

# Атомные реакторы

разновидности



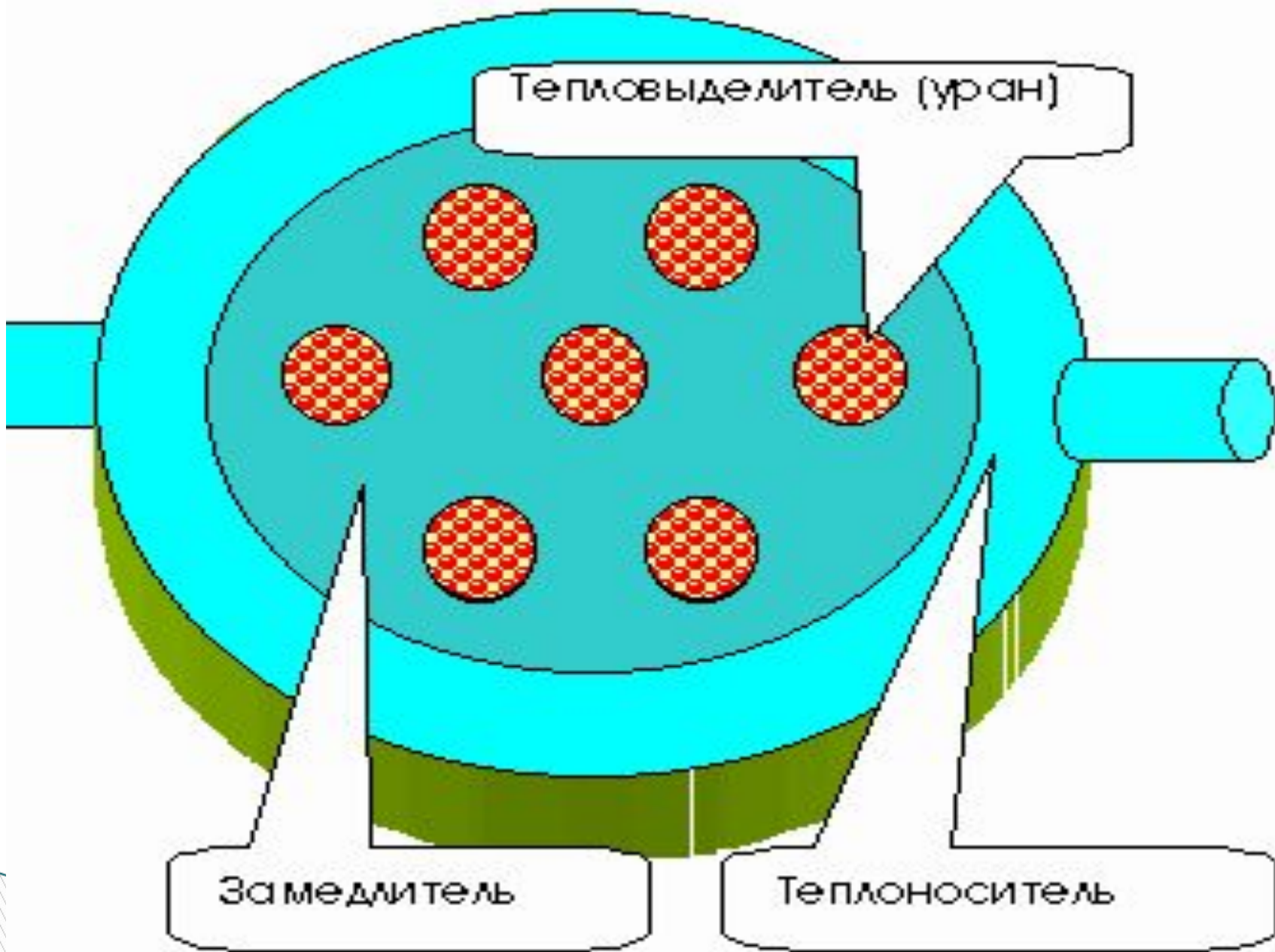
Немного ядерной физики.

Для лучшего уяснения принципов работы ядерного реактора и смысла процессов, происходящих в нем, вкратце изложим основные моменты физики реакторов.

Ядерный реактор - аппарат, в котором происходят ядерные реакции - превращения одних химических элементов в другие. Для этих реакций необходимо наличие в реакторе делящегося вещества, которое при своем распаде выделяет элементарные частицы, способные вызвать распад других ядер.

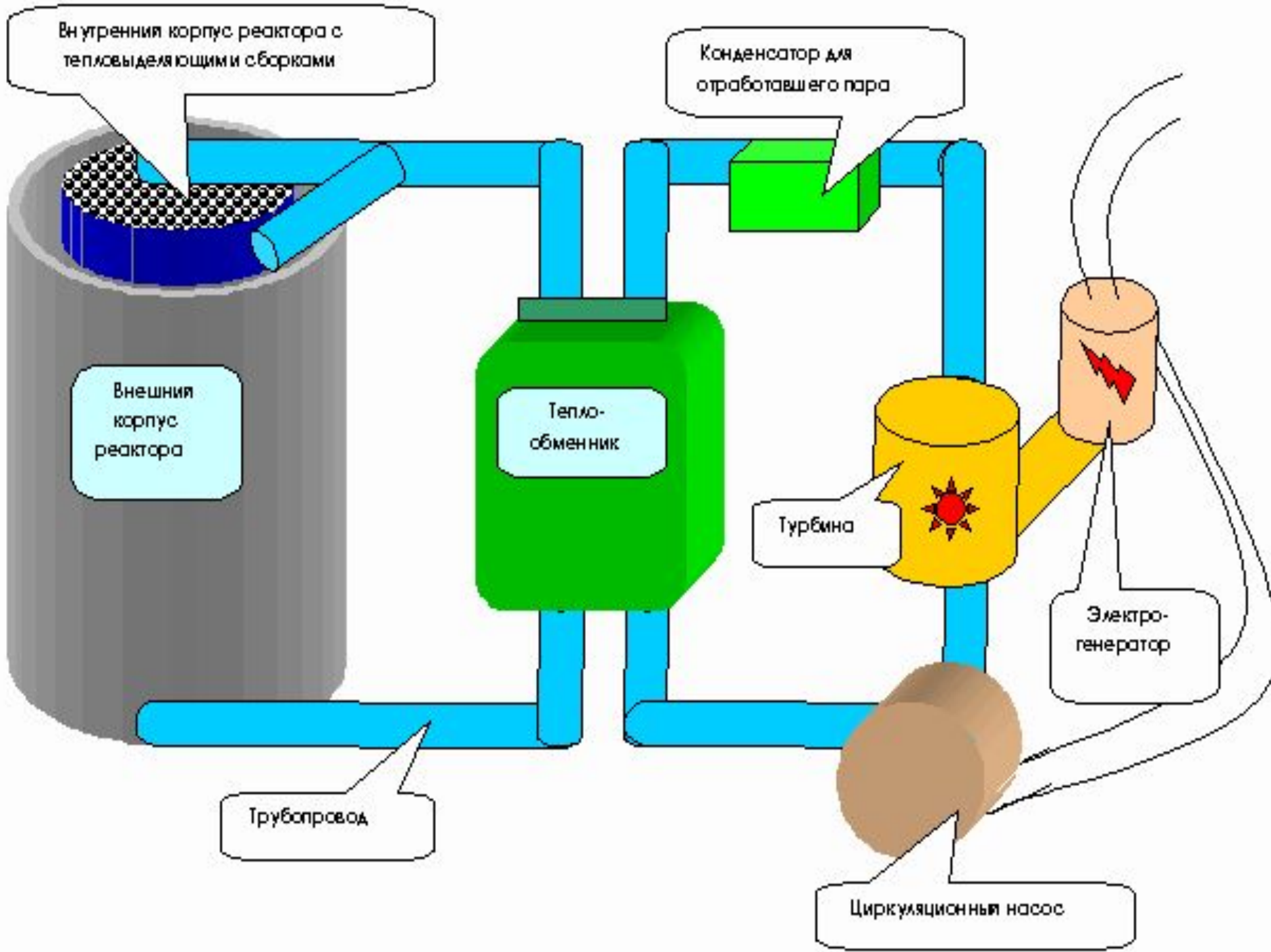
В ядерном реакторе происходит цепная реакция. Ядра урана или плутония распадаются, при этом образуются два-три ядра элементов середины таблицы Менделеева, выделяется энергия, излучаются гамма-кванты и образуются два или три нейтрона, которые, в свою очередь, могут прореагировать с другими атомами и, вызвав их деление, продолжить цепную реакцию.

Наибольшее значение в ядерной энергетике имеют нейтроны. Таким образом, в ядерном реакторе должен использоваться либо обогащенный уран с замедлителем, поглощающим нейтроны, либо необогащенный уран с замедлителем, мало поглощающим нейтроны, либо сплав плутония с ураном без замедлителя. О различных типах ядерных реакторов, реализующих эти три возможности разными способами, будет говориться дальше.

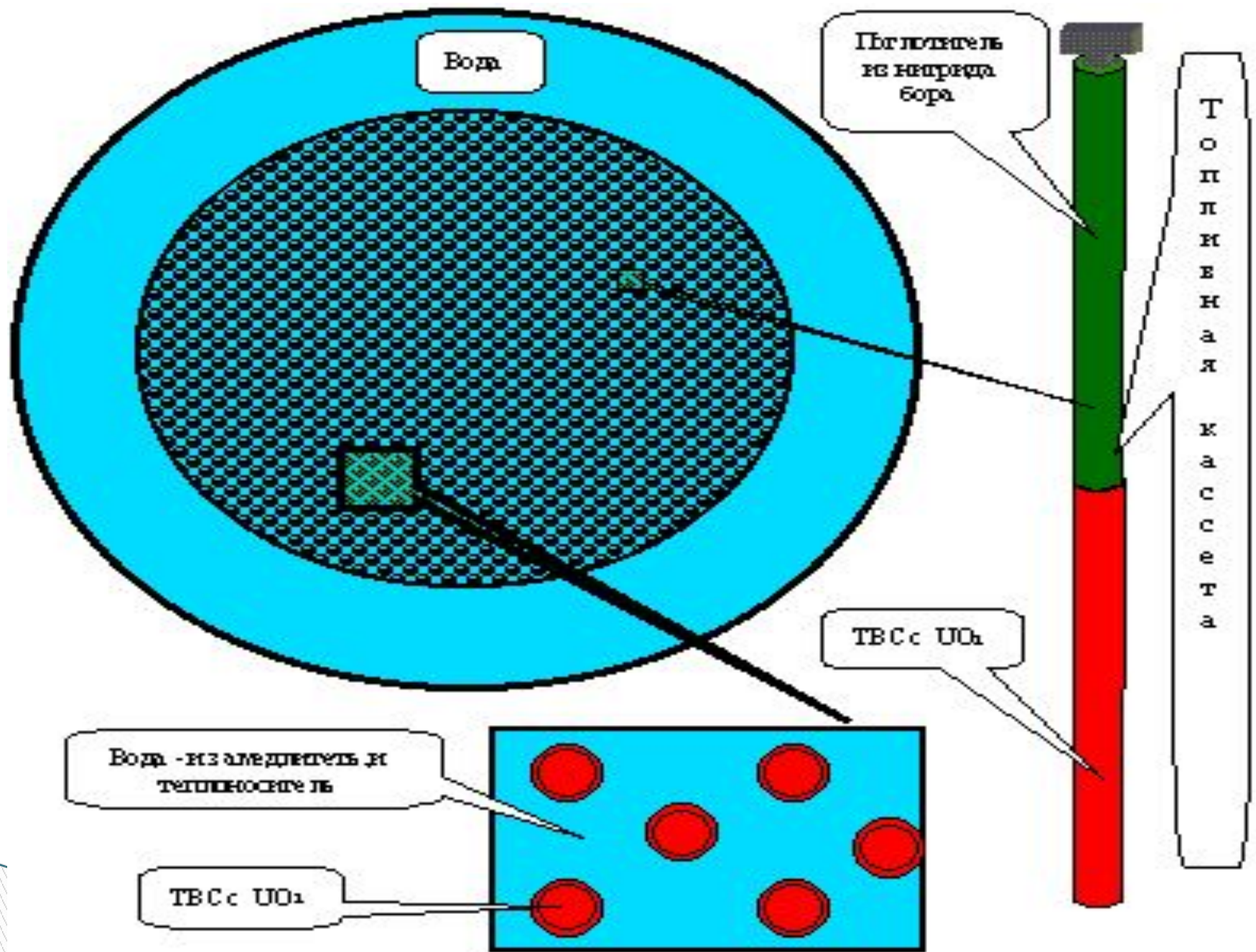


Через реактор с помощью насосов (обычно называемых циркуляционными) прокачивается теплоноситель, поступающий потом или на турбину или в теплообменник. Нагретый теплоноситель теплообменника поступает на турбину, где теряет часть своей энергии на выработку электричества. Из турбины теплоноситель поступает в конденсатор для пара, чтобы в реактор поступал теплоноситель с нужными для оптимальной работы параметрами. Также в реакторе имеется система управления им которая состоит из набора стержней диаметром в несколько сантиметров и длиной, сопоставимой с высотой активной зоны, состоящих из высокопоглощающего нейтроны материала, обычно из соединений бора. Стержни располагаются в специальных каналах и могут быть подняты или опущены в реактор. В поднятом состоянии они способствуют разгону реактора, в опущенном - заглушают его. Приводы стержней регулируются независимо друг от друга. Реакторы, работающие на быстрых нейтронах, устроены несколько иначе.

В настоящее время в мире существует пять типов ядерных реакторов. Это реактор Водо-Водяной Энергетический реактор, Реактор Большой Мощности Канальный, реактор на тяжелой воде, реактор с шаровой засыпкой и газовым контуром, реактор на быстрых нейтронах. ВВЭР строились в основном на территории бывшего СССР и в Восточной Европе, реакторов типа РБМК много в России, странах Западной Европы и Юго-Восточной Азии, реакторы на тяжелой воде в основном строились в Америке.



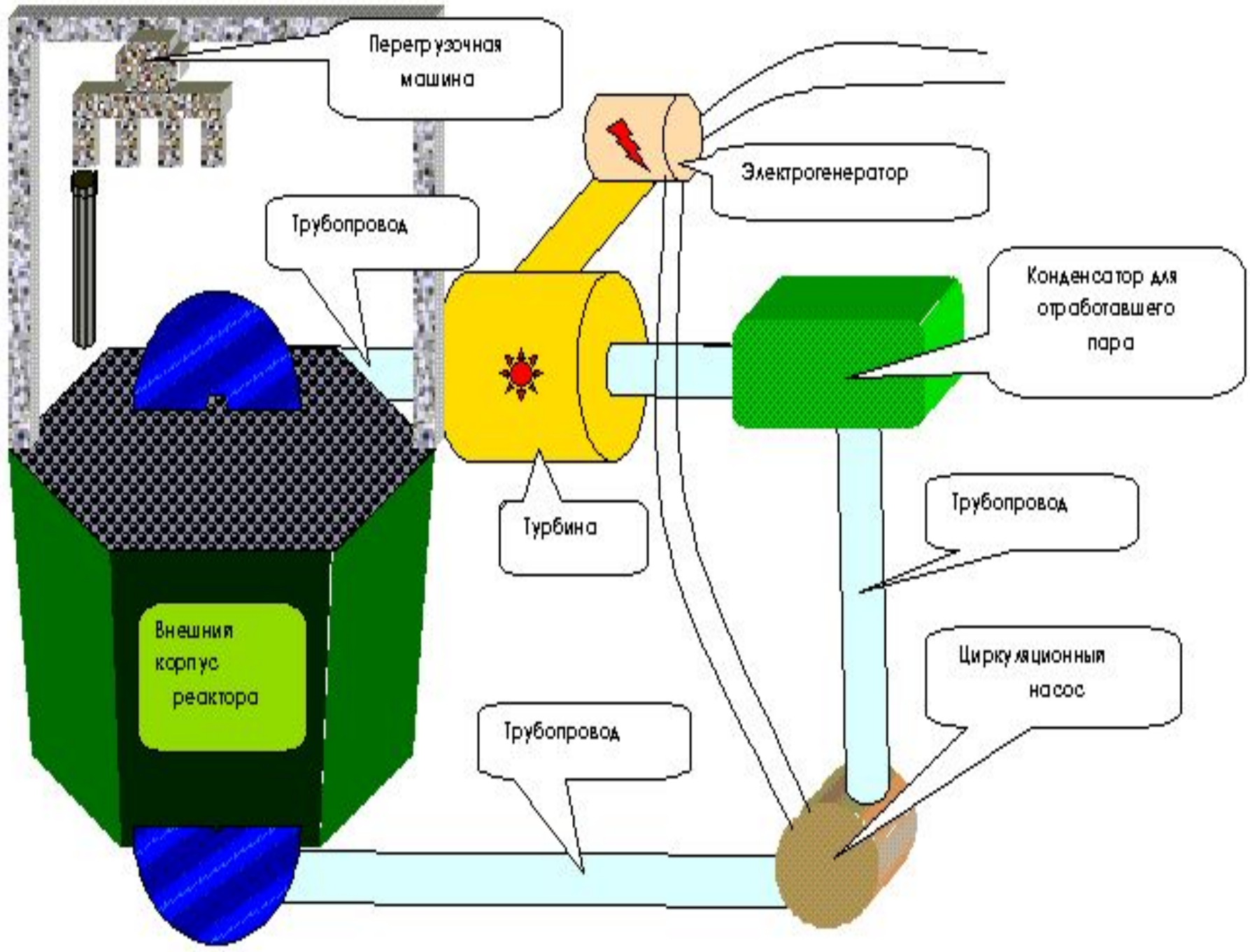
Строение активной зоны реактора ВВЭР показано на рис.3. Она имеет прочный наружный стальной корпус, могущий в случае непредвиденных обстоятельств локализовать возможную аварию. Корпус полностью заполнен водой под высоким давлением. В середине активной зоны расположены ТВС с шагом в 20-25 см. Некоторые ТВС дополнены сверху поглотителем из бороциркониевого сплава и нитрида бора и способны находиться в активной зоне или бороциркониевой частью, или урановой - таким образом осуществляется регулирование цепной реакции. Вода подается в реактор снизу под давлением. Сверху реактор закрыт стальной крышкой, герметизирующей его корпус и являющейся биозащитой.



РБМК построен по несколько другому принципу, чем ВВЭР. Прежде всего в его активной зоне происходит кипение - из реактора поступает пароводная смесь, которая, проходя через сепараторы, делится на воду, возвращающуюся на вход реактора, и пар, который идет непосредственно на турбину. Электричество, вырабатываемое турбиной, тратится, как и в реакторе ВВЭР, также на работу циркуляционных насосов. Его принципиальная схема - на рис.4.

Основные технические характеристики РБМК следующие. Активная зона реактора — вертикальный цилиндр диаметром 11.8 метров и высотой 7 метров (см.рис.5). По периферии активной зоны, а также сверху и снизу расположен боковой отражатель - сплошная графитовая кладка толщиной 0.65 метра. Собственно активная зона собрана из графитовых шестигранных колонн (всего их 2488), собранных из блоков сечением 250x250мм. По центру каждого блока сквозь всю колонну проходят сквозные отверстия диаметром 114мм для размещения технологических каналов и стержней СУЗ.





Перегрузочная  
машина

Трубопровод

Электродвигатель

Конденсатор для  
отработавшего  
пара

Турбина

Трубопровод

Внешний  
корпус  
реактора

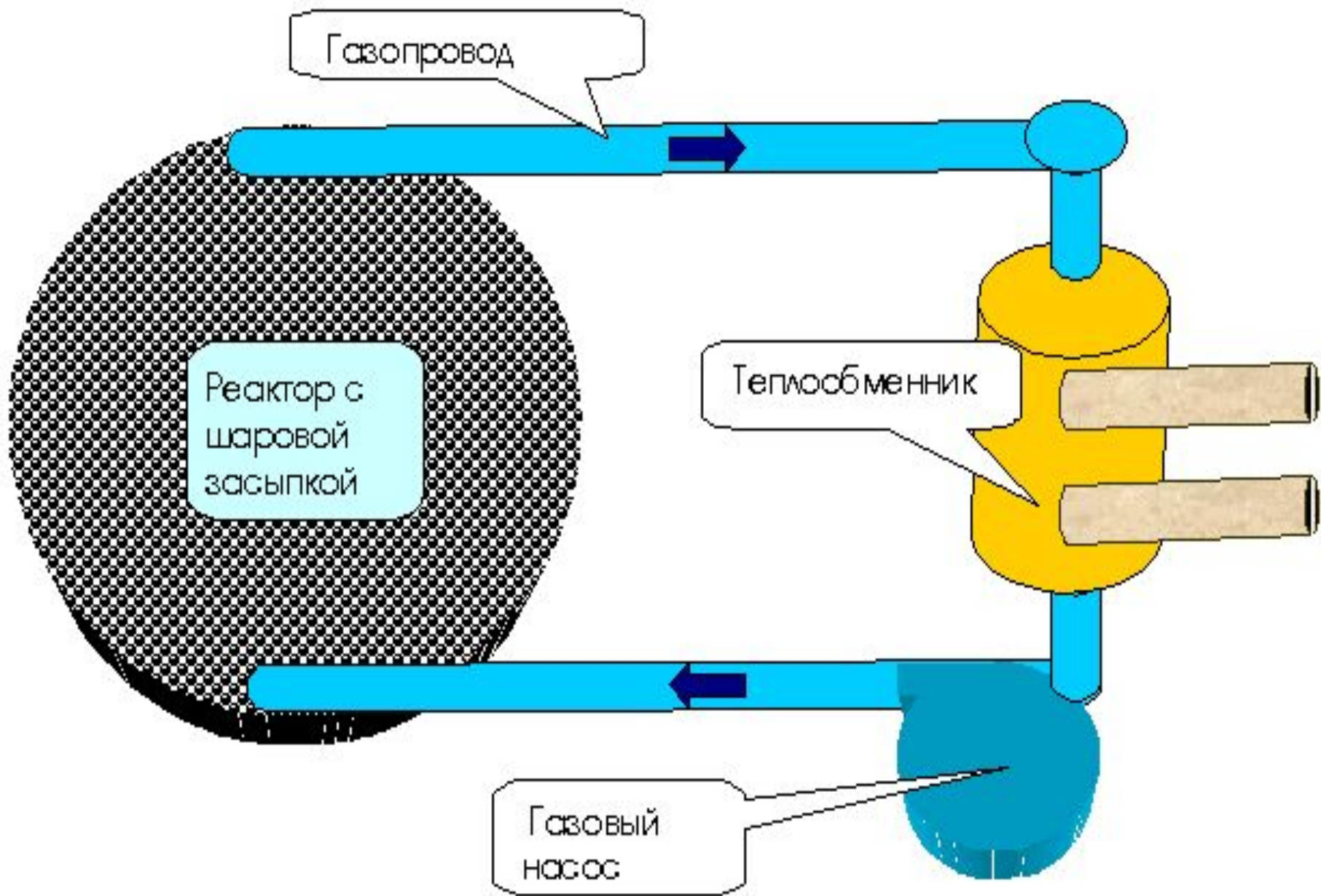
Трубопровод

Циркуляционный  
насос

## **Реактор с шаровой засыпкой.**

В реакторе с шаровой засыпкой активная зона имеет форму шара, в который засыпаны тепловыделяющие элементы, также шарообразные. Каждый элемент представляет из себя графитовую сферу, в которую вкраплены частицы оксида урана. Через реактор прокачивается газ - чаще всего используется углекислота  $\text{CO}_2$ . Газ подается в активную зону под давлением и впоследствии поступает на теплообменник. Регулирование реактора осуществляется стержнями из поглотителя, вставляемыми в активную зону.

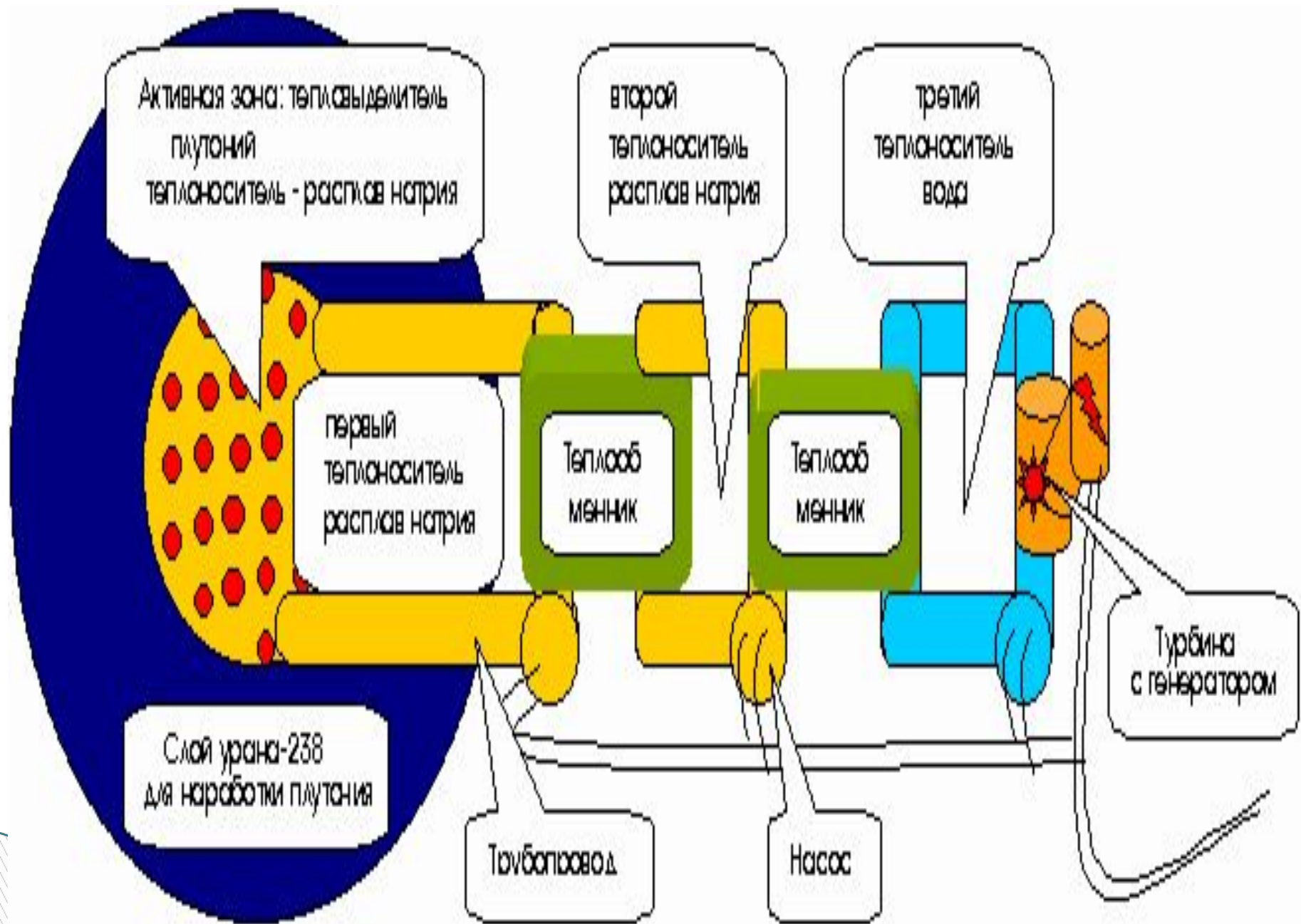
Экстренное глушение реактора осуществляется путем выстреливания в активную зону клина из поглотителя (рядом с реактором устраивают некое подобие короткой пушки, которая в экстраординарной ситуации выстреливает в реактор через его корпус клинообразный кусок поглотителя, при этом реактор сразу останавливается). Реактор с шаровой засыпкой выгодно отличается тем, что в нем принципиально не может произойти взрыв гремучего газа, и в случае разгона реактора самым неприятным последствием будет лишь расплавление тепловыделяющих элементов и невозможность дальнейшей эксплуатации реактора. Взрыва такого реактора при его разгоне произойти не может в принципе. С другой стороны, в случае попадания воды в активную зону (например, из второго контура в случае прорыва трубы в теплообменнике) разрушение реактора и выброс радиоактивного газа-теплоносителя неизбежны.



## Реактор на быстрых нейтронах.

Реактор на быстрых нейтронах очень сильно отличается от реакторов всех остальных типов. Его основное назначение - обеспечение расширенного воспроизводства делящегося плутония из урана-238 с целью сжигания всего или значительной части природного урана, а также имеющихся запасов обедненного урана. При развитии энергетики реакторов на быстрых нейтронах может быть решена задача самообеспечения ядерной энергетики топливом.

Прежде всего, в реакторе на быстрых нейтронах нет замедлителя. В связи с этим в качестве топлива используется не уран-235, а плутоний и уран-238, которые могут делиться от быстрых нейтронов. Плутоний необходим для обеспечения достаточной плотности нейтронного потока, которую не может обеспечить один уран-238. Тепловыделение реактора на быстрых нейтронах в десять-пятнадцать раз превосходит тепловыделение реакторов на медленных нейтронах, в связи с чем вместо воды используется расплав натрия (его температура на входе - 370 градусов, а на выходе - 550градусов). Опять-таки в связи с большим тепловыделением приходится оборудовать даже не два, а три контура , причем во втором контуре используется опять-таки натрий. При работе такого реактора происходит очень интенсивное выделение нейтронов, которые поглощаются слоем урана-238, расположенного вокруг активной зоны. При этом этот уран превращается в плутоний-239, который, в свою очередь, может использоваться в реакторе как делящийся элемент. Плутоний используется также в военных целях.



## **Заключение.**

Атомная энергетика - активно развивающаяся отрасль. Очевидно, что ей предназначено большое будущее, так как запасы нефти, газа, угля постепенно иссякают, а уран - достаточно распространенный элемент на Земле. Но следует помнить, что атомная энергетика связана с повышенной опасностью для людей, которая, в частности, проявляется в крайне неблагоприятных последствиях аварий с разрушением атомных реакторов. В связи с этим необходимо закладывать решение проблемы безопасности еще в конструкцию реактора, на стадии его проектирования.

Стоит также рассматривать другие предложения по повышению безопасности объектов атомной энергетике, как то: строительство атомных электростанций под землей, отправка ядерных отходов в космическое пространство.

Целью настоящей работы было всего лишь рассказать о современной атомной энергетике, показать устройство и основные типы ядерных реакторов. К сожалению, объем доклада не позволяет более подробно остановиться на вопросах физики реактора, тонкостях конструкции отдельных типов и вытекающих из них проблем эксплуатации, надежности и безопасности.