

Ядерный реактор с топливом в форме микротвэлов

Кашцев В.П., Воронов Е.О., Сорокин В.В.

Белорусский национальный технический университет

Эксплуатируемые в мире в настоящее время атомные электрические станции оснащены ядерными реакторами со стержневыми твэлами, содержащими ядерное топливо в форме таблеток. Аварии на АЭС с таким топливом показали, что такие АЭС являются радиационноопасными объектами. Новые АЭС должны исключить выход радиоактивности во внешнюю среду, как при нормальных условиях эксплуатации, так и при авариях, включая полное обесточивание станции, землетрясения, диверсии и террористические акты. Этого можно добиться, используя другое топливо – шаровые микротвэлы. Такой микротвэл состоит из топливного ядра, покрытого защитными оболочками. Оболочки разделяют топливо и теплоноситель, а также обеспечивают удержание продуктов деления тяжелых ядер внутри микротвэла. Прилегающий к топливу буферный слой выполняется пористым, обеспечивая защиту остальных покрытий от внутреннего давления.

Так как в МАГАТЭ поступили заявления о желании развивать ядерную энергетику от 154 государств, Совет Безопасности ООН ужесточил требования к микротвэлам. Наружная оболочка микротвэла должна быть выполнена из нитридов металлов (ZrN; TiN; AlN; CrN и т.д.). Технологией растворения таких оболочек на заводах по переработке отработанного топлива владеют на сегодня три государства, имеющих ядерное оружие. Наличие таких оболочек снимает все вопросы с выходом активности в тяжелых авариях. В России для использования в реакторах типа ВВЭР рекомендуется микротвэл диаметром 1,8 мм.

Он имеет ядро из двуокиси урана диаметром 1,5 мм и защитную оболочку толщиной 150 микрометров. Активная зона набирается из тепловыделяющих сборок (ТВС) с габаритными размерами стандартных ТВС со стержневыми твэлами. То есть, активная зона с ТВС, содержащими микротвэлы, вписывается в реакторы типа ВВЭР без изменения конструктивных размеров и мощности. Оказалось, что при прекращении охлаждения при аварии температура микротвэлов повышается на несколько десятков градусов за счёт остаточного тепловыделения, но цепная реакция деления прекращается за счёт плотностного и температурного эффектов реактивности водяного теплоносителя–замедлителя. Таким образом, ВВЭР с микротвэлами может останавливаться без срабатывания регулирующих устройств только за счёт отключения циркуляционных насосов.