

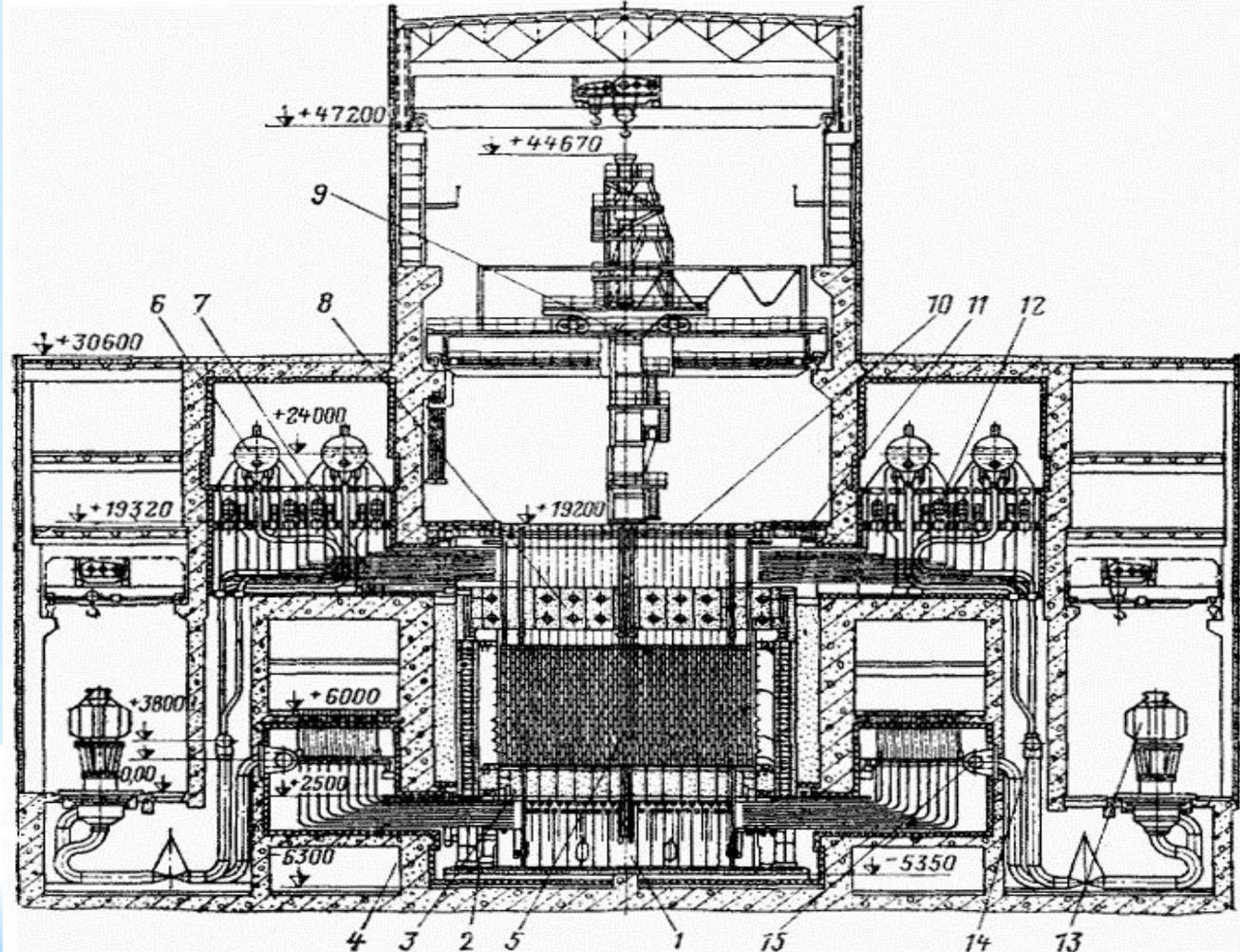
Конструкция реактора РБМК

Разработка РБМК явилась значительным шагом в развитии атомной энергетики СССР, поскольку такие реакторы позволяют создать крупные АЭС большой мощности.

Энергоблоки с реакторами РБМК электрической мощностью 1000 МВт (РБМК-1000) находятся в эксплуатации на Ленинградской, Курской, Чернобыльской АЭС, Смоленской АЭС. Они зарекомендовали себя как надежные и безопасные установки с высокими технико-экономическими показателями. Если их специально не взрывать. *

Реакторный зал установки РБМК-100





Общий вид реактора РБМК: *1* - опорная металлоконструкция; *2* - индивидуальные водяные трубопроводы; *3* - нижняя металлоконструкция; *4* - боковая биологическая защита; *5* - графитовая кладка; *6* - барабан-сепаратор; *7* - индивидуальные пароводяные трубопроводы; *8* - верхняя металлоконструкция; *9* - разгрузочно-загрузочная машина; *10* - верхнее центральное перекрытие; *11* - верхнее боковое перекрытие; *12* - система контроля герметичности оболочек твэлов; *13* - главный циркуляционный насос; *14* - всасывающий коллектор; *15* -напорный коллектор.

*

Реактор размещен в бетонной шахте размером 21,6 x21,6x25,5 м. Нижняя плита толщиной 2 м и диаметром 14,5 м состоит из цилиндрической обечайки и двух листов, в которые герметично вварены трубные проходки для топливных каналов и каналов управления.. Весь объем внутри плиты между проходками заполнен серпентинитом, благодаря чему она, являясь биологической защитой, обеспечивает возможность проведения работ в под реакторном пространстве во время остановки реактора.

Нижняя плита через сварную металлоконструкцию в виде креста опирается на бетонное основание шахты реактора. Реактор окружен боковой защитой в виде кольцевого бака с водой, который установлен на опорных конструкциях, крепящихся к бетонному основанию шахты реактора. Наружный диаметр бака равен 19 м, внутренний на высоте 11 м - 16,6 м. На верхнем торце бака на 16 Катковых опорах установлена верхняя плита, аналогичная по конструкции нижней. Толщина верхней плиты 3 м, диаметр 17,5 м. Вокруг верхней плиты имеется дополнительная боковая защита в виде кольцевого бака с водой высотой 3,2 м, наружным диаметром 19 м, а внутренним 17,8 м.

Нижняя и верхняя плиты соединены между собой герметичным кожухом из листового проката толщиной 16 мм. В нижней части кожуха имеются компенсаторы линейного удлинения с толщиной стенки 8 мм. Вверху и внизу кожух и бак боковой защиты соединены диафрагмами с компенсаторами, линейных удлинений. Таким образом, между кожухом и боковой защитой образуется кольцевая, также герметичная, полость.

Внутри герметичного кожуха реактора на нижней плите установлена графитовая кладка реактора, состоящая из 2488 вертикальных графитовых колонн, собранных из прямоугольных блоков высотой 200, 300, 500 и 600 мм, с основанием 250x250 мм и внутренним отверстием диаметром 114 мм. 1693 колонны предназначены для установки в них топливных каналов, 179 - для каналов СУЗ реактора, а остальные являются боковым отражателем. В отверстиях периферийных колонн установлены металлические охлаждаемые водой штанги, фиксирующие графитовую кладку при перемещениях в радиальном направлении.

Каждая графитовая колонна установлена на опорный стакан, прикрепленный к нижней плите. На опорные же стаканы крепится стальная диафрагма толщиной 5 мм, предназначенная для уменьшения теплопередачи излучением от кладки к нижней плите и для организации распределения потока газа внутри реактора. Для кладки реактора используется графит плотностью 1,65 г/см³. Общий эквивалентный диаметр кладки 13,8 м (диаметр активной зоны 11,8 м, толщина бокового отражателя 1 м). Высота кладки 8 м (высота активной зоны 7 м, толщины торцевых отражателей по 0,5 м).

Внутренняя полость реактора заполнена прокачиваемой через кладку азотно-гелиевой смесью с небольшим избыточным давлением, благодаря чему обеспечивается нейтральная атмосфера для находящегося при высокой температуре графита, что предотвращает его выгорание. В результате добавки гелия увеличивается теплопроводность газовой смеси и улучшаются условия теплоотвода от графитовой кладки к теплоносителю внутри каналов. Газовая среда реактора служит также для вентиляции внутриреакторного пространства и для контроля целостности каналов.

Откачка газа из реактора осуществляется из вваренных в верхнюю плиту проходок-стояков по индивидуальным импульсным трубкам, проложенным над верхней плитой. Газ в эти трубки поступает снизу кладки, проходя вдоль канала. В случае нарушения целостности канала газ увлажняется, что и определяется проводимым анализом влажности газа. Полость вокруг кожуха реактора заполнена азотом, давление которого несколько больше давления газа внутри кожуха. Благодаря этому исключаются утечки газа из внутриреакторного пространства через кожух.

В вертикальные сквозные отверстия, образованные стояками нижней и верхней плит и отверстиями в графитовых колоннах, вставляются 1693 топливных канала и 179 каналов для стержней СУЗ реактора. Каналы представляют собой трубчатую конструкцию, состоящую из центральной, выполненной из циркониевого сплава части на высоте активной зоны и нижней и верхней концевых частей, выполненных из нержавеющей стали. Концевые части присоединяются к центральной циркониевой трубе через заранее изготовленные переходники сталь-цирконий.

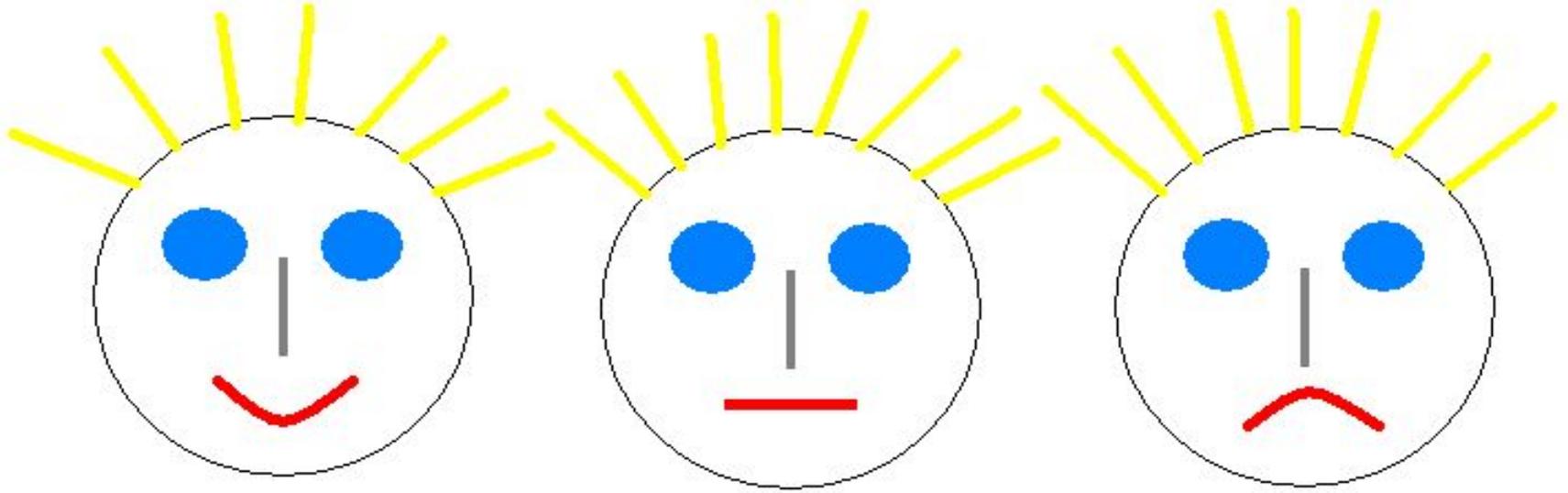
Циркониевая часть топливного канала изготовлена из трубы $\varnothing 88 \times 4$, а канала СУЗ из трубы $\varnothing 88 \times 3$. Длина топливного канала 18,2 м, диаметр в нижней части 60 мм, а в верхней 121 мм, длина канала СУЗ 21,3 м. Каналы привариваются к внутренней поверхности стояков верхней плиты, а со стояками нижней плиты соединяются через сильфонные узлы, обеспечивающие компенсацию линейных удлинений канала при разогреве и в результате осевой ползучести циркониевого сплава. Тем самым в пределах реактора формируется тракт для теплоносителя, образуемый собственно технологическим каналом и частью стояков верхней плиты выше шва приварки каналов к этим стоякам.

На циркониевую часть канала надеты разрезные графитовые кольца. Эти кольца через одно плотно облегают трубу канала или прижаты к поверхности отверстия графитовой кладки. По торцам кольца имеют плотный контакт. Разрезные кольца обеспечивают теплопередачу от графитовой кладки к теплоносителю, протекающему в канале, и дают возможность изменяться размерам каналов за счет ползучести, и отверстиям в графите за счет усадки.

К нижним частям каналов приварены трубопроводы для подхода в топливных каналах и для отвода в каналах СУЗ теплоносителя. К стоякам выше мест вварки в них каналов также приварены трубопроводы для отвода теплоносителя в топливных и для подвода — в каналах СУЗ.

Трубопроводы подвода воды к топливным каналам - нижние водяные коммуникации имеют диаметр 57 мм, а толщину стенки 3,5 мм. Вода в них поступает из 44 групповых коллекторов (по 22 коллектора на каждую сторону реактора). К групповым коллекторам вода подается от напорных коллекторов главных циркуляционных насосов. Вся разводка как подводящих, так и отводящих трубопроводов выполнена симметрично относительно осевой плоскости. Также симметрично расположено и основное оборудование реакторной установки

Индивидуальные трубопроводы для отвода пароводяной смеси от каналов к сепараторам - пароводяные коммуникации диаметром 76 мм и толщиной стенки 4 мм образуют два ряда перед входом в каждый сепаратор. Между этими рядами установлены специальные короба с биологической защитой, внутри которых перемещаются детекторы контроля герметичности оболочек ТВЭЛОВ (КГО). С определенным интервалом времени детекторы проходят мимо каждого трубопровода с теплоносителем, фиксируя при этом активность теплоносителя в нем. В случае разгерметизации оболочек ТВЭЛОВ в каком-либо канале активность в трубопроводе возрастет, что и зафиксируется системой КГО, которая вырабатывает сигнал, по которому ТВС с дефектными ТВЭлами должна быть извлечена из канала.



Спасибо за внимание!

