

РАЗДЕЛ 7 ОПИСАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В разделе приведено описание основных зданий и сооружений второго энергоблока Белорусской АЭС.

Информация, изложенная в разделе, обеспечивает возможность ознакомиться всем заинтересованным сторонам с основными компоновочными решениями второго энергоблока Белорусской АЭС. Также представлены параметры воздействий природного и техногенного происхождения, которые учтены при проектировании зданий и сооружений.

Нормативная база

Проект энергоблока с ВВЭР-1200 разработан в соответствии с действующей в России нормативной документацией.

Разработка проекта энергоблока АЭС-2006 выполнена в соответствии с требованиями действующих в России специальных правил, норм и стандартов в области использования атомной энергии, а также в соответствии с требованиями отраслевой и нормативной документацией предприятий.

При разработке проекта энергоблока АЭС-2006 учтены направления развития специальных правил и норм по безопасности в атомной энергетике в сторону усиления требований нормативной документации по обеспечению радиационной и ядерной безопасности.

При использовании международного опыта учтены следующие материалы:

- рекомендации и нормы безопасности МАГАТЭ;
- требования Европейских эксплуатирующих организаций к проектам атомных станций нового поколения с реакторами типа LWR (European Utility Requirements (EUR), Revision «С»);
- материалы NRC.

К государственным нормам, правилам и стандартам, которые применяются при проектировании АЭС, относятся нормативы, входящие в состав «Перечня нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору П-01-01-2011». При проектировании также учтены нормы и правила, входящие в состав «Указателя основных действующих нормативных документов, регламентирующих обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков, АС», ОАО «Концерн Росэнергоатом».

Также проанализирована и учтена нормативная база Республики Беларусь. АЭС соответствует всем требованиям национальных нормативов.

Принципы компоновки основных зданий и сооружений

В основу компоновки зданий и сооружений Белорусской АЭС заложен модульный принцип застройки, обеспечивающий максимальную автономность моноблока и четкое разделение зданий с точки зрения их ответственности за безопасность.

Из-за функциональной зависимости от систем первого контура и в целях сокращения технологических, транспортных и пешеходных связей здания моноблока сгруппированы вокруг здания реактора, практически вплотную примыкая друг к другу. Они расположены в зоне возможного загрязнения и все вместе составляют «ядерный остров».

Все помещения в зданиях группированы в соответствии с технологическим назначением этих помещений и их функциональной пожарной опасностью (см. раздел 3).

В зависимости от технологической необходимости спроектированные здания оснащаются инженерным и подъемно-транспортным оборудованием.

При разработке строительной части и генплана Белорусской АЭС приняты во внимание инженерно-геологические, сейсмологические, другие природные и техногенные условия площадки, а также следующие основные положения:

- максимальное подчинение строительных решений функциональным технологическим требованиям;

- максимальное использование проектов повторного применения и типовых решений для индивидуальной части проекта;
- разделение зданий и сооружений с точки зрения их ответственности за безопасность;
- выбор строительных решений, максимально снижающих влияние экстремальных природных и техногенных воздействий на дееспособность технологических систем, важных для безопасности, а также надежно обеспечивающих локализацию проектных и уменьшение последствий запроектных аварий;
- выбор строительных решений (генплан, компоновка, материалы, методы строительства и др.), позволяющих обеспечить сроки строительства и трудозатраты;
- конкурентоспособность проекта, то есть снижение материалоемкости сооружений.

Здания и сооружения АЭС по условиям их ответственности за радиационную и ядерную безопасность и обеспечения функционирования размещаемого в них оборудования и систем в соответствии с нормативными требованиями подразделяются на три категории безопасности.

Согласно нормам и правилам все строительные конструкции и оборудование разделяются на три категории сейсмостойкости и проектируются в зависимости от степени их ответственности в обеспечении безопасности при сейсмических воздействиях и работоспособности после прохождения землетрясения.

Строительные конструкции зданий 1 категории безопасности рассчитаны на восприятие нагрузок от оборудования и трубопроводов во всех режимах эксплуатации АЭС, включая аварийные режимы, а также на внешние экстремальные воздействия. Все толщины стен и перекрытий определяются расчетом.

При проектировании зданий и сооружений Белорусской АЭС учтены требования нормативных документов, относящихся к проектированию строительных конструкций АЭС.

По условиям обслуживания в соответствии с нормативными требованиями здания и сооружения энергоблока разделены на:

- зону контролируемого доступа, где в помещениях возможно воздействие на персонал радиационных факторов, а на границе зоны установлен санитарно-пропускной режим;
- зону свободного доступа, где источники ионизирующих излучений отсутствуют, и воздействие на персонал радиационных факторов практически исключается.

Помещения зоны свободного доступа, с расположенными в ней вентиляционными и электрическими устройствами изолированы от помещений зоны контролируемого доступа и имеют самостоятельные лестничные клетки.

Помещения зоны контролируемого доступа, в свою очередь, разделены на:

- необслуживаемые помещения, где размещается технологическое оборудование и коммуникации, условия эксплуатации которых и радиационная обстановка при работе АЭС на мощности исключает пребывание в них персонала;
- периодически обслуживаемые, в которых условия эксплуатации и радиационная обстановка при работе АЭС на мощности допускают возможность ограниченного во времени пребывания персонала;
- обслуживаемые помещения, радиационная обстановка в которых допускает возможность постоянного пребывания персонала в течение всего рабочего дня.

Изоляция помещений внутри зоны контролируемого доступа обеспечивается вентиляционными и санитарно-бытовыми устройствами, стационарными и временными саншлюзами.

Компоновка основных зданий энергоблока показана на рисунках 7.1 и 7.2.

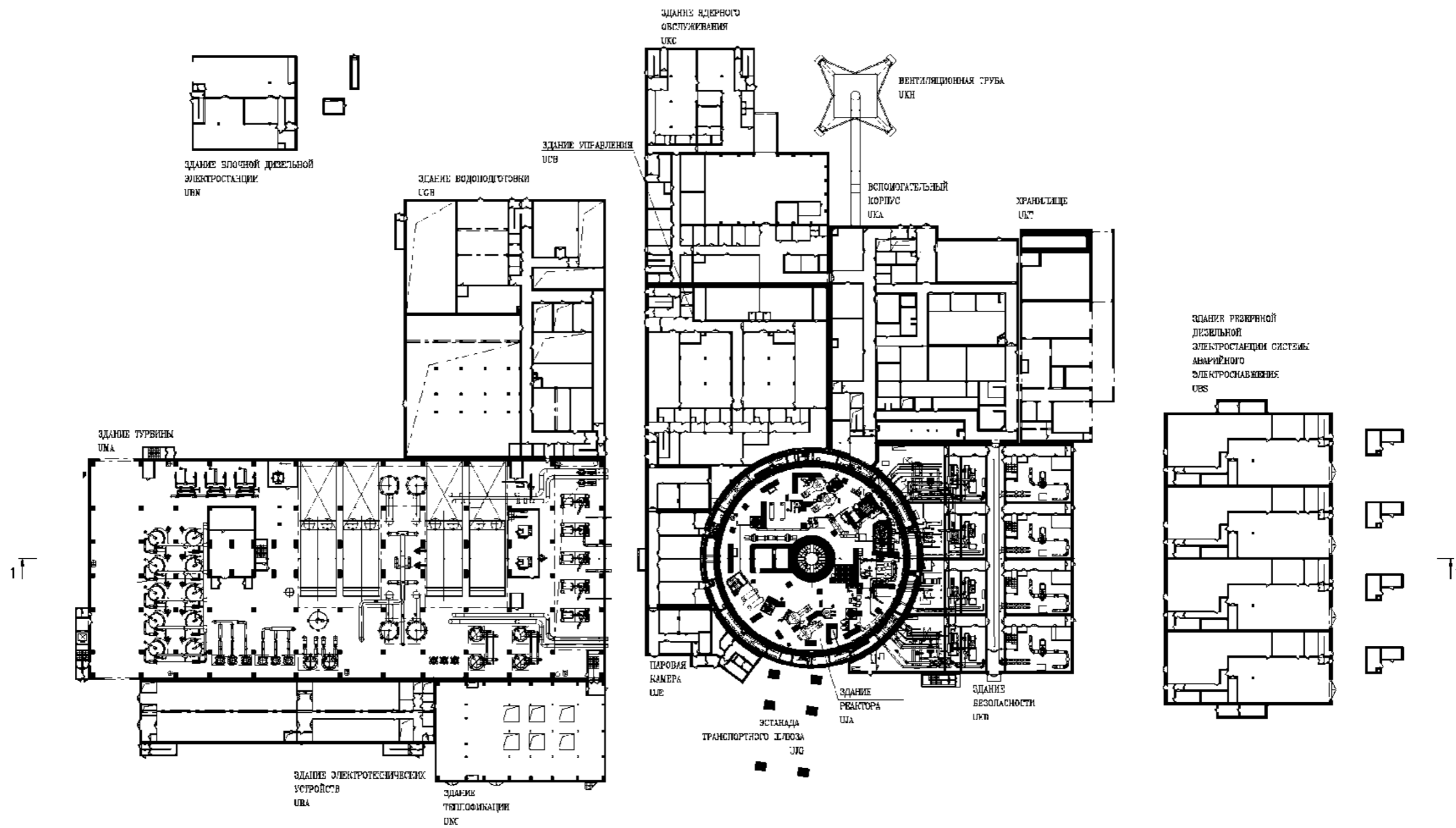


Рисунок 7.1 – Компонировка основных зданий энергоблока. План на отметке 0,000

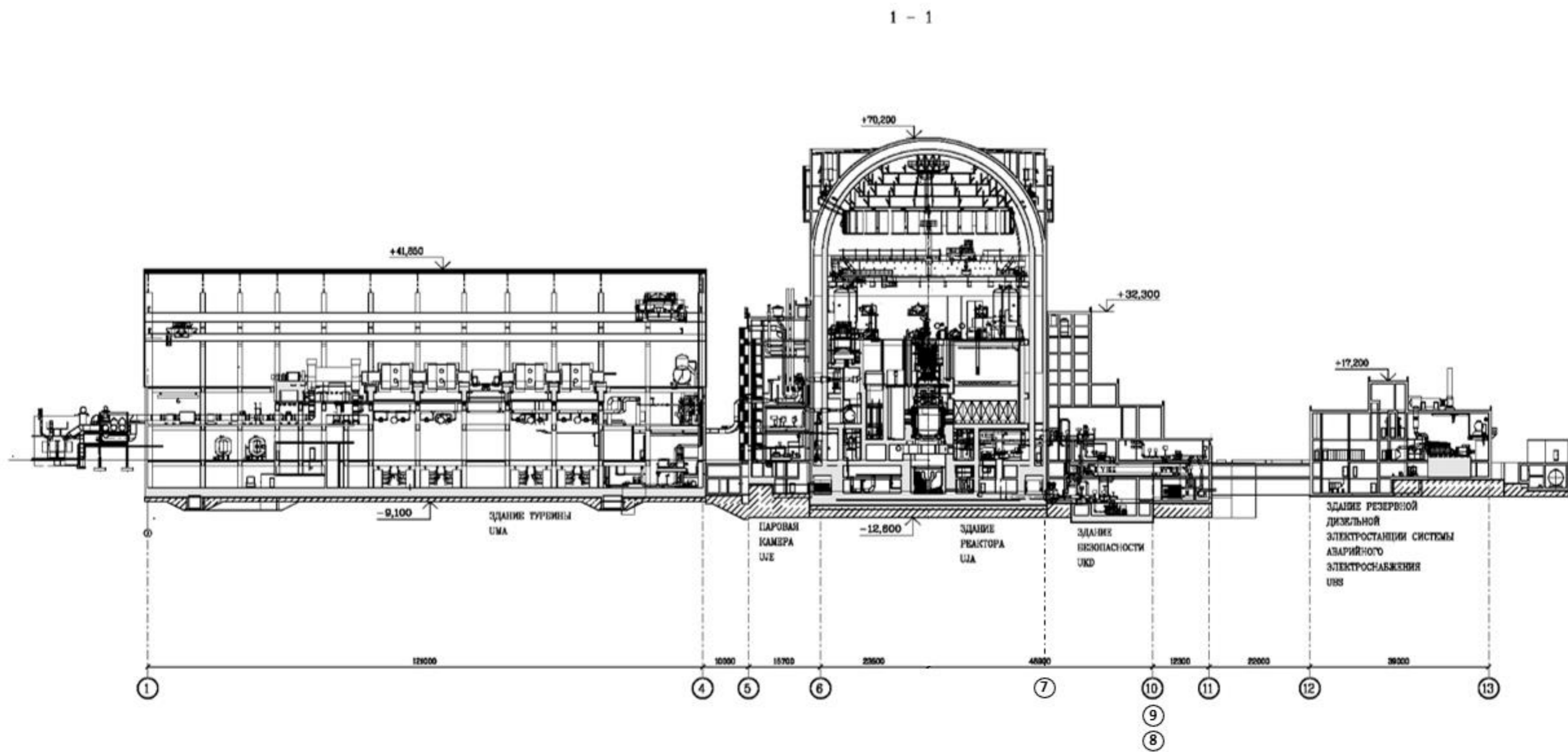


Рисунок 7.2 – Компонровка основных зданий энергоблока. Разрез 1-1

Здание реактора

Здание реактора представляет собой сооружение, состоящее из двух защитных оболочек и внутренних конструкций. Разрез по зданию реактора показан на рисунке 7.3.

Внутренняя оболочка здания реактора (UJA) – сооружение из предварительно напряженного железобетона, состоящее из цилиндрической части и полусферического купола. Внутренняя поверхность оболочки облицована шестимиллиметровой углеродистой сталью для обеспечения герметичности.

Толщина стены в цилиндрической части внутренней герметичной оболочки равна 1,2 м, в сферическом куполе – 1,1 м. Диаметр внутренней герметичной оболочки 44,00 м. Нижняя, горизонтальная часть гермооблицовки расположена в бетоне фундаментной плиты на отметке минус 8,730. Внешняя поверхность купола внутренней герметичной оболочки находится на отметке +67,700.

Внутренняя предварительно напряженная железобетонная оболочка выполнена таким образом, что при эксплуатационных нагрузках она находится в сжатом состоянии. Конструкция спроектирована таким образом, чтобы минимальная эффективная сила предварительного напряжения (сила сжатия) в оболочке превышала силы растяжения, возникающие при действии максимального аварийного давления. При этом рассмотрена авария с потерей теплоносителя при гильотинном разрыве трубопровода первого контура.

Предварительное напряжение внутренней оболочки выполняется способом последовательного натяжения напрягаемых канатов (пучков) арматуры на бетон. Связь прядей с бетоном защитной оболочки отсутствует, что позволяет осуществлять периодический контроль уровня натяжения каждого арматурного каната, подтяжку канатов, а также производить замену канатов по отдельным прядям.

Внутренняя защитная оболочка оснащена специальной контрольно-измерительной аппаратурой. Система контроля преднапряжения защитной оболочки и натяжения армоканатов (СКЗОиНА) предназначена для контроля усилий натяжения во всех преднапрягаемых элементах СПЗО и армоканатов.

Наружная защитная оболочка здания реактора (UJB) цилиндрическая, ее наружный диаметр 51,60 м. Нижняя часть наружной оболочки находится на отметке минус 1,250. Верх купола наружной защитной оболочки соответствует отметке +70,200. Наружная защитная оболочка выполнена из обычного железобетона. Толщина стены внешней оболочки равна 800 мм. Ширина зазора между оболочками 1,8 м.

Бетонные перекрытия внутренних конструкций здания реактора не находятся в контакте с предварительно напряженным цилиндром оболочки. Между стеной оболочки и перекрытием предусмотрен зазор 200 мм для возможности быстрого выравнивания давления между боксами в случае аварии.

На всех отметках зазоры между перекрытиями и оболочкой закрыты решетчатым настилом для обеспечения безопасного движения персонала и предотвращения падения предметов в зазор.

Здание реактора является важным для ядерной безопасности станции и по условиям ответственности за радиационную и ядерную безопасность и обеспечения функционирования размещаемого в нем оборудования и систем классифицируется как сооружение первой категории безопасности согласно действующим нормативным документам.

Объемно-планировочная структура здания реактора построена по принципу зонирования систем безопасности и категории производства, что позволяет разграничить помещения АЭС по различным категориям, создать требуемые климатические и температурные условия в помещениях, организовать вентиляцию, осуществить организованный сбор и отвод протечек, раскрепить оборудование и трубопроводы от воздействия аварийных и сейсмических нагрузок.

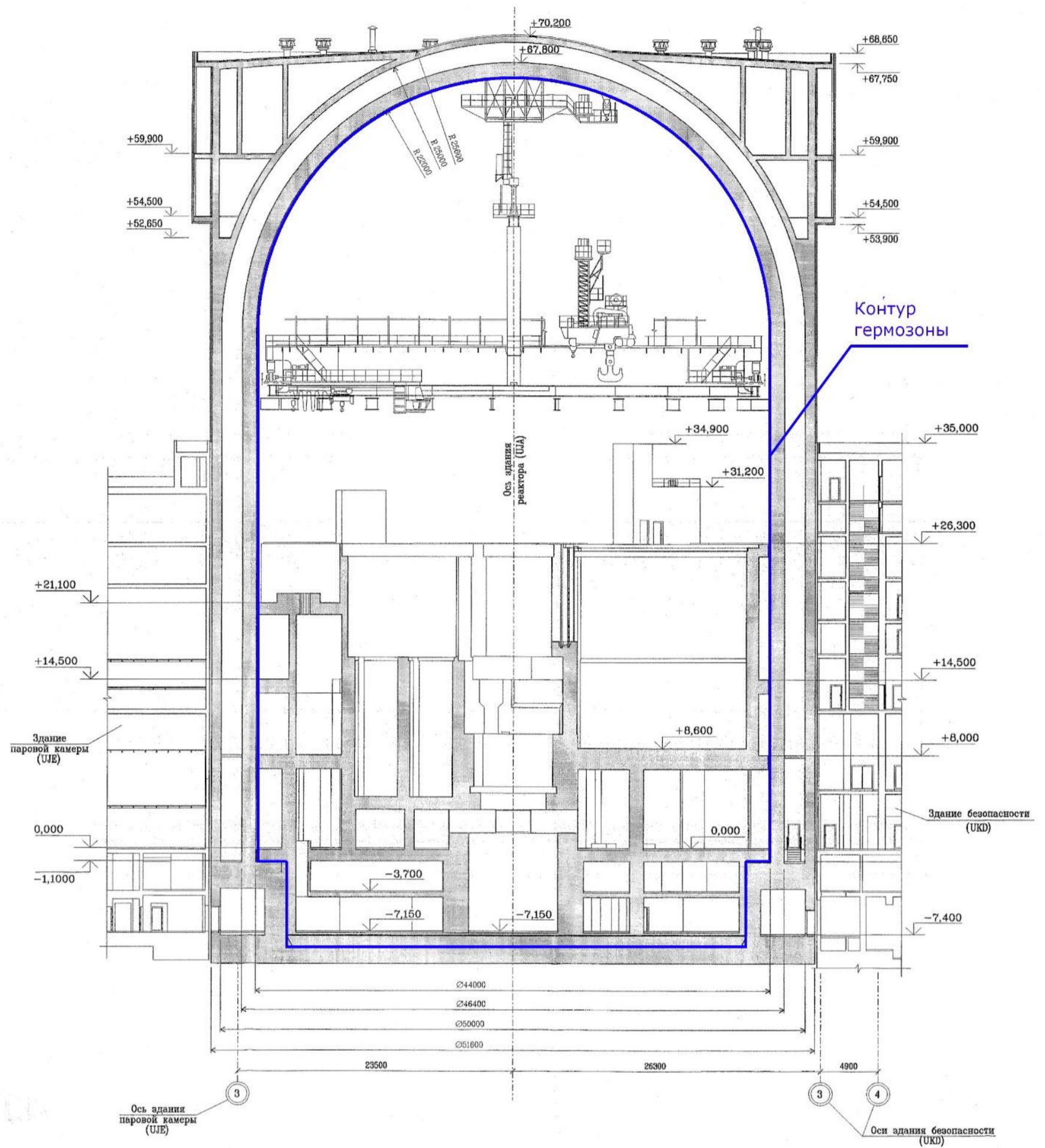


Рисунок 7.3. Здание реактора

Паровая камера

Здание паровой камеры (UJE) предназначено для размещения оборудования и трубопроводов системы защиты парогенераторов от избыточного давления, системы питательной воды и системы подачи обессоленной воды.

Габаритные размеры здания: максимальная длина 33,95 м, максимальная ширина 15,7 м (в осях 1-3), отметка верха фундаментной плиты минус 7,300, отметка верха плит покрытия: +21,800, +31,200, у оси 3 +34,100, +38,300, по оси А +4,500. Здание представляет собой пространственную, многопролетную, конструкцию с жесткими узлами, образованными монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями и фундаментной плитой.

Паровая камера расположена между зданием реактора и зданием турбины, одной стеной соединяется со зданием реактора, а другой примыкает к зданию управления.

Между зданием турбины и паровой камерой транспортный проезд шириной 10,1 м.

Здание состоит из помещений, где находятся оборудование и трубопроводы каналов систем безопасности, помещений для баков обессоленной воды и насосов подпиточной воды, вентиляционной камеры, лестничной клетки, коридоров, трубопроводных и кабельных тоннелей.

Здание паровой камеры относится к первой категории безопасности и к первой категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Здание безопасности

Здание безопасности (UKD) предназначено для размещения оборудования, обеспечивающего расхолаживание реакторной установки в аварийных ситуациях, и оборудования систем нормальной эксплуатации. Здание безопасности примыкает к зданию реактора (UJA) и к вспомогательному корпусу (UKA).

Объемно-планировочная структура здания безопасности построена на принципе канальности систем безопасности и разделением территории на зоны «контролируемого» и «свободного» доступа.

Здание безопасности в осях 1-8 делится на четыре изолированных друг от друга канала безопасности, в каждом из которых размещается оборудование одного из четырех каналов безопасности.

Каналы физически изолированы друг от друга. Протечки из любой системы нормальной эксплуатации не вызывают затопления помещений систем безопасности.

Электроснабжение потребителей систем безопасности, расположенных в здании безопасности, осуществляется от распределительных устройств 10 кВ и 0,4 кВ систем аварийного электроснабжения, расположенных в здании РДЭС (UBS), а управление и контроль потребителей этих систем осуществляется из здания управления (UCB) по четырем отдельным кабельным тоннелям на отметке минус 3,600. В каждом тоннеле размещены кабели одного канала безопасности.

Здание является важным для ядерной безопасности станции, по условиям ответственности за радиационную и ядерную безопасность и обеспечение функционирования размещаемого в нем оборудования и систем, относится к первой категории безопасности и к первой категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Вспомогательный корпус

Вспомогательный корпус (UKA) предназначен для размещения вспомогательных систем реакторной установки, систем спецводоочистки и систем спецгазоочистки, систем переработки и хранения жидких радиоактивных отходов и вентиляционных систем зоны контролируемого доступа.

Вспомогательный корпус примыкает в осях 1-3 к зданию реактора (UJA), а в осях 3-8 к зданию безопасности (UKD). По оси 1 вспомогательный корпус примыкает к зданиям управления (UCB) и ядерного обслуживания с бытовыми помещениями зоны

контролируемого доступа (УКС), по оси 8 к зданию хранилища транспортно-технологического оборудования и твёрдых радиоактивных отходов (20УКТ).

Здание вспомогательного корпуса относится к первой категории безопасности и к первой категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Вспомогательный корпус относится к зоне контролируемого доступа. В здании расположены системы, содержащие радиоактивные среды. В большинстве случаев толщина строительных конструкций определяется требованиями радиационной защиты.

Здание представляет собой пространственную, многопролетную, разноэтажную конструкцию с жесткими узлами, образованными монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями и фундаментной плитой.

Вспомогательный корпус рассчитан на восприятие нагрузок от оборудования и трубопроводов во всех режимах эксплуатации АЭС, включая аварийные режимы.

Здание управления

Здание управления (УСВ) расположено между зданием реактора (УА), паровой камерой (УЕ), зданием ядерного обслуживания с бытовыми помещениями зоны контролируемого доступа (УКС), вспомогательным корпусом (УКА) и отделено от этих зданий антисейсмическими швами.

Здание управления предназначено для размещения основных систем контроля и управления энергоблоком. Здесь размещены блочный пункт управления блока (БПУ) и резервный пункт управления блока (РПУ), щитовые устройства системы защиты и управления реакторной установкой, системы АСУ ТП блока для потребителей нормальной эксплуатации, системы АСУ ТП четырех каналов систем безопасности, СКУД, СПНИ и другие системы управления и контроля блока.

В здании управления размещены также электротехническое оборудование, обеспечивающее надежное электроснабжение этих систем во всех режимах работы АЭС и оборудование систем вентиляции для обеспечения климатических условий во всех режимах работы в помещениях здания.

Здание управления (УСВ) относится к I категории по ответственности за радиационную и ядерную безопасность и к I категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Здание представляет собой пространственную, многопролетную, разноэтажную конструкцию с жесткими узлами, образованными монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями, внутренними колоннами и фундаментной плитой. Подземная часть здания – двухэтажная и составляет единый конструктивный объем с многоэтажной надземной частью.

Несущие и ограждающие конструкции здания управления – монолитные железобетонные наружные, внутренние стены, перекрытия и внутренние колонны.

В здании нет радиоактивных систем, поэтому оно относится к зоне свободного доступа.

Объемно-планировочная структура здания управления построена по принципу зонирования помещений систем безопасности и пожароопасных помещений, что позволяет разграничить помещения здания управления по различным категориям, создать требуемые климатические и температурные условия в помещениях, организовать вентиляцию, осуществить организованный сбор и отвод протечек от автоматического водяного пожаротушения, закрепить оборудование от воздействия сейсмических нагрузок.

Хранилище транспортно-технологического оборудования и твёрдых радиоактивных отходов

Хранилище твёрдых радиоактивных отходов (УКТ) предназначено для:

– переработки и хранения низко и среднеактивных твёрдых радиоактивных отходов (ТРО);

– приёма на временное хранение невозвратных защитных контейнеров (НЗК), загруженных отверждёнными радиоактивными отходами (ОЖРО), поступающими из вспомогательного корпуса;

– приема и размещения в бетонном отсеке хранения высокоактивных ТРО, поступающими из здания реактора.

Объём хранилища принимается на 10 лет нормальной эксплуатации блока АЭС, а высокоактивных ТРО на весь срок эксплуатации АЭС.

Хранилище радиоактивных отходов примыкает к зданию вспомогательного корпуса и зданию безопасности.

Максимальная ширина здания -22,3м, максимальная длина -50,0м. Самая нижняя отметка в плане 0.00, крыша на отметке +18,25м (для ХТРО).

Здание ядерного обслуживания с бытовыми помещениями зоны контролируемого доступа

Здание ядерного обслуживания с бытовыми помещениями зоны контролируемого доступа (УКС) относится ко II категории ответственности за радиационную и ядерную безопасность и ко II категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Здание функционально делится на помещения производственного назначения и бытовые помещения зоны контролируемого доступа, включая помещения для приема привлекаемого персонала зоны контролируемого доступа, участвующего в монтажных, ремонтных и других работах на блоке при эксплуатации.

Здание ядерного обслуживания с бытовыми помещениями зоны контролируемого доступа является составляющей частью «ядерного острова». Здание находится рядом со зданием вспомогательного корпуса (УКА) и зданием управления (УСВ) и отделено от них антисейсмическими швами.

Габариты здания составляют 43,2×31,2 м (в осях 1-6) и 31,2×24,6 м (в осях 1-5). Здание пятиэтажное – четыре этажа надземные и один подземный. Высоты этажей – 3,6 м; 4,8 м; подвал – 3,6 м. Высота здания от планировочной отметки 0,000 до отметки верха плиты покрытия различна и имеет значения от 15,6 м до 26,25 м.

На отметке минус 3,600 здания ядерного обслуживания находится проходная с постом охраны для зданий зоны контролируемого доступа (ЗКД) и самого здания УКС. Также на отметке минус 3,600 расположен комплекс помещений радиационного контроля при входе в ЗКД и спецпрачечная.

В здании ядерного обслуживания находятся бытовые помещения для персонала, работающего в ЗКД и для персонала, привлекаемого во время ремонта, а также мастерская и лаборатории ЗКД.

В бытовых помещениях предусмотрены две лестницы в зоне свободного доступа (ЗСД) и одна лестница в ЗКД. В производственных помещениях ЗСД (в осях 1-2) находятся лестница и лифт грузоподъемностью 1000 кг. В осях 5-6 находится эксплуатационная лестница ЗКД.

Въезд в ремонтные помещения на отметке 0,000 в осях 4-5 организован через автомобильные ворота и тамбур-шлюз.

В здании не предусматривается естественное освещение.

Здание представляет собой пространственную многопролетную, разноэтажную конструкцию с жесткими узлами, образованными монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями и фундаментной плитой. Подземная часть здания – одноэтажная, составляет единый конструктивный объем с надземной частью. Все толщины конструкций определяются расчетами.

Несущие и ограждающие конструкции здания – монолитные железобетонные наружные, внутренние стены и перекрытия. Перекрытия, представляющие собой монолитные железобетонные плиты толщиной 300 мм и более, располагаются на отметках 0,000; +4,800; +8,400; +12,000; +15,600. Наружные стены толщиной 400 мм плоские, за исключением стен по

оси 6 с пилястрами внутри, воспринимающими нагрузку от мостового крана в помещении мастерских. Внутренние стены и перегородки - из монолитного железобетона толщиной от 200 мм до 400 мм плоские, за исключением внутренней стены в мастерской, которая имеет пилястры для восприятия нагрузок от мостового крана.

Здание блочной дизельной электростанции

Здание блочной дизельной электростанции с баками запаса дизельного топлива (БДЭС) (UBN) относится к III категории по ответственности за ядерную и радиационную безопасность и к II категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Здание блочной дизельной электростанции предназначено для размещения дизель-генератора, который является автономным источником электроснабжения потребителей собственных нужд АЭС, важных для безопасности и обеспечивающих сохранность основного оборудования в режиме обесточивания. В здании также расположены: распределительные устройства дизельной установки, щит управления и помещения систем вентиляции.

Здание блочной дизельной электростанции выполнено отдельностоящим от других зданий и расположено вблизи баков собственных нужд химводоочистки (UGD).

К зданию блочной дизельной электростанции примыкает двухэтажный пешеходный кабельно-трубопроводный тоннель, у оси 3 находится технологический тоннель для связи с подземным промежуточным складом топлива.

Здание блочной дизельной электростанции расположено в осях 3-7 и разделено по всей высоте стеной на одноэтажную часть (помещение дизельной установки) и двухэтажную часть. Помещение дизельной установки оборудовано подвесным электрическим краном грузоподъемностью 5,0 т.

Основная оперативная отметка здания 0,000, на которой расположен дизель-генератор.

Размеры здания в осях 3-7 - 24,00м (без учета подземных конструкций склада дизельного топлива), в осях А-Е - 23,1м и участок шириной 3,3м.

В здании 2 надземных этажа с отметками 0,000 и +4,800м, подвал с отметкой минус 4,200м; отметка плиты покрытия +10,80м.

Склад дизельного топлива для блочной дизельной электростанции, примыкающий подземной частью к технологическому тоннелю на отм. минус 4,200 в составе БДЭС, расположен на отметке минус 5,400 и имеет габариты с учетом толщины стен - 6,8х26,8м (в осях - 6,0х26,0 м).

Склад топлива располагается на отдельной фундаментной плите толщиной 600 мм. Отметка верха плиты минус 5,500.

Здание блочной дизельной электростанции представляет собой единую пространственную конструкцию из монолитного железобетона.

Подземная часть здания состоит из железобетонных наружных и внутренних стен толщиной от 200 до 400 мм, железобетонных колонн и балочно-плитного перекрытия толщиной 400 мм на отметке 0.000.

Надземная часть здания принята из монолитных железобетонных конструкций, отметка перекрытия +4,800, отметка верха кровельного перекрытия +10,800.

Здание резервной дизельной электростанции

Здание резервной дизельной электростанции (РДЭС) с промежуточным складом дизельного топлива (UBS) относится к I категории по ответственности за ядерную и радиационную безопасность и к I категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

Здание РДЭС предназначено для размещения оборудования системы аварийного электроснабжения. Здание разделено железобетонными стенами на четыре части, в которых размещается оборудование полностью автономных четырех каналов безопасности.

Здание РДЭС представляет собой отдельно стоящее здание, расположенное напротив здания безопасности соответствующего энергоблока АЭС.

Габариты здания: максимальная ширина - 39,0 м (в осях 1-6), максимальная длина - 68,4 м, отметки примыкающих к зданию тоннелей минус 3,600 и минус 7,200. Нижняя отметка подвала здания минус 7,200, отметка покрытия здания +10,800.

На покрытии здания РДЭС у оси 1 располагаются четыре надстройки для систем охлаждения дизелей с размерами в плане 12,2х23,2 м высотой 10,0 м. У оси 6 размещена общая надстройка с помещениями установки четырех расходных баков топлива и вентиляционных установок размерами 5,4х69,0 м высотой 5,5 м.

Таким образом, на покрытии предусматривается эксплуатируемая кровля с выходами на четыре лестницы. Лестницы имеют выход непосредственно наружу на отметке 0.000.

В здании нет радиоактивных систем, поэтому оно относится к зоне свободного доступа.

Здание РДЭС разделено на четыре изолированных канала безопасности. В каждый из четырех зон предусматриваются лестничные клетки с площадками от отметки минус 7,200 до +4,800. Лифтов в здании нет.

Из здания паровой камеры по пешеходному тоннелю на отметке минус 3,600 персонал попадает на двухмаршевую лестницу, по которой спускается на отметку минус 7,200 здания РДЭС, а далее на каждую из четырех лестниц зон безопасности здания. Из здания насосной станции ответственных потребителей по тоннелям четырех каналов безопасности на отметке минус 3,600 персонал также может попадать в помещения здания РДЭС.

Вдоль оси 6 к зданию примыкают технологический туннель с габаритными размерами 7,7х69,0 м глубиной с отм. минус 5,3 м до минус 0,65 м.

Далее располагается промежуточный склад топлива с габаритными размерами 9,3х79,2 м с отметки минус 6,7 м до минус 0,65 м. Выход из склада предусмотрен по внутренней лестничной клетке с размерами надземной части 6,5х8,9 м с высотой по покрытию 3,4 м.

Фундамент здания РДЭС состоит из монолитных железобетонных плит толщиной 1000 мм. Плита в осях 1-3 расположена на отметке минус 8,3 м (верх плиты минус 7,3 м).

Плита в осях 3-6 – на отметке минус 4,7 м (верх плиты минус 3,7 м).

Фундаментные плиты технологического туннеля и склада топлива имеют толщину 600 мм, низ плит расположен соответственно на отметках минус 5,3 м и минус 6,7 м.

Подземные железобетонные конструкции фундаментной плиты и стен подвала до отметки 0,000, соприкасающиеся с грунтом, защищены с наружной стороны гидроизоляцией, с устройством деформационно-осадочных швов и утеплением подземных частей здания РДЭС и сооружений.

Здание РДЭС представляет собой пространственную, многопролетную, разноэтажную конструкцию с жесткими узлами, образованными монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями, внутренними колоннами и фундаментной плитой. Подземная часть здания двухэтажная, она составляет единый конструктивный объем с трехэтажной надземной частью. Все толщины стен и перекрытий приняты на основании прочностного расчета.

Несущие и ограждающие конструкции здания РДЭС – наружные и внутренние стены, перекрытия монолитные железобетонные. Перекрытия, представляющие собой сплошные монолитные плиты толщиной 1400 мм, покрытие – 600 мм, расположены на отметках минус 3,600; 0,000; +4,800; +10,800. Наружные стены имеют толщину 600 мм и рассчитаны, как и покрытие, на внешние экстремальные нагрузки. Внутренние стены и перегородки предусмотрены из монолитного железобетона толщиной 200 мм и более.

Технологический туннель и промежуточный склад топлива представляют собой единые конструкции прямоугольной формы, разделенные по числу каналов безопасности монолитными железобетонными перегородками на четыре объема.

Здание турбины

Здание турбины (UMA) расположено торцом к зданию реактора. Ось здания турбины совпадает с осью здания реактора.

К зданию турбины примыкают Здание водоподготовки (UGB), Здание электроснабжения нормальной эксплуатации (UBA), Здание теплофикации (UNC).

Здание турбины относится ко II категории по ответственности за радиационную и ядерную безопасность и к категории II по сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

В здании турбины находится оборудование и трубопроводы систем нормальной эксплуатации важных для безопасности третьего класса и систем нормальной эксплуатации четвертого класса, не влияющих на безопасность в соответствии с нормативными требованиями.

В здании турбины отсутствуют радиоактивные системы, поэтому здание турбины относится к «чистой» зоне (зоне свободного режима).

Расчеты здания турбины произведены с целью оценки деформаций, прочности и трещиностойкости строительных конструкций при действии основных технологических и природных нагрузок.

Сооружение относится к II категории по ответственности за радиационную и ядерную безопасность, поэтому при расчете здания турбины нагрузки от падения самолета, взрывной волны, экстремального снега и ветра не учитываются. Учитываются экстремальные нагрузки, связанные с отказами турбины и генератора.

Длина здания 121 м определена в соответствии с длиной турбоагрегата и выема ротора генератора внутри здания. Ширина здания 51 м определена шириной турбоустановки и достаточным местом для установки сепараторов – пароперегревателей турбоустановки.

Шаг основных колонн здания составляет 9,0 м и 10,2 м определен в соответствии с габаритами турбины и учетом оптимизации строительных издержек.

Ось турбины на отметке +18,100. Отметка обслуживания турбины (главное перекрытие здания турбины) +16,000 определена в соответствии с габаритами турбины.

Отметка подвала минус 6,000 определена в соответствии с размерами конденсаторов турбины.

Фундамент здания представляет собой сплошную монолитную железобетонную плиту толщиной 2000 мм и размещается на отметке минус 6,000 (отметка верха плиты). В местах прохода кабельных трасс под фундаментной плитой предусмотрены кабельные тоннели.

Подземные железобетонные конструкции фундаментной плиты и стен подвала до отметки 0,000, соприкасающиеся с грунтом, защищены с наружной стороны гидроизоляцией. Под плитой предусмотрено устройство пластового дренажа для снижения уровня грунтовых вод.

Фундамент турбоагрегата выполнен виброизолированным в монолитном железобетоне с гибкой арматурой.

Эффективным конструктивным решением фундамента быстроходного турбоагрегата, обеспечивающим оптимальные вибрационные характеристики, является виброизоляция, выполненная на основе цилиндрических пружин. При таком фундаменте основные собственные частоты системы турбоагрегат–фундамент лежат значительно ниже рабочей частоты турбоагрегата. Этим достигается низкий уровень эксплуатационной вибрации. Кроме того, для виброизолированного фундамента исключается влияние конструкции остальной части здания на динамическое поведение системы в режиме нормальной эксплуатации.

Здание турбины имеет двухярусное обслуживание мостовыми кранами грузоподъемностью 220+220/32+6,3 т или мостовыми кранами грузоподъемностью 50/16+6,3 т и 15 т.

Насосы питательной воды обслуживаются мостовым электрическим краном грузоподъемностью 16 т/3,2 т, установленным под отметкой +7,800.

В здании турбины находится маслonaполненное оборудование, расположенное в изолированных помещениях (категории В1 в соответствии с нормами и правилами по пожарной безопасности), являющихся самостоятельными пожарными зонами. Помещения имеют предел огнестойкости ограждающих строительных конструкций не ниже REI90 в соответствии с нормативными требованиями.

Основные помещения здания турбины согласно нормативным требованиям имеют категорию Г.

В маслосистемах в здании турбины применяется огнестойкое масло ОМТИ.

Все помещения с маслonaполненным оборудованием категории В оснащены автоматическими установками пожаротушения распыленной водой. Здание турбины оборудовано установками охлаждения ферм кровли.

В целях повышения уровня пожарной безопасности в соответствии с требованиями Норм и Правил на маслonaполненном оборудовании приняты технологические решения, направленные на минимизацию проливов масла ОМТИ в помещениях здания турбины:

- основные маслопроводы турбоустановки проложены в железобетонных каналах;
- напорные маслопроводы изготавливаются из бесшовных труб усиленного сортамента;
- применяется стальная арматура, преимущественно с концами под приварку; в напорных маслопроводах применяются фланцевые соединения повышенной плотности типа «шип – паз».

Здание электроснабжения нормальной эксплуатации

Здание электроснабжения нормальной эксплуатации (УВА) со стороны примыкает к зданию турбины (УМА) и отделено антисейсмическими швами.

К зданию электротехнических устройств со стороны оси 1 примыкают два кабельных тоннеля.

Здание электроснабжения нормальной эксплуатации предназначено для размещения электротехнических систем и систем СКУ нормальной эксплуатации и также включает в себя обеспечивающие системы вентиляции, водоснабжения, канализации и пожаротушения.

По санитарному зонированию все помещения здания электротехнических устройств относятся к зоне свободного доступа.

Здание электроснабжения нормальной эксплуатации имеет эксплуатационные и эвакуационные проходы в здание турбины (УМА) и в здание теплофикации (UNC) на отметках минус 7,200; минус 3,600; 0,000; +8,400. Связь между этажами здания осуществляется по лестничным клеткам.

Здание представляет собой пространственную, многопролетную, разноэтажную конструкцию с жесткими узлами, образованными монолитными железобетонными наружными и внутренними стенами, перекрытиями, внутренними колоннами и фундаментной плитой. Подземная часть здания – двухэтажная и составляет единый конструктивный объем с трехэтажной надземной частью. Все толщины стен и перекрытий определяются расчетом, поскольку в здании нет радиоактивных систем и оборудования.

Несущие и ограждающие конструкции здания электроснабжения нормальной эксплуатации – монолитные железобетонные наружные, внутренние стены, перекрытия и внутренние колонны.

Здание электроснабжения нормальной эксплуатации относится ко II категории по ответственности за безопасность и ко II категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями.

В здании размещено электротехническое оборудование и оборудование систем СКУ ЭЧ нормальной эксплуатации, вентиляционные камеры, кабельные помещения, кабельные коридоры и тоннели, а также кабельные, вентиляционные и трубопроводные шахты.

Пожарное зонирование в соответствии с нормативными требованиями для здания электроснабжения нормальной эксплуатации не требуется.

Пределы огнестойкости строительных конструкций пожароопасных помещений предусмотрены в соответствии с требованиями норм и правил.

Кабельные коммуникации здания относятся к системам нормальной эксплуатации и имеют ответственное значение в обеспечении работы блока в режимах нормальной эксплуатации АЭС.

Здание имеет кабельные соединения со всеми зданиями энергоблока. Эти соединения осуществляются напрямую или по кабельным сооружениям через другие здания.

Здания насосных станций пожаротушения

Для промплощадки Белорусской АЭС предусмотрены два здания насосных станций пожаротушения.

Основная пожарная насосная станция размещена в здании объединенной насосной станции хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водоснабжения 00USG, которая является объектом первоочередного строительства. Забор воды осуществляется из резервуаров запаса воды противопожарного и производственного водоснабжения 01UGF, 02UGF.

Резервные пожарные насосы размещены в здании насосной станции потребителей здания турбины 20URD, сооружение которой произведено со строительством первого энергоблока. Забор воды осуществляется из камеры чистой воды в насосной 20URD.

Обе насосные станции территориально разнесены друг от друга в пределах промплощадки АЭС и имеют независимую друг от друга подачу воды в наружную сеть общестанционного противопожарного водопровода. Резервные пожарные насосы используются только при потере основной пожарной насосной станции, размещаемой в здании объединенной насосной станции 00USG.

Для системы автоматических установок водяного пожаротушения для основных зданий и сооружений первого энергоблока SGD предусмотрена насосная станция автоматического водяного пожаротушения 20USG.

Забор воды осуществляется из резервуаров запаса воды 21UGF, 22UGF

Здание объединенной насосной станции противопожарного, хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения 00USG с резервуарами запаса воды и камерами фильтров-поглотителей предназначено для размещения оборудования систем противопожарного водоснабжения SGA, хозяйственно-питьевого водоснабжения GKC и производственного водоснабжения GHD.

Конструктивно здание объединенной насосной станции противопожарного, хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения 00USG с резервуарами запаса воды и камерами фильтров-поглотителей представляет собой отдельно стоящее здание с четырьмя резервуарами и двумя камерами фильтров-поглотителей. Все сооружения, за исключением насосной станции 00USG, расположены в обваловке из растительного грунта для поддержания постоянной температуры воды в резервуарах запаса воды.

Комплекс сооружений объединенной насосной станции 00USG относится к третьей категории по ответственности за радиационную и ядерную безопасность в соответствии с нормативными требованиями.

Объединенная насосная станция противопожарного, хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения 00USG с резервуарами запаса воды противопожарного и производственного водоснабжения 01UGF, 02UGF относятся к третьей категории сейсмостойкости в соответствии с нормами и правилами.

Комплекс сооружений объединенной насосной 00USG относится к зоне свободного доступа.

Здание эксплуатируется без постоянного обслуживающего персонала.

Здание насосной станции 00USG расположено на расстоянии 400 метров от оси здания реактора 20UJA.

Здание насосной станции автоматического водяного пожаротушения 20USG с резервуарами запаса воды предназначено для размещения оборудования системы автоматических установок пожаротушения 20SGD.

Конструктивно здание насосной станции автоматического водяного пожаротушения 20USG с резервуарами запаса воды представляет собой отдельно стоящее здание с трубопроводным коридором и двумя резервуарами. Все сооружения, за исключением насосной станции 20USG, расположены в обваловке из растительного грунта для поддержания постоянной температуры воды в резервуарах запаса воды.

Здание насосной станции с резервуарами запаса воды 20USG относятся ко второй категории по ответственности за радиационную и ядерную безопасность и ко второй категории сейсмостойкости в соответствии с нормативными требованиями, и рассчитываются на землетрясение интенсивностью до ПЗ включительно.

Сооружения гражданской обороны

Для защиты наибольшей по численности работающей смены персонала атомной станции мирного времени, рабочих и служащих, обеспечивающих функционирование и жизнедеятельность станции, включая личный состав воинских и пожарных частей, случае возникновения чрезвычайной ситуации в мирное время, а также в особый период (военное время) и в период выполнения противоаварийных работ на промплощадке Белорусской АЭС предусмотрено строительство защитных сооружений гражданской обороны – убежищ ГО.

Потребный фонд убежищ ГО определен с учетом очередности строительства, размещением зданий и сооружений на генеральном плане.

В границах проектной застройки проектом предусмотрено строительство двух отдельно стоящих заглубленных убежищ на 600 и 1200 укрываемых.

Системы жизнеобеспечения убежищ ГО рассчитаны на пяти суточное непрерывное пребывание в них укрываемых. Предусмотрен режим полной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха.

В соответствии с нормативными требованиями в составе сооружений пожарного депо предусмотрено строительство защитного сооружения для укрытия дежурной пожарной смены.

Защищенный пункт управления противоаварийными действиями на территории АС (ЗПУПД АС)

ЗПУПД АС предназначен для размещения оперативного состава и укрытия персонала, функционирует во всех режимах работы АС и имеет все необходимые системы для обеспечения живучести, обитаемости 100 человек на время пять суток, а также физической защиты.

ЗПУПД АС выполняет функции:

- информационно-управляющего центра атомной станции;
- штаба по локализации и ликвидации последствий аварии в случае выхода ее за рамки локального инцидента и приобретения региональных масштабов, в случаях чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени;
- центра получения, передачи и обработки информации в объемах важных параметров эксплуатации блока, параметров безопасности, контроля и прогнозирования радиационной обстановки на территории АС, в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и в зоне наблюдения (ЗН);
- тренажера для руководителей противоаварийных служб.

Защищенный пункт управления противоаварийными действиями в городе при АС (ЗПУПД Г)

ЗПУПД Г выполняет функции:

- в случае необходимости – ЗПУПД АС;
- получения и обработки информации в объеме важных параметров эксплуатации блока АС и контроля радиационной обстановки на АС, в СЗЗ и в ЗН;

– тренажера для руководителей противоаварийных служб.

Архитектурно-строительные, компоновочные и другие инженерные решения убежищ ГО и ЗПУПД выполнены в соответствии с нормативными требованиями.

Строительные конструкции защитных сооружений ГО и ЗПУПД рассчитаны на восприятие внешних нагрузок от воздушной ударной волны. Расчет на динамические нагрузки произведен в соответствии с нормативными требованиями в зависимости от класса сооружения.

Пункты специальной обработки (ПуСО) организуются в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с радиационными авариями на АЭС, после определения границ зоны возможно-опасного радиоактивного загрязнения (ЗВОРЗ).

ПуСО предназначены для проведения радиационного контроля, специальной обработки одежды и подвижного состава и санитарной обработки людей, привлекаемых к ликвидации последствий аварии и обслуживанию работающих реакторов.

Перечень зданий, сооружений и параметры внешних воздействий природного и техногенного происхождения

Учитываемое в проекте внешнее воздействие	Наименование (код KKS) здания, сооружения	Проектный предел стойкости здания, сооружения при нагрузках от внешних воздействий, включая нагрузку от эффекта их взаимообусловленного сочетания и взаимодействия	Природные и техногенные воздействия, характерные для площадки Белорусской АЭС
Воздействие воздушной ударной волны	20UJA, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS, 21-22UQC, 21-22URR, 21-22URS	Действие воздушной ударной волны с давлением во фронте 30 кПа и длительностью фазы сжатия 1 с	Действие воздушной ударной волны с давлением во фронте < 30 кПа и длительностью фазы сжатия 1 с
Воздействие торнадо, урагана, смерча	20UJA, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS, 21-22UQC, 21-22URR, 21-22URS	Действие урагана (смерча) интенсивностью F3,6 по шкале Фуджиты	Действие урагана (смерча) интенсивностью F2,5 по шкале Фуджиты
Экстремальная ветровая нагрузка	20UJA, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS, 21-22UQC, 21-22URR, 21-22URS	Экстремальная ветровая нагрузка, скорость ветра 61 м/с	Экстремальная ветровая нагрузка, скорость ветра 54 м/с
Экстремальная снеговая нагрузка	20UJA, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS, 21-22UQC, 21-22URR, 21-22URS	Экстремальная снеговая нагрузка, интенсивностью 4,3 кПа	Экстремальная снеговая нагрузка, интенсивностью 3,0 кПа
Экстремальная климатическая температура	20UJA, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS, 21-22UQC, 21-22URR, 21-22URS	Экстремальные климатические температуры, равные +52° С и минус 61° С	Экстремальные климатические температуры, равные +34,6° С и минус 39,8° С
Нагрузка от удара самолета	20UJA, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS	Падение самолета массой 5,7 т со скоростью 100 м/с	Введена запретная зона для полетов
Сейсмическая нагрузка МРЗ	20UJA, 20UJG, 20UJE, 20UKD, 20UKA, 20UCB, 20UBS, 21-22UQC, 21-22URR, 21-22URS, 21-24UQZ, 21-28URZ, 21-24UBZ, 20UJZ	Максимальное расчетное землетрясение, 7 баллов по шкале MSK-64 (УНП = 0,17g по результатам сейсмической квалификации оборудования)	Максимальное расчетное землетрясение, 7 баллов по шкале MSK-64 (УНП = 0,1059g по результатам)
Сейсмическая нагрузка ПЗ	20UKH, 20UKT, 20UKC, 20UBN, 20UMA, 20UBA, 20UGB, 20UNC, 20URA, 20URD, 21-22URJ, 20URZ, 25UBZ, 20UKZ, 00UNY, 20UUB, 22UUB, 23UUB, 21-23UGS	Проектное землетрясение, 6 баллов по шкале MSK-64	Проектное землетрясение, 6 баллов по шкале MSK-64

Выводы

Здания и сооружения Белорусской АЭС спроектированы с учетом указанных проектных воздействий в соответствии с действующей нормативной базой Республики Беларусь и Российской Федерации, документов МАГАТЭ. В проекте использованы также европейские и американские нормы.

Безопасность АЭС, в части строительных конструкций, обеспечена.

Как показали проведенные стресс-тесты, имеется значительный запас для зданий и сооружений по отношению к внешним природным воздействиям.