздуха от радиоактивных загрязнений и поддержания радиационной обстановки в помещениях защитной оболочки на заданном уровне в режиме нормальной эксплуатации и при проведении послеаварийных работ.

При разработке рециркуляционной системы очистки были учтены следующие требования, предъявляемые к системе:

- очистка воздуха помещений гермообъема от радиоактивных аэрозолей и йодов 0,3 мкм
- по молекулярному йоду – не менее 99,9 %, по органическим соединениям йода (по метилйодиду) – не менее 99 %;
- обеспечение работоспособности при сейсмических воздействиях до ПЗ включительно;
- 100 % резервирование установок.

#### **12.4.3.2 Проект системы**

В состав системы KLA13 входят вентиляторы, установки фильтровальные комбинированные, клапаны герметические запорные, воздуховоды.

При потере электроснабжения нормальной эксплуатации система не работает.

Землетрясения до МРЗ включительно не приводят к разрушению системы, т.к. все элементы системы и крепление к строительным конструкциям предусматриваются первой категории сейсмостойкости.

#### **12.4.3.3 Описание используемых материалов**

Для изготовления установок систем использована нержавеющая сталь, для изготовления воздуховодов использована углеродистая сталь толщиной 2 мм с антикоррозионным покрытием.

#### **12.4.3.4 Размещение элементов системы**

Все элементы системы расположены в ЗО здания реактора.

#### **12.4.3.5 Управление и контроль работы системы**

Для обеспечения надежности системы предусматривается постоянный контроль за состоянием элементов рабочего канала по информации, поступающей на БПУ, РПУ (параметры

технологического контроля, состояние элементов и т.д.). Управление системой осуществляется с БПУ, РПУ.

Предусматривается контроль температуры и давления с предупредительной сигнализацией при понижении давления на напоре вентиляторов до 200 Па. В системе контролируются перепады давления на фильтрах работающей установки и расход воздуха. При достижении максимального перепада давления на аэрозольном фильтре более 1500 Па или на одном из угольных (йодных) фильтров более 1200 Па, или на фильтре тонкой очистки более 900 Па, или на всей фильтровальной установке более 3500 Па оператор отключает работающую установку и включает резервную.

При выходе из строя работающей установки автоматически включается резервная установка.

#### **12.4.3.6 Анализ проекта**

Система имеет достаточную производительность, полное резервирование оборудования и высокую эффективность очистки.

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

#### **12.4.3.7 Выводы**

При проектировании KLA13 учитывались требования нормативно-технической документации Российской Федерации и Республики Беларусь в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.4.4 Приточная и вытяжная системы создания разрежения в защитной оболочке KLD10**

#### **12.4.4.1 Принципы проектирования**

Вытяжная система KLD10 – система создания разрежения в защитной оболочке здания реактора, предназначена для выполнения следующих функций:

- поддержание разрежения в помещениях защитной оболочки;
- создание направленности движения потоков воздуха;
- очистка вытяжного воздуха перед выбросом в высотную вентиляционную трубу;
- создание воздухообмена в режиме работы АЭС на мощности.

Отсечные клапаны KLD10AA801, KLD10AA802, KLD10AA803, KLD10AA804 предназначены для герметизации защитной оболочки от окружающей среды при повышении давления в защитной оболочке.

При разработке системы были учтены следующие требования, предъявляемые к системе:

- очистка воздуха перед выбросом в венттрубу от радиоактивных аэрозолей и йодов 0,3 мкм - по молекулярному йоду – не менее 99,9 %, по органическим соединениям йода (по метилйодиду) – не менее 99 %;
- обеспечение по сохранению прочности, устойчивости и герметичности при сейсмических воздействиях до МРЗ включительно;
- 100 % резервирование установок.

Приточная система KLD10 – система защитной оболочки, предназначена для выполнения следующих функций:

- раздача приточного воздуха, поступающего от системы KLE10, по помещениям защитной оболочки;
- создание воздухообмена в режиме работы АЭС на мощности.

#### **12.4.4.2 Проект системы**

В состав вытяжной системы KLD10 входят две вытяжные вентиляционные установки со 100 % производительностью каждой (одна установка рабочая, одна резервная), арматура, воздухопроводы. В составе каждой вытяжной установки вентилятор с регулятором частоты вращения двигателя, установка фильтровальная комбинированная, клапаны герметические запорные. В состав приточной системы KLD10 входят клапаны герметические запорные, регулирующий клапан, воздухопроводы. Отсечные клапаны KLD10AA801, KLD10AA802, KLD10AA803, KLD10AA804 расположены на воздухопроводах, пересекающих защитную оболочку: на приточном и вытяжном воздухопроводах по одному клапану внутри защитной оболочки и по одному вне ее. Каждый клапан запитан от своего канала системы аварийного электроснабжения.

Заданное значение разрежения в защитной оболочке поддерживается за счет совместной работы регулирующего клапана KLD10AA201 на приточном воздуховоде и одного из вентиляторов вытяжной системы KLD10AN011 или KLD10AN021: заданное разрежение поддерживается за счет изменения положения регулирующего клапана, при этом вентилятор работает со 100 % производительностью, либо – за счет изменения частоты вращения вентилятора, при этом клапан открыт на 100 %.

При потере электроснабжения нормальной эксплуатации приточная система не работает, вытяжная система продолжает работать, поддерживая разрежение в 30 на заданном уровне. При потере электроснабжения нормальной эксплуатации обеспечивается автоматическое включение установок вытяжной системы KLD10 по программе автоматического ступенчатого пуска соответствующего дизельгенератора.

Землетрясения до МРЗ включительно не приводят к разрушению систем, т.к. все элементы систем и крепление к строительным конструкциям предусматриваются первой категории сейсмостойкости.

#### **12.4.4.3 Описание используемых материалов**

Для изготовления установок систем использована углеродистая сталь с антикоррозионным покрытием, для изготовления воздухопроводов использована углеродистая сталь толщиной 2 мм с антикоррозионным покрытием.

#### **12.4.4.4 Размещение элементов системы**

Элементы приточной системы KLD10 расположены в помещениях здания реактора, элементы вытяжной системы расположены в помещениях здания реактора и вспомогательного корпуса. Оборудование вытяжной системы KLD10 расположено в помещениях вспомогательного корпуса.

#### **12.4.4.5 Управление и контроль работы системы**

Для обеспечения надежности системы предусматривается постоянный контроль за состоянием элементов рабочего канала по информации, поступающей на БПУ, РПУ (параметры технологического контроля, состояние элементов и т.д.). Управление системой осуществляется с БПУ, РПУ.

Предусмотрено измерение активности аэрозолей и йодов в воздухе до фильтровальных установок. Также предусмотрено измерение активности ИРГ.

В системе контролируются перепады давления на фильтрах работающей установки и расход воздуха. При достижении максимального перепада давления на аэрозольном фильтре более 1500 Па или на одном из угольных (йодных) фильтров более 1200 Па, или на фильтре тонкой очистки более 900 Па, или на всей фильтровальной установке более 3500 Па оператор отключает работающую установку и включает резервную.

При выходе из строя работающей установки автоматически включается резервная установка.

#### **12.4.4.6 Анализ проекта**

Системы имеют достаточную производительность, полное резервирование оборудования и высокую эффективность очистки.



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

#### **12.4.4.7 Выводы**

При проектировании системы KLD10 учитывались требования нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.4.5 Приточная и вытяжная ремонтно-аварийные системы KLD20**

#### **12.4.5.1 Принципы проектирования**

KLD20 - приточная и вытяжная ремонтно-аварийные системы вентиляции здания реактора предназначены для работы в режиме планово-предупредительного ремонта (ППР) и проведения послеаварийных работ с целью обеспечения следующих мероприятий:

- обеспечение радиационной безопасности как в помещениях АЭС, так и за ее пределами в соответствии с действующими нормами за счет очистки воздуха защитной оболочки от радиоактивных аэрозолей и йодов перед началом проведения ремонтных и перегрузочных работ,

- обеспечение допустимых санитарными нормами условий для обслуживающего персонала,

- обеспечение направленности движения потоков воздуха из мест наименьшего загрязнения в места наибольшего загрязнения.

Исходными данными для проектирования вытяжной системы KLD20 являются требования, полученные в результате расчетов:

- производительность системы 25000 / 50000 м<sup>3</sup>/ч;

- эффективность очистки воздуха на фильтрах:

- по аэрозолям не менее 99,99 %:

- грубая очистка аэрозолей диаметром до 2,0 мкм;

- тонкая очистка для наиболее проникающих аэрозольных частиц диаметром от 0,3 мкм:

- по молекулярному йоду – не менее 99,9 %;

- по органическим соединениям йода (по метилйодиду) – не менее 99 %.

Отсечные клапаны KLD20AA801, KLD20AA802, KLD20AA803, KLD20AA804 предназначены для герметизации защитной оболочки от окружающей среды при повышении давления в защитной оболочке.

#### **12.4.5.2 Проект системы**

В состав вытяжной системы KLD20 входят две вытяжные вентиляционные установки со 100 % производительностью каждой (одна установка рабочая, одна резервная), клапаны герметические запорные, отсечные клапаны, воздухопроводы. В составе каждой вытяжной установки вентилятор с регулятором частоты вращения двигателя, установка фильтровальная комбинированная для очистки воздуха от радиоактивных аэрозолей и йода, клапаны герметические запорные.

В состав приточной системы KLD20 входят две приточные установки со 100 % производительностью каждой (одна рабочая, одна резервная), клапаны герметические запорные, отсечные клапаны, воздухопроводы.

Отсечные клапаны KLD20AA801, KLD20AA802, KLD20AA803, KLD20AA804 расположены на воздухопроводах, пересекающих защитную оболочку: на приточном и вытяжном

воздуховодах по одному клапану внутри защитной оболочки и по одному вне ее. Каждый клапан запитан от своего канала системы аварийного электроснабжения.

Приточная и вытяжная системы вентиляции KLD20 после останова блока на ППР или в послеаварийном режиме функционируют в два режима: режим рециркуляции и режим «приток-вытяжка». В режиме рециркуляции происходит очистка воздуха в фильтровальной установке: воздух забирается из-под защитной оболочки, фильтруется и возвращается обратно. После достижения необходимой степени очистки воздуха по разрешению службы РК оператор переключает систему на работу в режиме «приток – вытяжка». Воздух удаляется из внутреннего объема защитной оболочки и выбрасывается в атмосферу через вытяжную вентиляционную трубу.

При потере электроснабжения нормальной эксплуатации приточная система не работает, вытяжная система продолжает работать. При потере электроснабжения нормальной эксплуатации обеспечивается автоматическое включение установок вытяжной системы KLD20 по программе автоматического ступенчатого пуска соответствующего дизельгенератора.

Землетрясения до МРЗ включительно не приводят к разрушению вытяжной системы KLD20 и элементов приточной системы, используемых в режиме рециркуляции, т.к. элементы систем и крепление к строительным конструкциям предусматриваются первой категории сейсмостойкости. Остальные элементы приточной системы KLD20 предусматриваются второй категории сейсмостойкости.

#### **12.4.5.3 Описание используемых материалов**

Для изготовления установок систем использована углеродистая сталь с антикоррозионным покрытием, для изготовления воздуховодов использована углеродистая сталь толщиной 2 мм с антикоррозионным покрытием.

#### **12.4.5.4 Размещение элементов системы**

Оборудование приточной и вытяжной систем KLD20 расположено в помещениях вспомогательного корпуса.

Отсечные клапаны KLD20AA801, KLD20AA802, KLD20AA803, KLD20AA804 расположены на воздуховодах, пересекающих защитную оболочку: на приточном и вытяжном воздуховодах по одному клапану внутри защитной оболочки и по одному вне ее.

#### **12.4.5.5 Управление и контроль работы системы**

Для обеспечения надежности системы предусматривается постоянный контроль за состоянием элементов рабочего канала по информации, поступающей на БПУ, РПУ (параметры технологического контроля, состояние элементов и т.д.). Управление системой осуществляется с БПУ, РПУ. Кроме того, управление и контроль за работой кондиционера приточной системы осуществляется по месту с панели управления кондиционера

Предусмотрено измерение активности аэрозолей и йодов в воздухе до фильтровальных установок. Также предусмотрено измерение активности ИРГ.

В системе контролируются перепады давления на фильтрах работающей установки и расход воздуха. При достижении максимального перепада давления на аэрозольном фильтре более 1500 Па или на одном из угольных (йодных) фильтров более 1200 Па, или на фильтре тонкой очистки более 900 Па, или на всей фильтровальной установке более 3500 Па оператор отключает работающую установку и включает резервную.

При выходе из строя работающей установки автоматически включается резервная установка.

#### **12.4.5.6 Анализ проекта**

Отказ систем KLD20 имеет небольшую вероятность в связи с тем, что работа систем носит кратковременный характер: не более 30 суток в год в режиме ППР, функционирование в послеаварийном режиме.

В период ожидания системы находятся под постоянным контролем за счет технического обслуживания, включающего в себя ежедневный осмотр, и периодическое опробование и профилактический ремонт.

Системы имеют 100 % резервирование оборудования и высокую эффективность очистки.

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

#### **12.4.5.7 Вывод по системам KLD20**

#### **12.4.5.8 Выводы**

При проектировании системы KLD20 учитывались требования нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии, а также рекомендации Руководств по безопасности МАГАТЭ. Предоставленные выше сведения показывают, что система в полной мере выполняет заданные функции и отвечает проектным основам.

### **12.4.6 Система хранения и обращения со свежим ядерным топливом**

#### **12.4.6.1 Принципы проектирования**

Система хранения и обращения со свежим (необлученным) ядерным топливом является составной частью комплекса систем обращения с ядерным топливом и предназначена для операций, связанных с приемом свежего ядерного топлива (ЯТ) и поглощающих стержней систем управления и защиты (ПС СУЗ) на АЭС, хранением, контролем и подготовкой свежего ЯТ к загрузке в реактор с учетом обеспечения безопасности в соответствии с требованиями нормативных документов (НД) и по сути представляет собой хранилище свежего топлива (ХСТ).

Обеспечение ядерной безопасности в средствах хранения и транспортирования ядерного топлива (обеспечение подкритичности свежего топлива не менее 0,05), достигается шагом расположения ТВС в стеллаже и чехлах транспортных, а также условиями производства работ.

ХСТ является по назначению системой нормальной эксплуатации, а по влиянию на безопасность – системой важной для безопасности.

Для обеспечения требований, предъявляемых к системе обращения со свежим ядерным топливом, строительная часть ХСТ проектируется с учетом перечня исходных событий:

- внутренние и внешние воздействия природного и техногенного происхождения, свойственные площадке размещения АЭС, в том числе:

- 1) экстремальные температуры;
- 2) максимальное расчетное землетрясение;
- 3) падение самолета массой 5,7 т со скоростью 100 м/с;
- 4) воздушная ударная волна на здание - давление во фронте 30 кПа.

#### **12.4.6.2 Проект системы**

ХСТ предназначено для приема, хранения и подготовки к загрузке в реактор свежих ТВС, ПС СУЗ.

В состав основного транспортно-технологического оборудования, предназначенного для хранения свежего ядерного топлива и проведения с ним необходимых транспортно-технологических операций по его подготовке к загрузке в реактор, входит следующее оборудование:

- ТУК для свежих ТВС (оборудование завода-изготовителя – обратная тара);
- кран мостовой электрический специальный г/п 40/5 т;
- кантователь;
- стеллаж для свежих ТВС;
- чехол транспортный;
- чехол для пеналов герметичных;

- чалочное приспособление;
- захват для свежих ТВС;
- захват пенала герметичного;
- захват для ПС СУЗ;
- траверса для чехла ;
- каркас для ПС СУЗ.

ТУК предназначен для доставки свежего ядерного топлива с завода-изготовителя на АЭС, а также для хранения свежего ядерного топлива в ХСТ.

Кран мостовой электрический специальный г/п 40/5 т предназначен для выполнения подъемно-транспортных операций в помещении ХСТ с ТУК, ТВС, ПС СУЗ и чехлами.

Кантователь предназначен для раскантовки ТУК со свежим ядерным топливом из горизонтального положения в вертикальное и обратно.

Стеллаж для ТВС предназначен для размещения и хранения свежих ТВС, прошедших входной контроль, в вертикальном положении до их отправки в реакторное отделение.

Захват для свежих ТВС предназначен для транспортирования ТВС при выполнении подъемно-транспортных операций.

Чалочное приспособление предназначено для транспортирования ТУК в ХСТ.

Чехол транспортный предназначен для хранения и транспортирования свежих ТВС, ПС СУЗ из ХСТ в здание реактора.

Чехол для пеналов герметичных предназначен для размещения в нем свежих пеналов в количестве 18 штук в вертикальном положении с целью их транспортирования в реакторный зал.

Траверса для чехла предназначена для транспортирования с помощью крана ХСТ чехла транспортного и чехла для пеналов в помещении хранилища.

Каркас для ПС СУЗ предназначен для размещения в нем свежих ПС СУЗ и их транспортирования в чехле транспортном в реакторный зал.

#### **12.4.6.3 Описание используемых материалов**

Выбор материалов для оборудования ХСТ определяется в первую очередь требованиями по работе с ТВС (чистота и отсутствие загрязнений, в том числе коррозионного характера).

Основное транспортно-технологическое оборудование, контактирующее с ТВС: чехлы транспортные, чехол для пеналов, захваты, каркас – выполнены из нержавеющей коррозионностойкой стали.

Основной конструкционный материал остального оборудования (кантователь, кран мостовой электрический, траверса для чехла) – углеродистые стали с защитным антикоррозионным покрытием.

#### **12.4.6.4 Размещение элементов системы**

Все оборудование системы размещается в помещении хранилища свежего топлива (ХСТ). ХСТ является сооружением для двух блоков и находится на первом энергоблоке в здании хранилищ над хранилищем твердых радиоактивных отходов.

#### **12.4.6.5 Управление и контроль работы системы**

Управление существующим транспортно-технологическим оборудованием осуществляется с непосредственным участием обслуживающего персонала:

- управление кантователем ТУК производится с местного пульта управления, расположенного непосредственно на кантователе;
- управление мостовым электрическим краном при транспортных операциях в ХСТ производится с переносного кнопочного пульта управления;
- управление открытия-закрытия зацепов захватов выполняется с помощью ручек управления.

При проведении работ в ХСТ, а также во время хранения свежего ЯТ, с помощью систем предупредительной и аварийной сигнализации ведется контроль по следующим параметрам:

- контроль климатических условий (температура воздуха, относительная влажность);
- контроль радиационной обстановки в помещении;

- контроль обнаружения пожара.

#### **12.4.6.6 Анализ проекта**

Для рассмотрения анализа безопасности работы системы были приняты следующие исходные события:

- максимальное расчетное землетрясение, падение самолета и воздушная ударная волна;
- полное прекращение энергоснабжения;
- пожар;
- падение предметов, которые могут изменить расположение ТВС и нарушить целостность ТВС и оболочек ТВЭЛ, падение отдельных ТВС, пеналов, чехов и ТУК с ТВС при транспортно-технологических операциях;
- отказы оборудования.

Строительные конструкции и оборудование ХСТ проектируется таким образом, чтобы выдерживать нормальные рабочие нагрузки при хранении свежего ЯТ и во время обращения с ним, а также сохранять прочность и работоспособность при особых воздействиях (МРЗ, ПС, ВУВ) на здание хранилища и после их прохождения.

Полное прекращение энергоснабжения в ХСТ не влияет на ядерную безопасность.

Проектом АЭС не предусматривается хранение в ХСТ горючих материалов.

Отказы оборудования, предназначенного для хранения и обращения со свежим ядерным топливом, не приводят к ядерноопасной аварийной ситуации, так как в конструкции оборудования предусмотрены блокировки исключая падение груза при транспортировании.

Компоновкой ХСТ и конструкцией оборудования исключается возможность транспортировки ТУК и чехлов над хранимым ЯТ.

#### **12.4.6.7 Выводы**

Принятые проектные решения отвечают нормам, принятым критериям и принципам обеспечения технической и ядерной безопасности в соответствии с действующими нормативно-техническими документами по безопасности в атомной энергетике.

### **12.4.7 Система перегрузки, выдержки и отправки отработавшего топлива**

#### **12.4.7.1 Принципы проектирования**

Система перегрузки, выдержки и отправки отработавшего топлива предназначена для замены отработавших ТВС, поглощающих стержней систем управления и защиты (ПС СУЗ) активной зоны реактора на свежие, выдержки отработавшего ядерного топлива выгруженного из реактора, с целью снижения активности и остаточных энерговыделений ОТВС до допустимых значений для его транспортирования и транспортирования ЯТ по территории АЭС.

Проект системы соответствует следующим критериям безопасности:

- не превышение допустимого эффективного коэффициента размножения нейтронов 0,95 в стеллажах БВ в условиях нормальной эксплуатации и при проектных авариях;
- обеспечение подкритичности реактора при перегрузке не менее 0,02;
- обеспечение сохранности топлива.

#### **12.4.7.2 Проект системы**

Доставка свежего топлива в реакторное отделение и перегрузка реактора, а также загрузка ОТВС в ТУК и вывоз ТУК из реакторного отделения производятся при остановленном на перегрузку блоке.

Перегрузка реактора производится с помощью перегрузочной машины по специальной программе.

Транспортирование ОТВС из реактора в бассейн выдержки, а также из бассейна выдержки в ТУК, установленный в колодце перегрузки, производится под защитным слоем воды.

Избранный способ перегрузки под защитным слоем воды апробирован опытом эксплуатации энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР.

Все операции с транспортно-технологическим оборудованием в реакторном отделении производятся краном мостовым электрическим кругового действия грузоподъемностью 360(205)/32+10т.

Выдержка всего отработавшего ядерного топлива в здании реактора производится в бассейне выдержки не менее 3 лет для снятия активности и остаточных тепловыделений от отработавших ТВС до значения, допустимых при их транспортировании.

Бассейн выдержки расположен в здании реактора в пределах гермозоны и в нем размещаются 732 ячейки для ТВС и 24 ячейки для пеналов герметичных, что обеспечивает хранение отработавшего топлива в течение 10 лет, а также позволяет обеспечить выгрузку полной активной зоны реактора (163 ТВС)

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) после хранения в течение 10 лет в бассейне выдержки, вывозится из здания реактора за пределы АЭС.

В состав основного транспортно-технологического оборудования, предназначенного для проведения работ по обращению с ядерным топливом в здании реактора, включается следующее оборудование:

- стеллажи бассейна выдержки;
- перегрузочная машина;
- пеналы герметичные;
- кран мостовой электрический кругового действия г/п 360(205)/32+10т;
- гидрозатворы;
- гнездо универсальное с промежуточным упором;
- тележка транспортная на рельсовом ходу;
- траверсы для ТУК с отработавшим топливом (длинная и короткая);
- опоры под ТУК с отработавшим топливом;
- опора с поддоном для дезактивации;
- кран эстакады г/п 360(140)/32+10т;
- шлюз транспортный;
- шлюз для персонала.

Стеллажи бассейна выдержки предназначены для размещения в них в вертикальном положении ТВС и герметичных пеналов.

Машина перегрузочная (МП) предназначена для выполнения операций с ТВС, пучками ПС СУЗ, каркасами для ПС СУЗ, с пеналами герметичными, крышками пеналов системы обнаружения дефектныхборок (СОДС).

Пенал герметичный предназначен для длительного хранения одной ТВС с негерметичными ТВЭЛ.

Кран мостовой электрический кругового действия г/п 360(205)/32+10 т предназначен для выполнения всех подъемно – транспортных операций, связанных с обслуживанием реакторной установки, для транспортирования чехлов транспортных со свежим топливом и контейнеров с отработавшим ядерным топливом, а также для монтажа оборудования в период строительства АЭС и снятия АЭС с эксплуатации

Гидрозатворы устанавливаются между реактором и шахтами ВКУ с одной стороны и между реактором и бассейном выдержки с другой стороны, а также между бассейном выдержки и колодцем перегрузки.

Гнездо универсальное с промежуточным упором установлено в колодце перегрузки и предназначено для размещения чехла транспортного со свежим ядерным топливом, чехла для пеналов, а также для установки ТУК для отработавшего ядерного топлива.

Тележка транспортная на рельсовом ходу предназначена для транспортирования грузов и оборудования в здании реактора через транспортный шлюз и обратно в период эксплуатации АЭС.

Траверсы для ТУК с отработавшим топливом, чехлов со свежими ТВС и чехлов с гермопеналами здания реактора предназначена для выполнения подъемно-транспортных

операций с ТУК и чехлами в центральном зале РО (длинная траверса) и для выполнения подъемно-транспортных операций с чехлами и ТУК на эстакаде (короткая траверса).

Опоры под ТУК размещаются на полу центрального зала здания реактора и предназначены для временного хранения на них ТУК, которые загружены выдержанными ОТВС.

Опора с поддоном для дезактивации предназначена для размещения на ней ТУК, чехла транспортного или другого оборудования для дезактивации.

Кран эстакады г/п 360(140)/32+10т установлен на транспортной эстакаде и выполняет подъемно-транспортные операции с чехлами транспортными со свежим ядерным топливом, ТУК с отработавшим ядерным топливом а также все подъемно-транспортные операции, связанные с подачей в здание реактора оборудования и материалов, требуемых для проведения работ по перегрузке реактора и проведением планово-предупредительного ремонта реакторной установки.

Транспортный шлюз предназначен для подачи оборудования, необходимого для проведения перегрузки и ППР реакторной установки с транспортной эстакады в центральный зал (в гермозону) здания реактора и обратно.

Шлюзы для персонала предназначены для прохода персонала и переноса мелких деталей, запчастей и материалов из (в) герметичной (ую) зоны (у).

#### **12.4.7.3 Описание используемых материалов**

Транспортно-технологическое оборудование (или часть оборудования), стыкующееся с ТВС или работающее в воде бассейна выдержки выполняется из коррозионностойких нержавеющей сталей.

Составные части машины перегрузочной, контактирующие с ТВС и работающие в воде БВ, изготавливаются из коррозионностойких нержавеющей сталей.

Основной материал остального оборудования (кран кругового действия, траверсы для ТУК, кран эстакады, шлюз транспортный, шлюзы для персонала) - углеродистые стали с защитными покрытиями, допускающими обмывку дезактивирующими растворами.

#### **12.4.7.4 Размещение элементов системы**

Оборудование системы перегрузки, выдержки и отправки отработавшего топлива размещается в здании реактора (UJA) – стеллажи бассейна выдержки, машина перегрузочная, кран кругового действия, опоры под ТУК, гидрозатворы, траверса для ТУК (длинная) и на эстакаде транспортного шлюза (UJG) – кран эстакады, тележка транспортная, траверса для ТУК (короткая).

#### **12.4.7.5 Управление и контроль работы системы**

Управление существующим транспортно-технологическим оборудованием осуществляется с непосредственным участием обслуживающего персонала:

- управление машиной перегрузочной производится с пульта управления, расположенного в отдельном помещении вне оболочки реакторного отделения;
- управление кругового действия осуществляется со стационарного пульта управления, размещенного в реакторном отделении;
- управление тележкой транспортной осуществляется с пульта, размещенного на тележке;
- управление шлюзами осуществляется с пультов, размещенных в непосредственной близости от шлюзов
- управление краном эстакады осуществляется из кабины, установленной на строительных конструкциях эстакады транспортного шлюза.

В процессе перегрузки топлива и хранения топлива осуществляется постоянный контроль уровня, концентрации борной кислоты, температуры воды в бассейне выдержки.

В процессе перегрузки осуществляется контроль за мощностью реактора и скоростью ее изменения.

#### **12.4.7.6 Анализ проекта**

Для рассмотрения анализа безопасности работы системы были приняты следующие исходные события:

- максимальное расчетное землетрясение (МРЗ), падение самолета (ПС) и воздушная ударная волна (ВУВ);
- полное прекращение энергоснабжения;
- пожар;
- падение предметов, которые могут изменить расположение ТВС и нарушить целостность ТВС и оболочек ТВЭЛов;
- ошибки персонала.

Строительные конструкции здания реактора, эстакады транспортного шлюза и оборудование проектируются таким образом, чтобы выдерживать нормальные рабочие нагрузки при перегрузке, хранении и обращении с топливом, а также сохранять прочность и работоспособность при особых воздействиях (МРЗ, ПС, ВУВ) и после их прохождения.

Полное прекращение энергоснабжения не влияет на ядерную безопасность, так как перегрузка ядерного топлива, транспортирование отработавшего и свежего ядерного топлива в бассейне выдержки производится под защитным слоем воды, который в свою очередь обеспечивает отвод остаточных тепловыделений.

В зоне производства работ с ядерным топливом размещение горючих материалов не предусмотрено. В конструкции перегрузочной машины, крана здания реактора, крана эстакады и другом оборудовании не используются горючие материалы.

Падение предметов, которые могут изменить расположение ТВС и нарушить целостность ТВС и оболочек ТВЭЛ исключается наличием блокировок, исключающих возможность перемещения любого груза над реактором и бассейном выдержки.

Основное оборудование системы (кран здания реактора, кран эстакады и перегрузочная машина) управляются с использованием систем управления, разработанных таким образом, чтобы ошибка персонала не приводила к падению транспортируемого груза.

#### **12.4.7.7 Выводы**

Принятые проектные решения отвечают нормам, принятым критериям и принципам обеспечения технической и ядерной безопасности в соответствии с действующими нормативно-техническими документами по безопасности в атомной энергетике.