В результате деления ядер урана образуются нейтроны, которые могут вызвать последующее деление ядер. Однако энергия их велика, а ядра урана, особенно ядра изотопа 22jU, наиболее эффективно захватывают медленные нейтроны. Вероятность захвата медленных нейтронов с последующим делением ядер в сотни раз больше, чем быстрых. Поэтому в ядерных реакторах, работающих на естественном уране, для повышения коэффициента размножения нейтронов используются замедлители нейтронов. Процессы в ядерном реакторе схематически изображены на рисунке 12.15.

Основные элементы ядерного реактора. На рисунке 12.16 приведена схема энергетической установки с ядерным реактором.

Основными элементами ядерного реактора являются: ядерное горючее (2glU, 2Ци и др.), замедлитель нейтронов (тяжёлая или обычная вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.), и устройство для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор — вещества, которые хорошо поглощают нейтроны). Снаружи реактор окружают защитной оболочкой, задерживающей излучение и нейтроны. Оболочку делают из бетона с железным заполнителем.

Лучшим замедлителем является тяжёлая вода (см. § 93). Обычная вода сама захватывает нейтроны и превращается в тяжёлую воду. Хорошим замедлителем считается также графит, ядра которого не поглощают нейтроны.

Критическая масса. Коэффициент размножения k может стать равным единице лишь при условии, что размеры реактора и соответственно масса урана превышают некоторые критические значения.

Критической массой называют наименьшую массу делящегося вещества, при которой ещё может протекать цепная ядерная реакция.

При малых размерах слишком велика утечка нейтронов через поверхность активной зоны реактора (объём, в котором располагаются стержни с ураном).

С увеличением размеров системы число ядер, участвующих в делении, растёт пропорционально объёму, а число нейтронов, теряемых вследствие утечки, увеличивается пропорционально площади поверхности. Поэтому, увеличивая размеры системы, можно достичь значения коэффициента размножения k ~ 1. Система будет иметь критические размеры, если число нейтронов, потерянных вследствие захвата и утечки, равно числу нейтронов, полученных в процессе деления. Критические размеры и соответственно критическая масса определяются типом ядерного горючего, замедлителем и конструктивными особенностями реактора.

Для чистого (без замедлителя) урана 2glU, имеющего форму шара, критическая масса примерно равна 50 кг.

При этом радиус шара равен примерно 9 см (уран очень тяжёлое вещество). Применяя замедлители нейтронов и отражающую нейтроны оболочку из бериллия, удалось снизить критическую массу до 250 г.

Управление реактором осуществляется при помощи стержней, содержащих кадмий или бор. При выдвинутых из активной зоны реактора стержнях k '.'5 X, а при полностью вдвинутых стержнях k < 1. Вдвигая стержни внутрь активной зоны, можно в любой момент времени приостановить развитие цепной реакции. Управление ядерными реакторами осуществляется дистанционно с помощью ЭВМ.

Реакторы на быстрых нейтронах. Построены реакторы, работающие без замедлителя на быстрых нейтронах. Так как вероятность деления, вызванного быстрыми нейтронами, мала, то такие реакторы не могут работать на естественном уране.

Реакцию можно поддерживать лишь в обогащённой смеси, содержащей не менее 15 % изотопа 2glU. Преимущество реакторов на быстрых нейтронах в том, что при их работе образуется значительное количество плутония или тория, которые затем можно использовать в качестве ядерного топлива. Причём количество новых ядер, способных к делению медленными нейтронами, может быть больше первоначального количества ядер.

Реакторы, воспроизводящие делящийся материал, называют реакторами-размножителями.

Первые ядерные реакторы. Впервые цепная ядерная реакция деления урана была осуществлена в США коллективом учёных под руководством итальянского физика Энрико Ферми в декабре 1942 г.

В нашей стране первый ядерный реактор был запущен 25 декабря 1946 г. коллективом физиков, который возглавлял наш замечательный учёный Игорь Васильевич Курчатов. В настоящее время созданы различные типы реакторов, отличающихся друг от друга как по мощности, так и по своему назначению.