

1. ВОЕННЫЕ РЕАКТОРЫ

В СССР промышленные (военные) уран-графитовые реакторы с высокими потоками тепловых нейтронов использовались для наработки оружейного плутония и других делящихся нуклидов. Попутно решались ещё две задачи: получение электроэнергии и снабжение теплом близлежащие населенные пункты (В США военные реакторы применяли исключительно для наработки оружейного плутония).

Замечание. К военным реакторам также относят реакторы, специально предназначенные для наработки трития – компонента термоядерного оружия.

К военным реакторам предъявляются такие требования, как 1) большой коэффициент воспроизводства делящегося материала, 2) высокая энергонапряжённость, 3) короткое время удвоения плутония. Нарботка оружейных радионуклидов и расширенное воспроизводство топлива проводится на реакторах-конверторах и реакторах-размножителях.

Реактор-конвертер - ядерный реактор, в процессе работы которого производится новое по изотопному составу ядерное топливо по сравнению со сжигаемым.

Реактор-размножитель (бридер) – реактор на быстрых нейтронах, в котором коэффициент конверсии превышает 1 и осуществляется расширенное воспроизводство ядерного топлива.

Расширенное воспроизводство ядерного топлива - воспроизводство ядерного топлива с коэффициентом конверсии, большим 1. В этом случае, делящегося материала нарабатывается больше, чем "сгорает" в реакторе.

Воспроизводство - размножение делящегося вторичного топлива из сырьевого (воспроизводящего) материала, т.е. ядерное превращение воспроизводящего материала в делящийся. В ядерном реакторе нейтроны, образующиеся цепной реакции деления, расходуются не только на ее поддержание, но и поглощаются ураном-238 или торием-232 с образованием делящихся нуклидов (например, плутония-239 или урана-233). Вторичным делящимся топливом считают Pu-239 и U-233, материалом воспроизводства - U-238 и Th-232.

Воспроизводящий материал - материал, содержащий один или несколько воспроизводящих нуклидов.

Воспроизводящий нуклид - нуклид, способный прямо или косвенно превращаться в делящийся нуклид за счет захвата нейтронов. В природе существуют два воспроизводящих нуклида - уран-238 и торий-232.

Время удвоения - время, в течение которого количество делящегося материала, первоначально загруженного в реактор, удваивается в процессе расширенного воспроизводства).

Вторичное ядерное топливо - к вторичному ядерному топливу относят плутоний-239 и уран-233, образующиеся в ядерных реакторах соответственно из урана-238 и тория-232 при поглощении нейтронов. Вторичное ядерное топливо является перспективным источником ядерной энергии.

Зона воспроизводства (Blanket) - часть ядерного реактора, содержащая воспроизводящий материал и предназначенная для получения в ней вторичного ядерного топлива.

Коэффициент воспроизводства - отношение числа ядер образовавшегося топлива к числу ядер выгоревшего делящегося топлива. Реакторы на быстрых нейтронах характеризуются расширенным воспроизводством вторичного ядерного топлива, т.е. в них накапливается ядерного топлива больше, чем расходуетя.

Коэффициент конверсии - отношение числа ядер нового делящегося материала, образующегося в процессе конверсии (воспроизводства), к числу разделившихся ядер исходного делящегося материала.

Чтобы получать плутоний в достаточном количестве, нужны интенсивные нейтронные потоки. В принципе, любой атомный реактор является источником нейтронов, но для промышленного производства плутония используется специально разработанный для этого. Первым в мире промышленным реактором по производству плутония был уран-графитовый реактор В в Хэнфорде (США) на тепловых нейтронах. Заработал он 26 сентября 1944, мощность - 250 МВт, производительность - 6 кг плутония в месяц. Он содержал около 200 тонн металлического природного урана, 1200 тонн графита и охлаждался водой со скоростью 5 кубометров/мин.

Общую меру облученности (отработанности) топливного элемента выражают в мегаватт-днях/тонну (МВт-день/т). Плутоний оружейного качества получается из элементов, с небольшим количеством МВт-день/т, в нем образуется меньше побочных изотопов. Топливные элементы в современных водо-водяных реакторах достигают уровня в 33 000 МВт-день/т. Типичная экспозиция в оружейном бридерном (с расширенным воспроизводством ядерного горючего) реакторе 1000 МВт-день/т. Плутоний в Хэнфордских реакторах с графитовым замедлителем облучается до 600 МВт-день/т, в Саванне на реакторе на тяжелой воде производится плутоний такого же качества при 1000 МВт-день/т (возможно из-за того, что часть нейтронов уходит на образование трития). Во время Манхэттенского проекта в реакторе В топливо из природного урана получало всего 100 МВт-день/т, таким образом, получался очень высококачественный плутоний-239 (всего 0.9-1% ²⁴⁰Pu, остальные изотопы еще в меньших количествах).