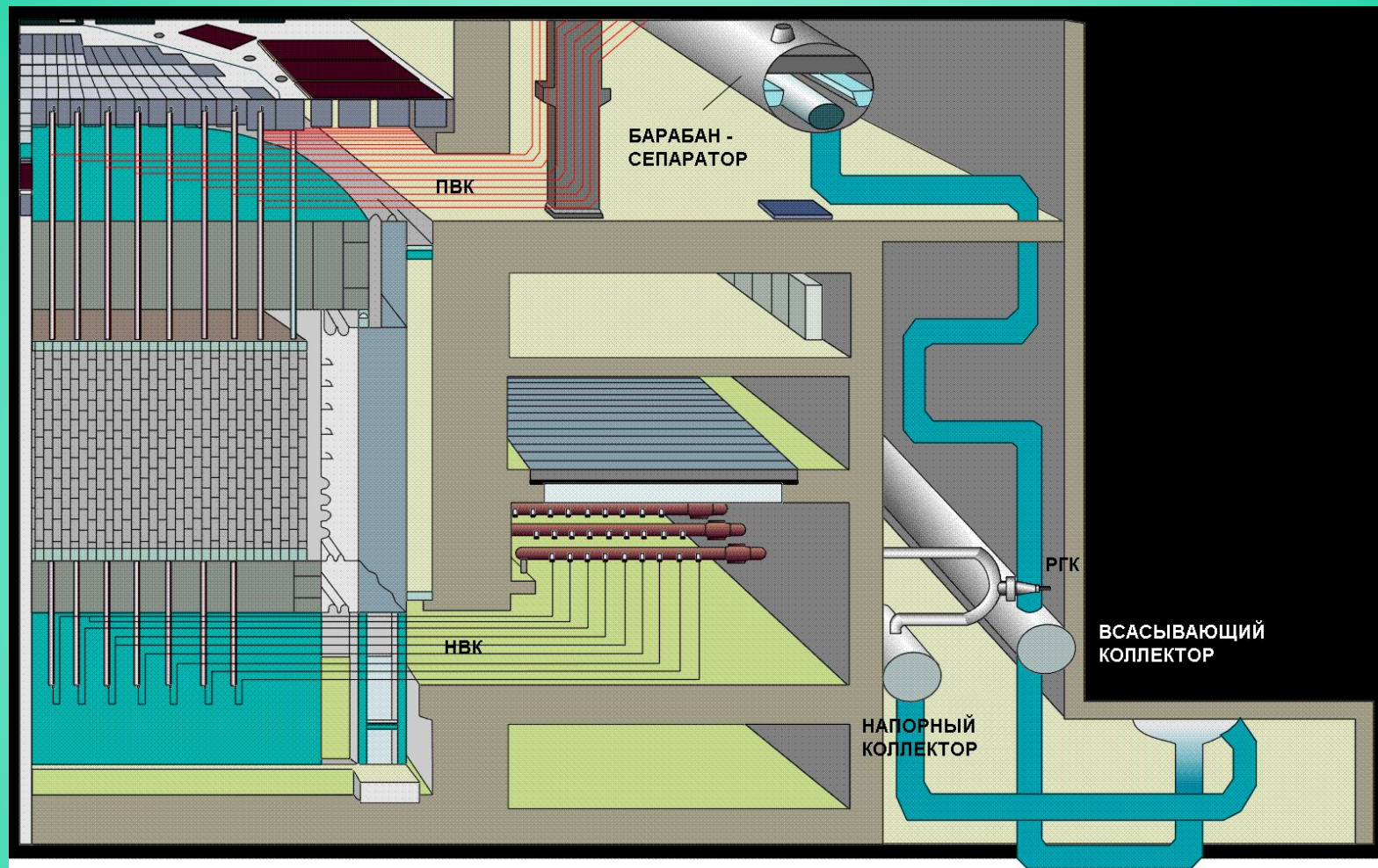


КОНСТРУКЦИЯ РЕАКТОРА РБМК-1000

Конструкция реактора РБМК-1000, металлоконструкции реактора схемы «Е», «ОР», «КЖ», «Л», «Д», «Г», «С» и их назначение

Промежуточные учебные цели:

- 1 Объяснить назначение и основные технические характеристики РБМК-1000.**
- 2 Перечислить основные принципы и критерии обеспечения безопасности РБМК-1000.**
- 3 Объяснить назначение и расположение МК реактора.**
- 4 Назвать характеристики МК.**



Петля циркуляции теплоносителя

Основные принципы и критерии обеспечения безопасности

Основным принципом обеспечения безопасности, положенным в основу проекта реакторной установки РБМК-1000, является не превышение установленных доз по внутреннему и внешнему облучению обслуживающего персонала и населения, а также нормативов по содержанию радиоактивных продуктов в окружающей среде при нормальной эксплуатации и рассматриваемых в проекте авариях.

Комплекс технических средств обеспечения безопасности реакторной установки РБМК-1000 осуществляет выполнение функций:

- надежного контроля и управления энергораспределением по объему активной зоны;
- диагностики состояния активной зоны для своевременной замены потерявших работоспособность конструктивных элементов;
- автоматического снижения мощности и останова реактора в аварийных ситуациях;
- надежного охлаждения активной зоны при выходе из строя различного оборудования;

- аварийного охлаждения активной зоны при разрывах трубопроводов циркуляционного контура, паропроводов и питательных трубопроводов.
- обеспечения сохранности конструкций реактора при любых исходных событиях;
- оснащения реактора защитными, локализирующими, управляющими системами безопасности и отвода выбросов теплоносителя при разгерметизации трубопроводов из реакторных помещений в систему локализации;
- обеспечения ремонтнопригодности оборудования в процессе эксплуатации реакторной установки и при ликвидации последствий проектных аварий.

Перечень исходных событий

применительно к реакторным установкам РБМК-1000 последних модификаций включает более 30 аварийных ситуаций, которые могут быть разделены на 4 основных принципа:

- ситуации с изменением реактивности;
- аварии в системе охлаждения активной зоны;
- аварии, вызванные разрывом трубопроводов;
- ситуации с отключением или отказом оборудования.

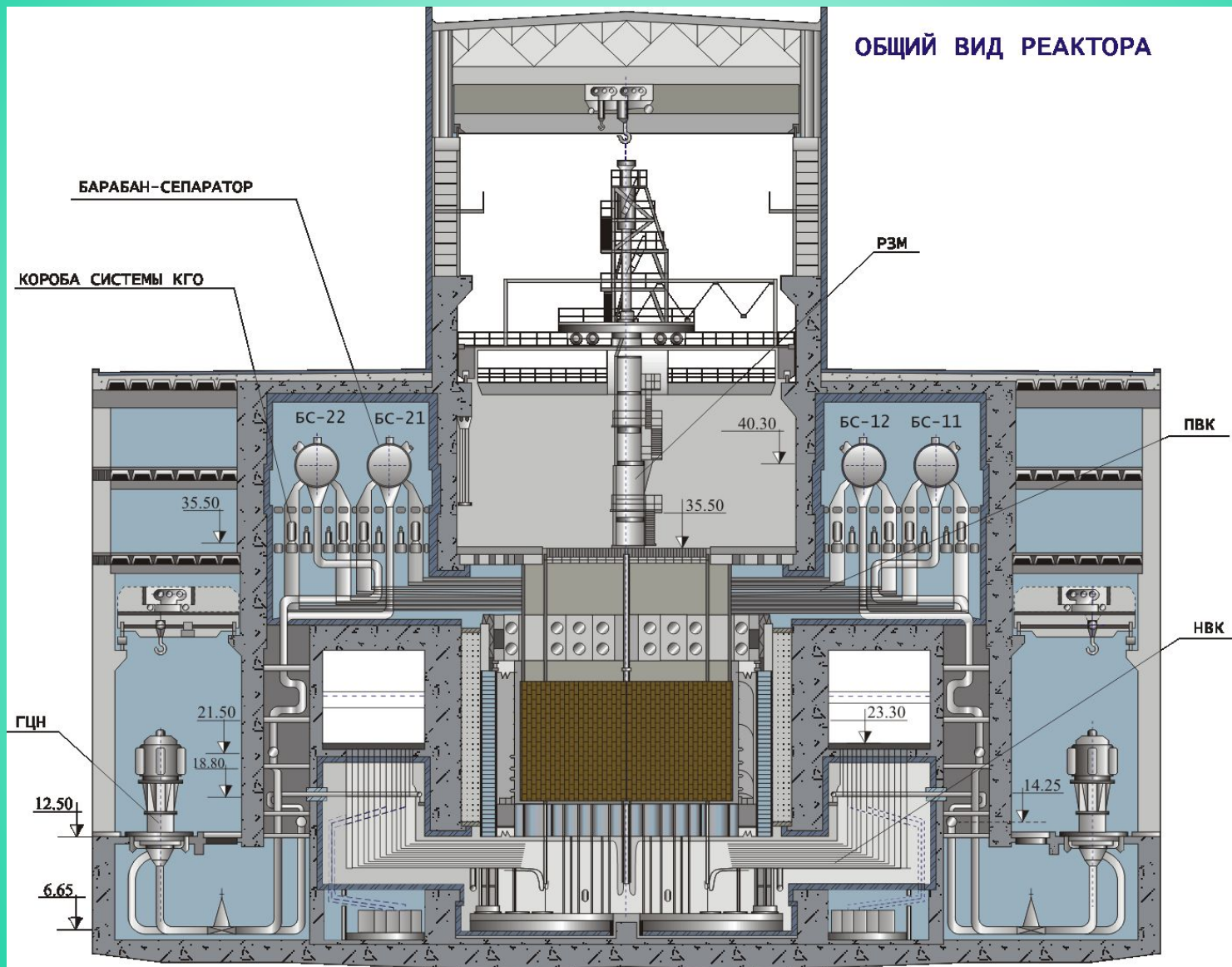
В проект реакторной установки РБМК-1000 при анализе аварийных ситуаций и разработке средств обеспечения безопасности заложены в соответствии с ОПБ-82 следующие критерии безопасности:

1. в качестве максимальной проектной аварии рассматривается разрыв трубопровода максимального диаметра с беспрепятственным двухсторонним истечением теплоносителя при работе реактора на номинальной мощности;
2. 1-проектный предел повреждения твэлов для условий нормальной эксплуатации составляет: 1% твэлов с дефектами типа газовой неплотности и 0,1% твэлов с прямым контактом теплоносителя и топлива;

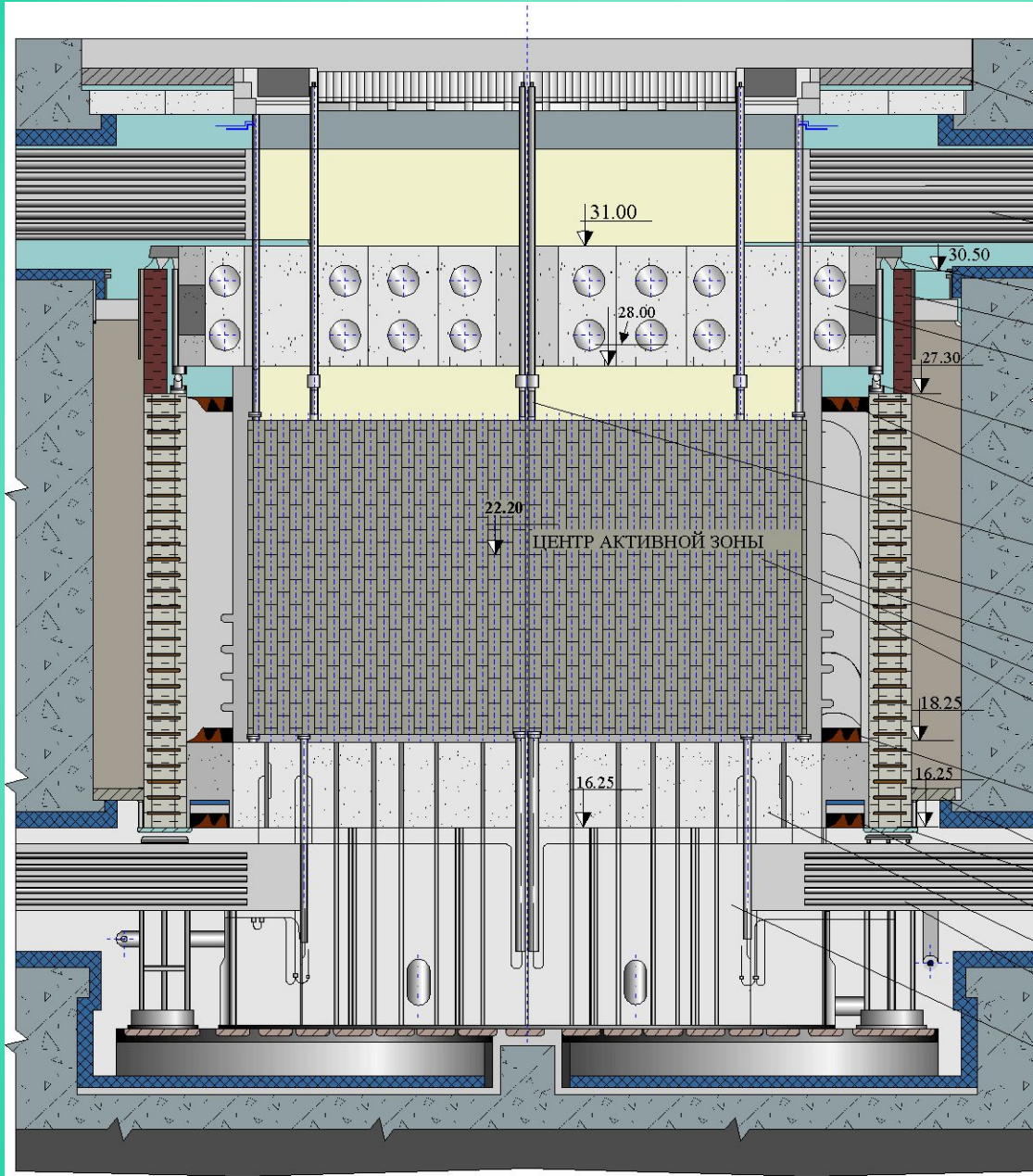
3. 2-проектный предел повреждения твэлов при разрывах трубопроводов циркуляционного контура и включении системы аварийного охлаждения устанавливает:

- температуру оболочек твэлов - не более 1200 °С;
- локальную глубину окисления оболочек твэлов - не более 18 % первоначальной толщины стенки;
- долю прореагировавшего циркония - не более 1 % массы оболочек твэлов каналов одного раздаточного коллектора;
- должна быть обеспечена возможность выгрузки активной зоны и извлекаемость технологического канала из реактора после МПА.

Назначение реактора РБМК-1000

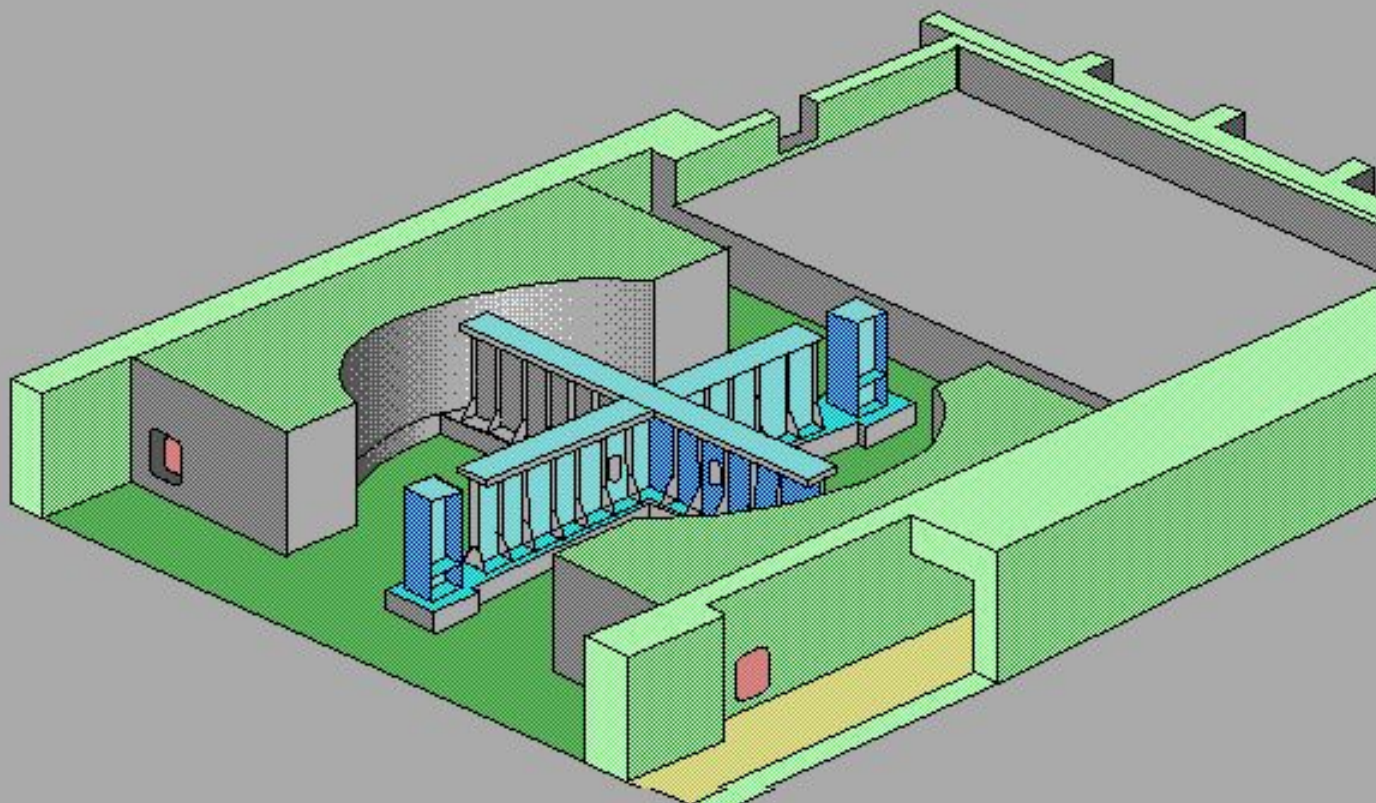


ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ РЕАКТОРА

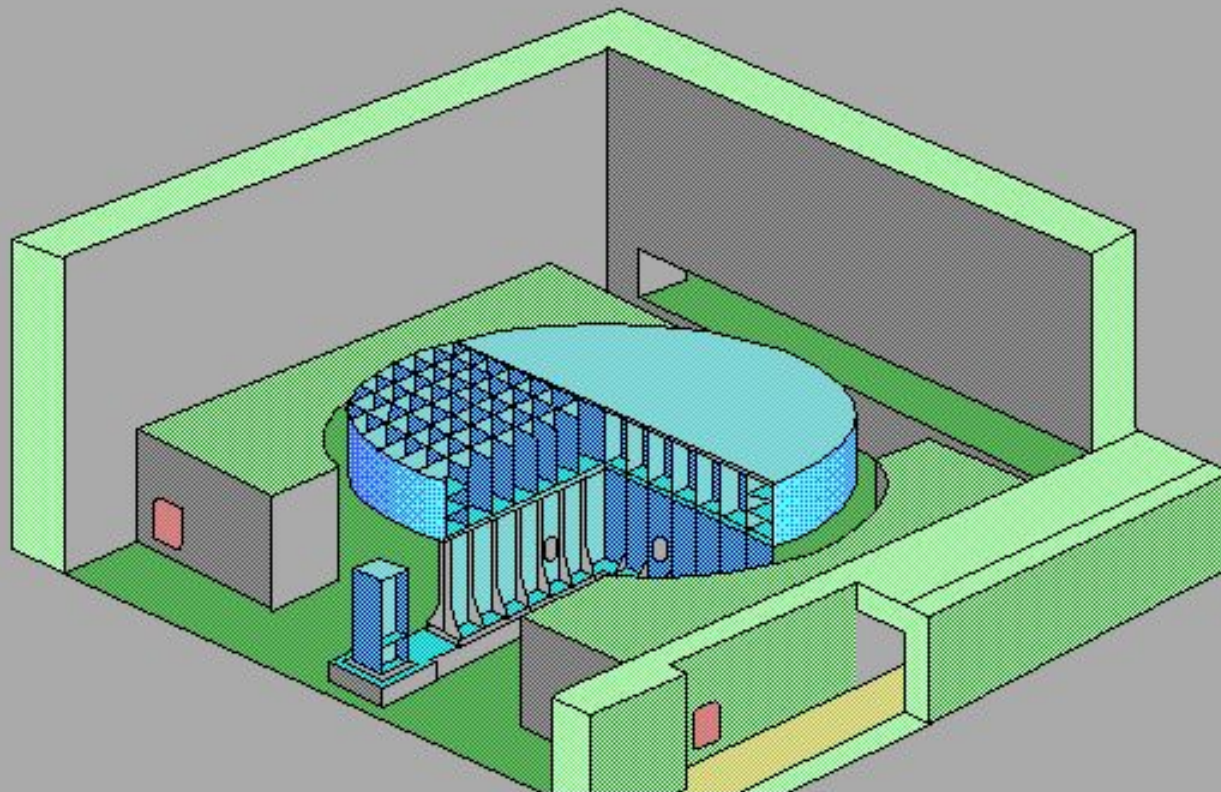


- СХЕМА "Г"
- ПЛИТНЫЙ НАСТИЛ
- ПВК
- ВЕРХНИЙ КОМПЕНСАТОР СХЕМЫ "Е"
- СХЕМА "Д"
- СХЕМА "Е"
- ОПОРА КАТКОВАЯ
- НИЖНИЙ КОМПЕНСАТОР СХЕМЫ "Е"
- ТРАКТ ТК
- СХЕМА "Л"
- СХЕМА "КЖ"
- ГРАФИТОВАЯ КЛАДКА
- КОМПЕНСАТОР СХЕМЫ "КЖ"
- ВЕРХНИЙ КОМПЕНСАТОР СХЕМЫ "ОР"
- СХЕМА "Э"
- НИЖНИЙ КОМПЕНСАТОР СХЕМЫ "ОР"
- СХЕМА "ОР"
- НВК
- СХЕМА "С"

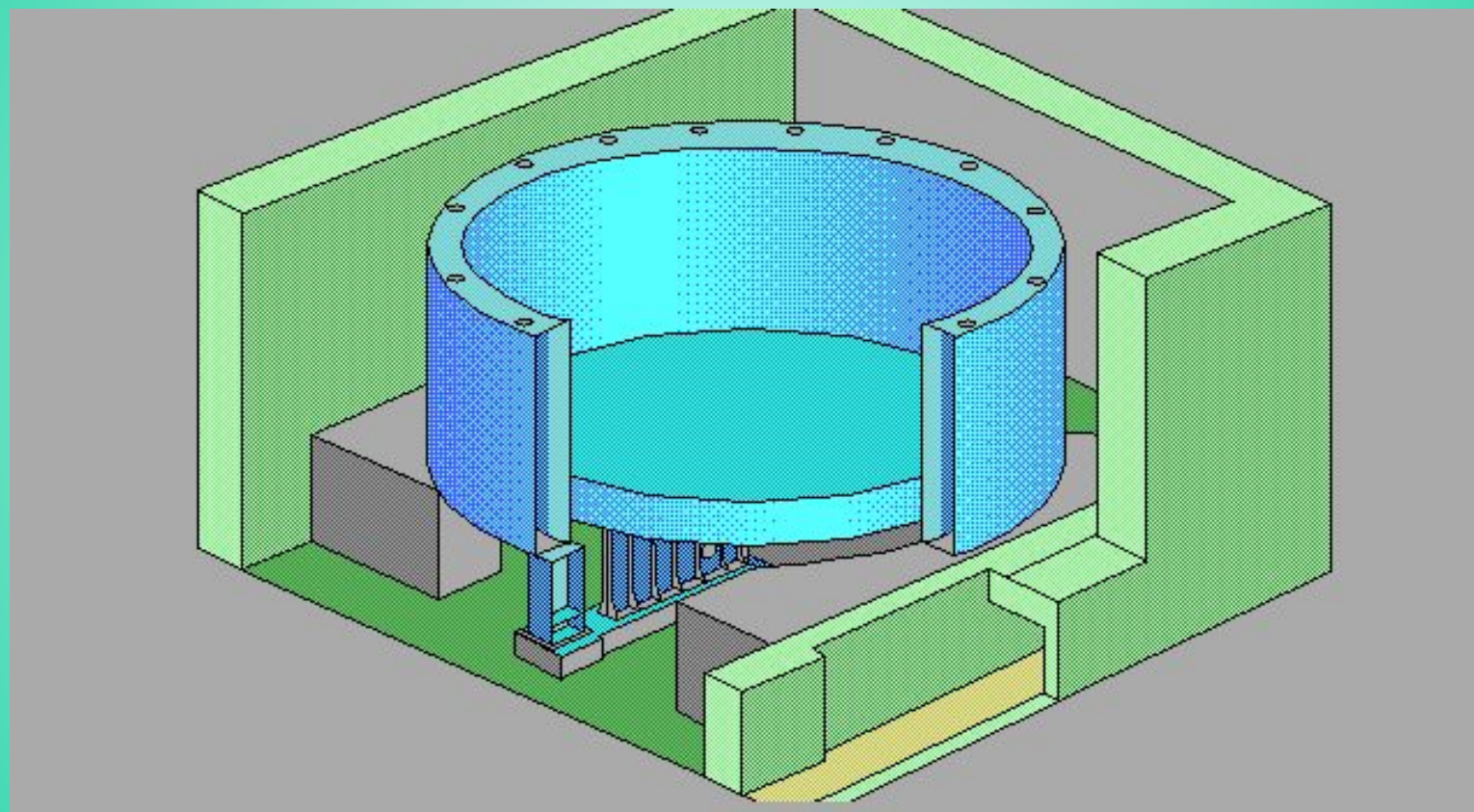
Металлоконструкция схемы «С»



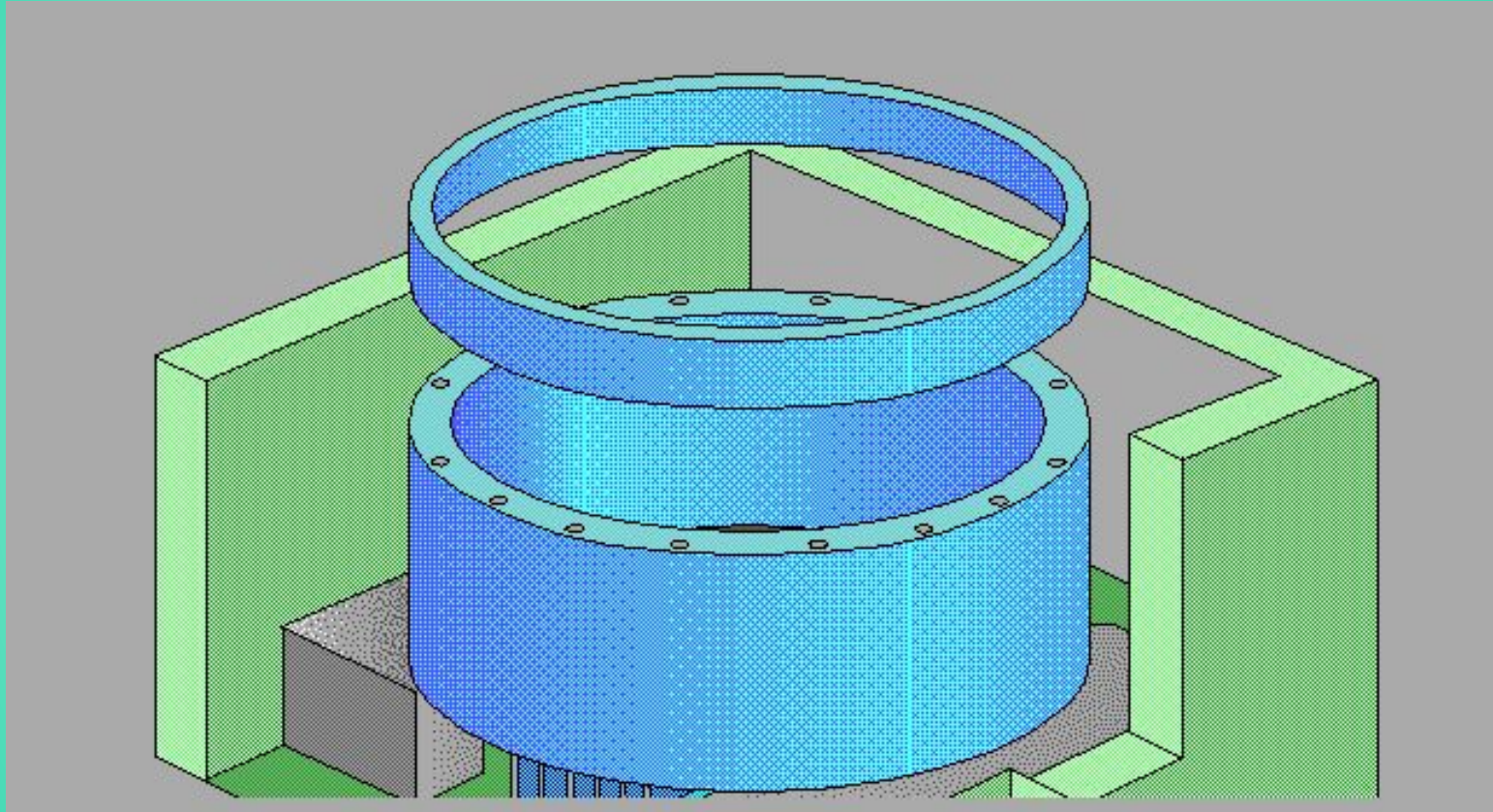
Металлоконструкция схемы «ОР»



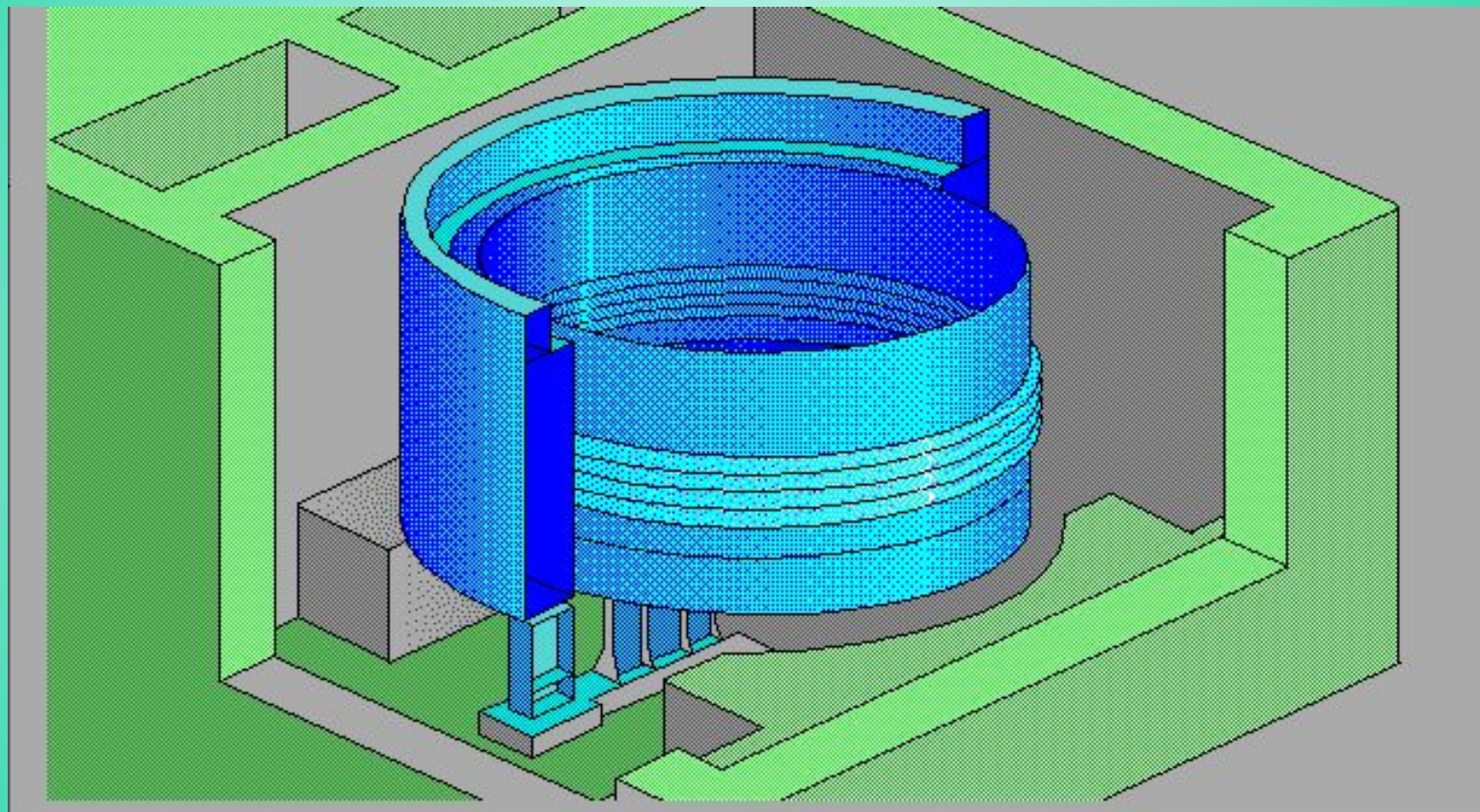
Металлоконструкция схемы «Л»



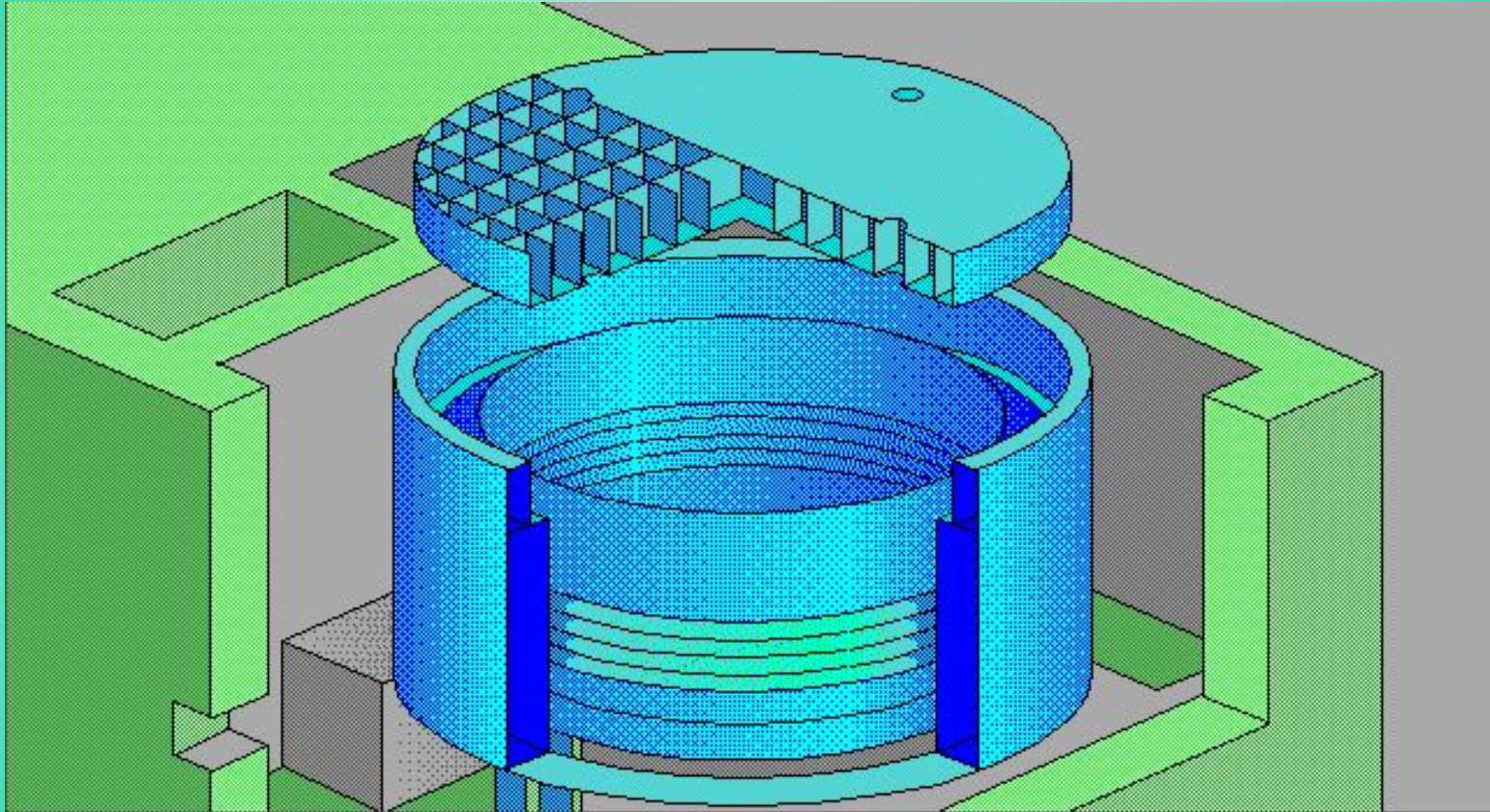
Металлоконструкции схем «Л и Д»



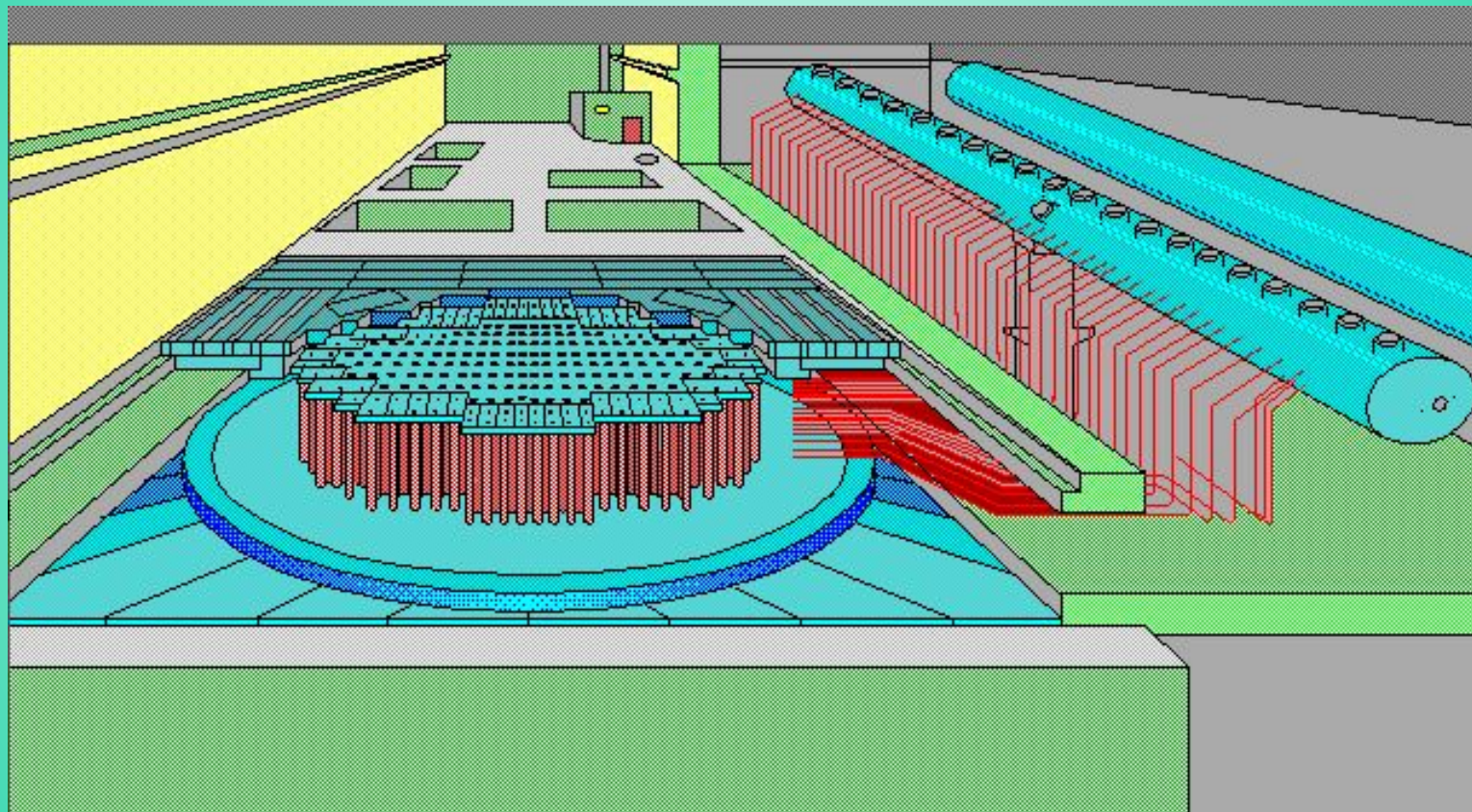
Металлоконструкция схемы "КЖ"



Металлоконструкция схемы "Е"



Металлоконструкция схемы "Г"



СОСТАВ И УСТРОЙСТВО АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА

Промежуточные учебные цели:

- 1** Объяснить конструкцию графитовой кладки реактора.
- 2** Назвать материалы входящие в состав активной зоны.
- 3** Перечислить требования ОПБ и ПБЯ к активной зоне.
- 4** Объяснить устройство технологических каналов.
- 5** Объяснить устройство ТВС, ДП.

Активная зона

Активная зона -- основная конструктивная часть реактора -сформирована на основании расчетно-теоретических исследований, имеет форму вертикального цилиндра диаметром 12,0 м и высотой 7 м., окружена боковым отражателем толщиной 1 м. и торцевыми отражателями по 0,5 м.

В состав активной зоны входят:

- топливная загрузка;
- технологические каналы;
- каналы СУЗ и КОО;
- стержни СУЗ;
- теплоноситель;
- графитовая кладка.

Требования нормативных документов к активной зоне

Требования ОПБ-88/97

В проекте АЭС должны быть установлены в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии пределы повреждения (количество и степень повреждения) твэлов и связанные с этим уровни радиоактивности теплоносителя реактора по ядерным изотопам.

Активная зона и другие системы, определяющие условия ее работы, должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключалось превышение установленных пределов безопасной эксплуатации повреждения твэлов на протяжении установленного для них срока использования в реакторе.

Активная зона должна быть спроектирована таким образом, чтобы при нормальной эксплуатации и проектных авариях обеспечивались ее механическая устойчивость и отсутствие деформаций, нарушающих нормальное функционирование средств воздействия на реактивность и аварийный останов реактора или препятствующих охлаждению ТВЭЛОВ.

Следует стремиться к тому, чтобы оцененное на основе вероятностного анализа безопасности значение суммарной вероятности тяжелых запроектных аварий не превышало 10^{-5} на реактор в год.

Активная зона вместе со всеми ее элементами, влияющими на реактивность, должна быть спроектирована таким образом, чтобы любые изменения реактивности с помощью органов регулирования и эффектов реактивности в эксплуатационных состояниях и при проектных и запроектных авариях не вызывали неуправляемого роста энерговыделения в активной зоне, приводящего к повреждению ТВЭЛов сверх установленных проектных пределов.

Характеристики ядерного топлива, конструкции реактора и другого оборудования первого контура (включая систему очистки теплоносителя) с учетом работы других систем не должны допускать при тяжелых запроектных авариях, в том числе с расплавлением топлива, образования вторичных критических масс.

В случае осуществления такой возможности техническими мерами должно быть обеспечено непревышение предельного аварийного выброса

Требования ПБЯ РУ АС-89

Конструкция и регламент эксплуатации РУ должны обеспечивать не превышение эксплуатационных пределов повреждения ТВЭлов при нормальной эксплуатации.

Активная зона должна быть спроектирована таким образом, чтобы любые изменения реактивности при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях не приводили к нарушению соответствующих пределов повреждения твэлов.

Справка.

Дополнительные требования по безопасности АС с РУ типа РБМК.

Эксплуатационный предел повреждения твэлов за счет образования микротрещин не должен превышать 0,2% твэлов с дефектами типа газовой неплотности оболочек и 0,02% твэлов при прямом контакте ядерного топлива с теплоносителем.

Предел безопасной эксплуатации, определяющий допустимый уровень активности теплоносителя первого контура, по количеству и величине дефектов твэлов составляет: 1% твэлов, с дефектами типа газовой неплотности и 0,1% твэлов, для которых имеет место прямой контакт теплоносителя и ядерного топлива.

Максимальный проектный предел повреждения ТВЭлов соответствует не превышению следующих предельных параметров:

- ♦ температура оболочек ТВЭлов – не более 1200°С;**
 - ♦ локальная глубина окисления оболочек ТВЭлов – не более 18% от первоначальной толщины стенки;**
- доля прореагировавшего циркония не более 1% его массы в оболочках твэлов.**

Значения коэффициентов реактивности по удельному объему теплоносителя, по температуре топлива и теплоносителя, по его паросодержанию и по мощности не должны быть положительными во всем диапазоне изменения параметров реактора при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях.

В техническом проекте РУ должно быть показано, что при проектных авариях, связанных с быстрым увеличением реактивности, удельная пороговая энергия разрушения ТВЭЛов на каждый момент кампании не превышаетя и плавление топлива исключено, а для запроектных аварий приведены условия, при которых возможно плавление топлива и/или превышение удельной пороговой энергии разрушения ТВЭЛов.

В техническом проекте РУ должно быть установлено соответствие между пределами повреждения ТВЭЛов и активностью теплоносителя первого контура по реперным изотопам. При этом должны быть учтены требования к системам очистки теплоносителя.

В обоснование выполнения требований по не превышению пределов безопасной эксплуатации по повреждениям тепловыделяющих элементов при нарушениях нормальной эксплуатации в техническом проекте РУ должен быть выполнен анализ теплотехнической надежности активной зоны с обоснованием достаточности предусмотренных техническим проектом РУ запасов.

Конструкция и исполнение активной зоны должны быть такими, чтобы при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях не превышались соответствующие пределы повреждения твэлов с учетом:

- ◇ проектного количества режимов и их проектного протекания;
- ◇ тепловой, механической и радиационной деформации компонентов активной зоны;
- ◇ физико-химического взаимодействия материалов активной зоны;
- ◇ предельных значений теплотехнических параметров;
- ◇ вибрации и термоциклирования, усталости и старения материалов;
- ◇ влияния продуктов деления и примесей в теплоносителе на коррозию оболочек ТВЭлов;
- ◇ воздействия радиационных и других факторов, ухудшающих механические характеристики материалов активной зоны и целостность оболочек ТВЭлов.

В техническом проекте РУ должна быть обоснована и ее компонентов после проектной аварии. технически обеспечена возможность выгрузки активной зоны

Активная зона и исполнительные механизмы СУЗ должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключались заклинивание, выброс рабочих органов или их самопроизвольное расцепление с приводами СУЗ.

В техническом проекте РУ должно быть показано, что при непредусмотренном перемещении наиболее эффективных одного или группы рабочих органов СУЗ, не происходит нарушений пределов безопасной эксплуатации по повреждениям твэлов, с учетом срабатывания АЗ без одного наиболее эффективного рабочего органа АЗ.

При нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях должна исключаться возможность непредусмотренных перемещений и/или деформаций элементов активной зоны, вызывающих увеличение реактивности и ухудшение условий теплоотвода, приводящих к повреждению ТВЭЛов сверх соответствующих проектных пределов.

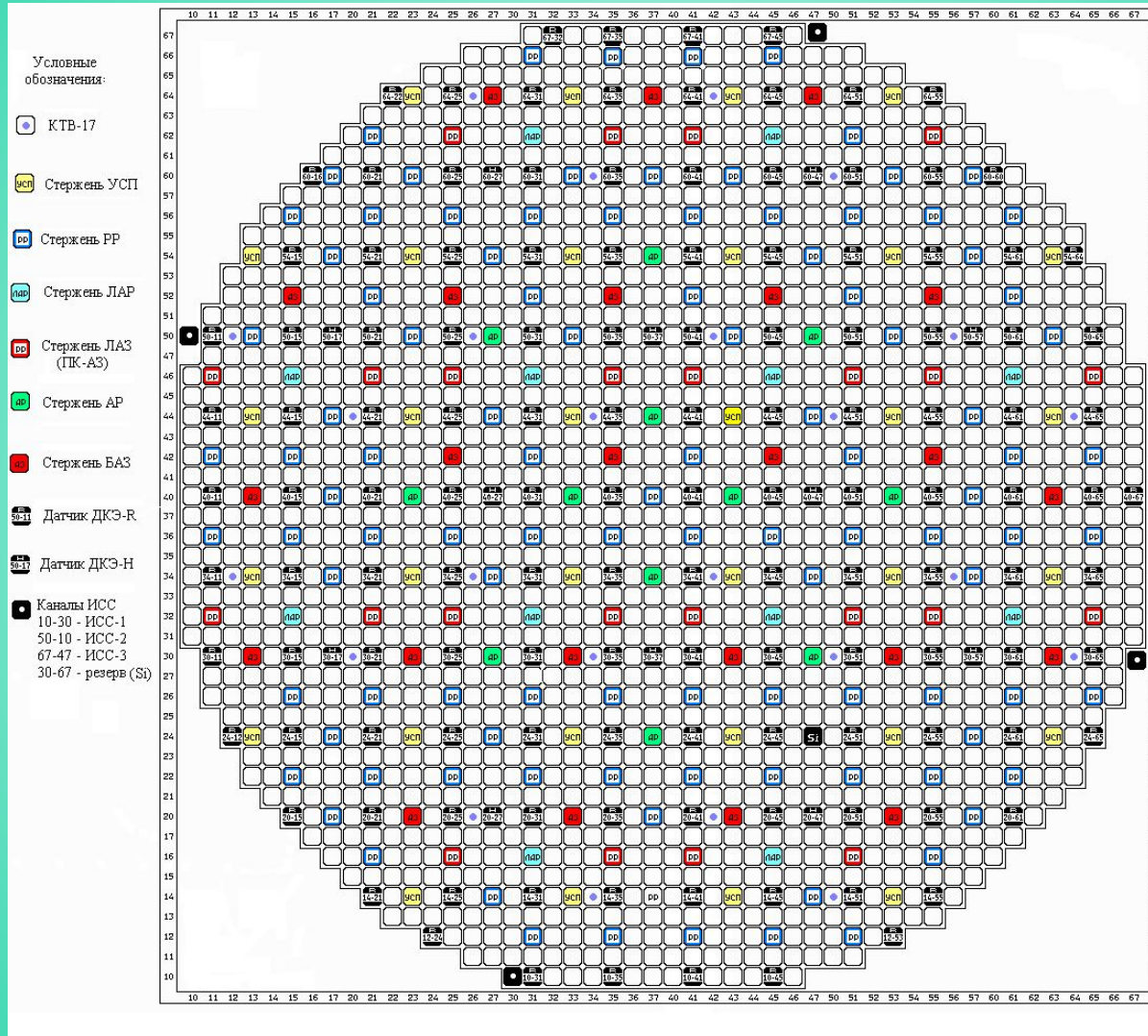
Характеристики активной зоны и средств воздействия на реактивность должны быть такими, чтобы введение в активную зону и/или отражатель средств воздействия на реактивность для любой комбинации их расположения при нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации и проектных авариях обеспечивало ввод отрицательной реактивности на любом участке их движения.

Конструкция тепловыделяющих сборок должна быть такой, чтобы деформации ТВЭЛов и других элементов ТВС, возможных при нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации и проектных авариях, не вызывали перекрытия проходного сечения ТВС, приводящего к повреждению ТВЭЛов сверх соответствующих пределов, и не препятствовали нормальному функционированию рабочих органов СУЗ.

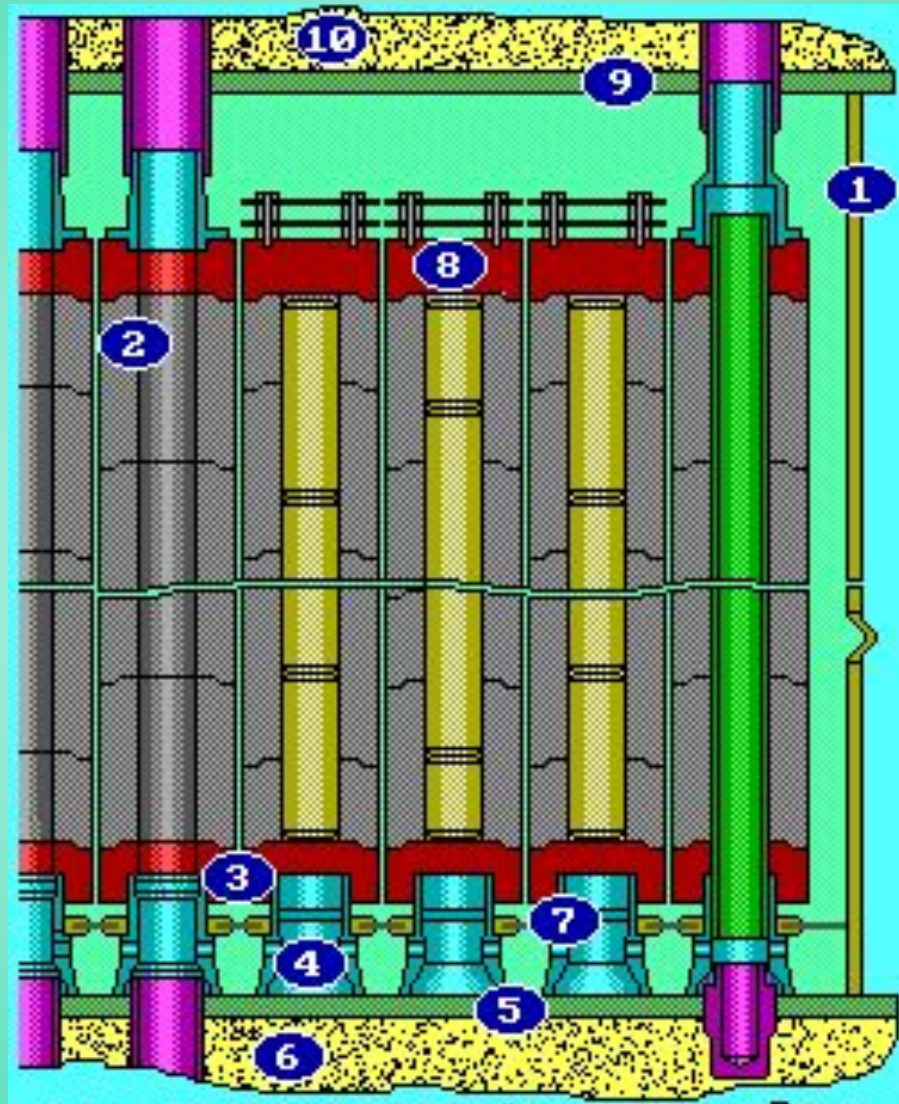
Конструкция ТВС должна иметь отличительные знаки, характеризующие обогащение топлива в ТВЭлах, которые различаются визуально и/или с помощью устройств перегрузки.

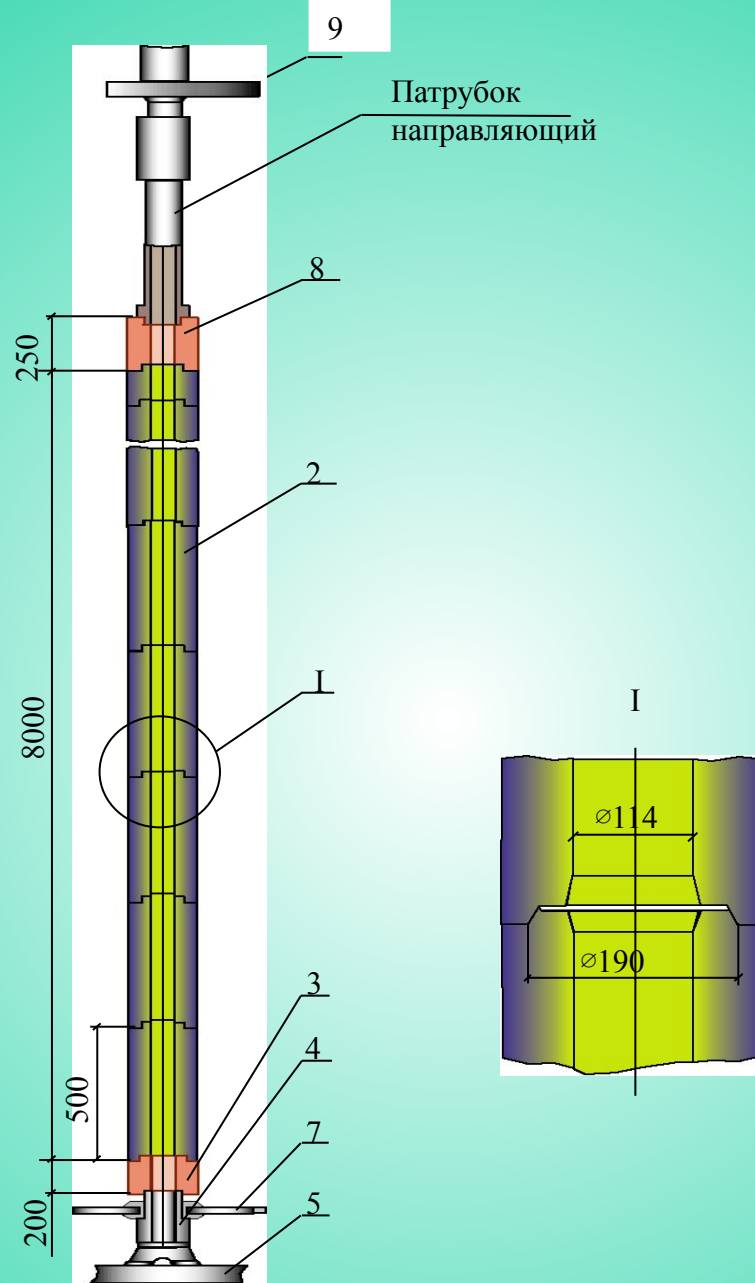
ТВЭлы различного обогащения, специальные выгорающие поглотители, ТВЭлы с выгорающим поглотителем в топливе, ТВЭлы со смешанным топливом и т.п. должны иметь отличительные знаки, которые различаются визуально и/или промышленными средствами контроля при сборке ТВС.

Система координат реактора

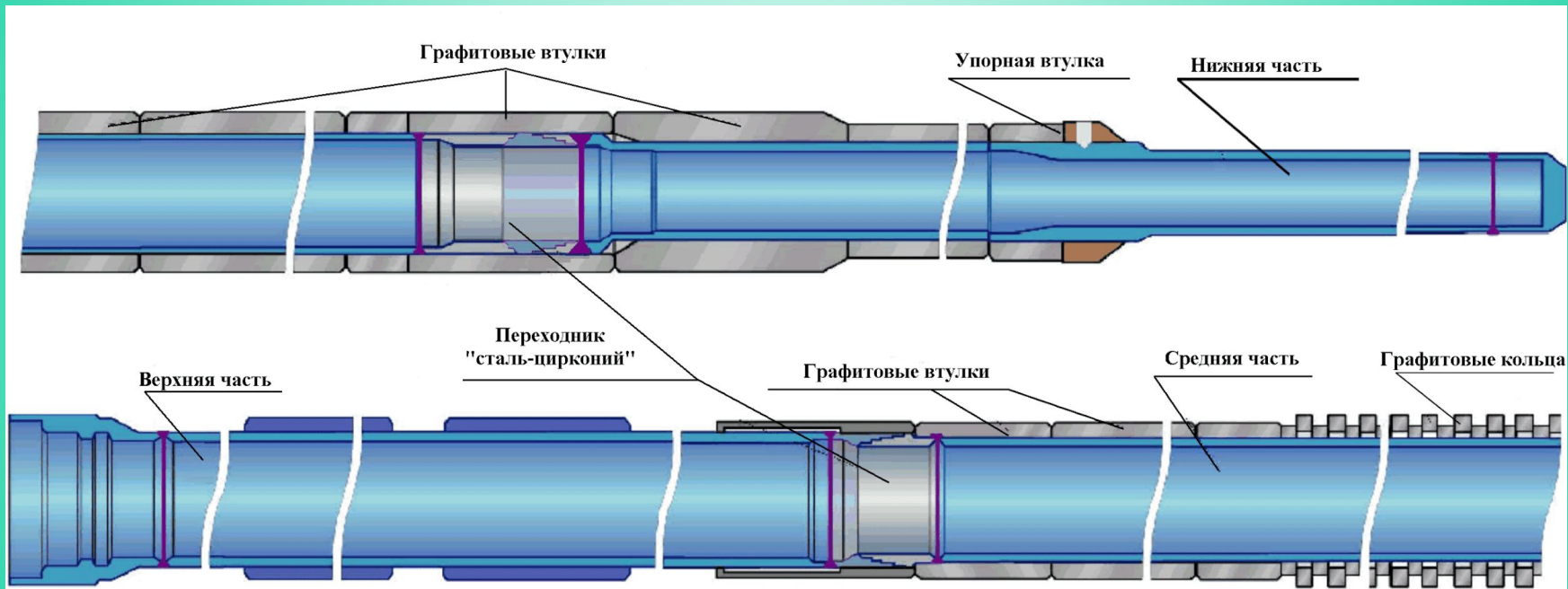


Графитовая кладка



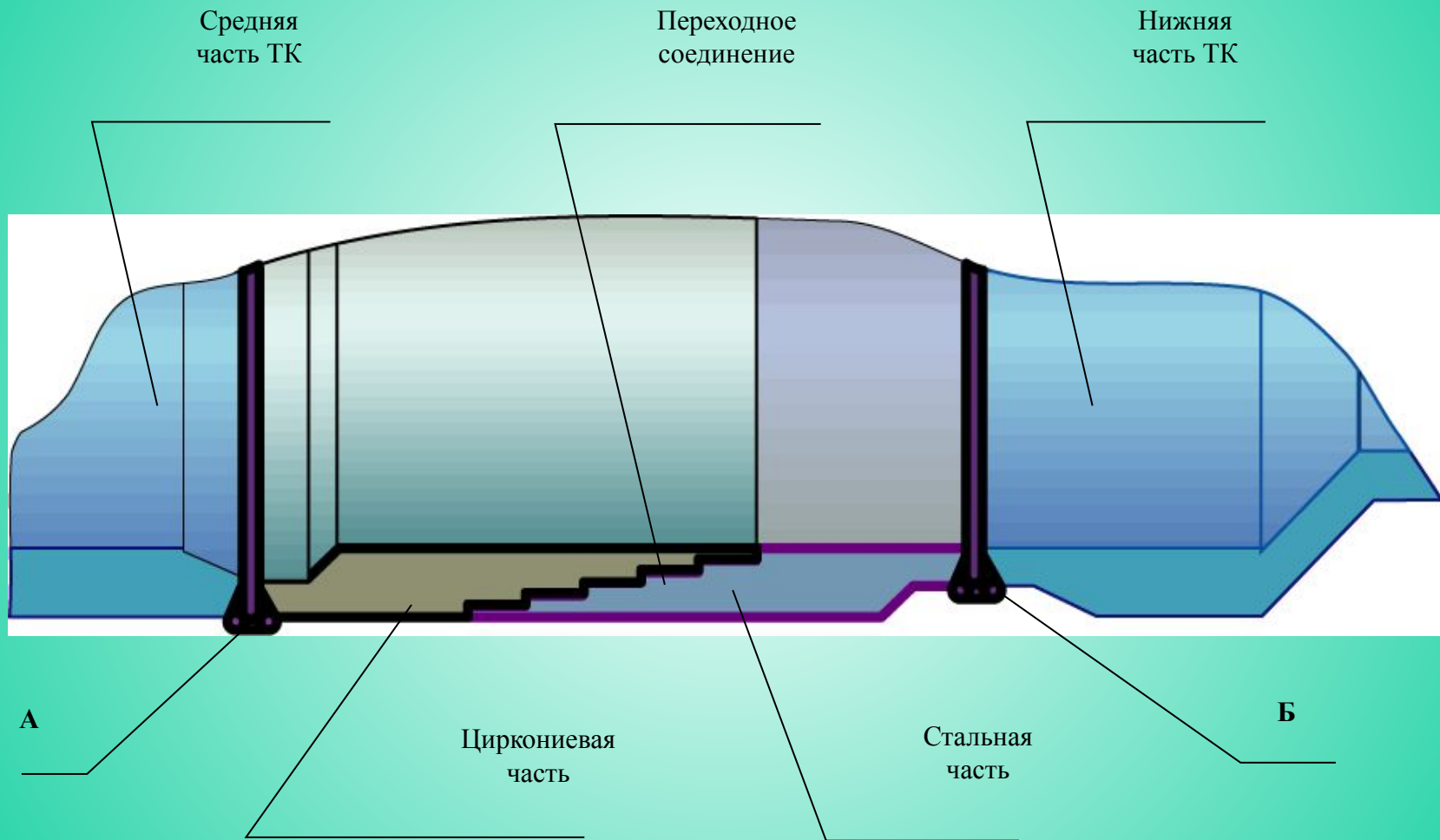


Графитовая колонна



Корпус технологического канала

Переходник сталь-цирконий



КОНСТРУКЦИЯ РЕАКТОРА РБМК–1000