



Международный Центр Ядерной Безопасности

Минатом России



**РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ПО КОДУ RELAP5/MOD3.2 ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО
ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ЧАСТИЧНОМ ОСУШЕНИИ МОДЕЛИ
АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР НА СТЕНДЕ КС-1 ВЫПОЛНЕННЫХ В РНЦ
"КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ"**

Авторы: Виноградов В.А., Балыкин А.Ю. (РНЦ КИ)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДА

В докладе представлены результаты валидационных расчетов экспериментов с моделированием частичного осушения активной зоны реактора типа ВВЭР. Целью работы является оценка адекватности кода RELAP5/MOD3.2 при моделировании отдельных явлений, определяющих процессы теплообмена в активной зоне реактора типа ВВЭР при ее частичном осушении в условиях аварии с малой течью теплоносителя из первого контура.

Эксперименты проведены на экспериментальном участке КС-1 с моделью контура ВВЭР на стенде КС в РНЦ “Курчатовский институт”. Экспериментальный участок КС-1 представляет собой полуинтегральную однопетлевую модель первого контура реактора типа ВВЭР. Он включает в себя модели всех основных элементов первого контура реактора. В качестве модели тепловыделяющей сборки использован пучок из 19 электрически обогреваемых трубок с наружным диаметром 9 мм и высотой зоны тепловыделения равной 2.505 м.

Основной целью экспериментов являлись исследования:

- тепловых и гидродинамических процессов при паро-конденсатной циркуляции теплоносителя в первом контуре при различных положениях уровня теплоносителя в частично осушенной активной зоне в условиях остаточных тепловыделений и средних давлений в активной зоне;
- неравновесного теплообмена и распределений температур имитаторов твэлов по высоте модели активной зоны в квазистационарных условиях при постоянной во времени мощности тепловыделения в модели ТВС;
- влияния тепловых и гидродинамических процессов в моделях элементов первого контура на процессы в модели активной зоны при ее частичном осушении, включая влияние конденсации пара в компонентах контура на возникновение противоточного течения фаз и, как следствие, на теплообмен в осушенной части активной зоны.

Для оценки кода RELAP5/MOD3.2 из имеющихся опытных данных в стандартную проблему ВВЭР INSC SP-V4 были отобраны шесть экспериментов для расчетного моделирования явлений в частично осушенной активной зоне реактора в аварийных условиях.

В отобранных экспериментах влияние определяющих режимных параметров на теплообмен и температурный режим модели ТВС изучалось в следующих диапазонах:

- мощность модели ТВС $W = 9.4 - 21.2$ кВт;
- давление на выходе модели активной зоны $P_{out} = 31 - 67$ бар;
- температура теплоносителя на входе активной зоны $T_{Fin} = 478 - 511$ К;
- положение физического уровня пароводяной смеси в канале ТВС $L_m = 0.0, 0.62, 1.62, 1.78, 2.29$ м;
- температура стенок имитаторов твэлов $T_w \leq 770$ К.

К особенностям этих экспериментов относится сравнительно высокая интенсивность теплоотдачи от твэлов к теплоносителю в осушенной части модели ТВС, которая имеет место вследствие тепловых

Шестой Международный Информационный Форум по
“Анализу безопасности атомных электростанций с реакторами типа ВВЭР и РБМК” (Форум-6)
проводимый с 8 по 12 апреля 2002 г. в г. Киеве, Украина

потерь и конденсации пара в компонентах контура, расположенных в подъемной ветви контура над каналом ТВС. При охлаждении ТВС в условиях возникновения противоточного течения пара и его конденсата, стекающего обратно в активную зону сверху, получены неравномерные распределения температур стенок имитаторов твэлов по высоте и радиусу сборки. При этом измеренные максимальные значения температуры стенки имитаторов твэлов могли реализовываться как на выходе активной зоны, так и в сечениях зоны, расположенных на определенных расстояниях от ее верха.

Сравнения расчетных и опытных данных о поведении температур стенки имитаторов твэлов на различных уровнях по высоте модели ТВС позволяют сделать заключения о разумном или минимальном согласии общих картин протекания моделируемых сложных процессов в расчетах и экспериментах. Показано, что существенные различия рассматриваемых опытов по режимам течения противоточных потоков пара и жидкости в осушенной части ТВС являются причиной значительных различий в степени согласования результатов расчетов по коду с опытными данными от опыта к опыту.

В условиях противотока фаз код дает разумное согласование с опытными данными по температурами стенки твэлов при турбулентном течении пара при положении уровня смеси в средней части активной зоны.

В случаях с полностью осушенной активной зоной и с низким физическим уровнем теплоносителя имеют место значительные качественные и количественные различия между расчетными и экспериментальными аксиальными профилями температур твэлов в обогреваемой модели ТВС. При ламинарном и переходном режимах течения пара в условиях противотока фаз код дает лишь минимальное согласование с опытными данными по температурами стенки твэлов в осушенной части модели ТВС. Код завышает температуры стенок в верхней части модели ТВС. Рассчитанная температура стенки твэла намного выше (на 100-150 К), чем измеренная температура твэлов в верхнем сечении ТВС. Это является одной из главных проблем кода при расчетном моделировании рассматриваемых процессов.

Причиной этих расхождений между расчетом и экспериментом являются слишком малые коэффициенты теплоотдачи от имитаторов твэлов к теплоносителю, рассчитанные в условиях противотока фаз в канале. В этом случае, занижение кодом интенсивности межфазного теплообмена может быть другой причиной для этих отклонений между экспериментами и расчетами.

Код недостаточно точно описывает процессы гидродинамики и теплообмена в условиях противоточного течения при высоком положении уровня смеси, а также при низком положении уровня смеси в канале с ТВС. Неадекватное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена на стадии начала осушения активной зоны приведет также к неадекватному описанию этих процессов и на последующей стадии аварии, где ожидается, что код должен хорошо работать.

Показана необходимость дополнительных исследований для обоснования модификации моделей кода RELAP5/MOD3.2, используемых для межфазного трения и межфазного теплообмена в осушенной части обогреваемого пучка стержней в условиях противоточного течения фаз применительно к ВВЭР.

Также необходимо провести анализ адекватности кода при моделировании теплоотдачи в частично осушенной модели активной зоны при различных режимах течения пара в условиях отсутствия противоточного течения фаз. Этот анализ должен быть проведен дополнительно в специальной Стандартной Проблеме. Эту работу можно выполнить на основе имеющихся опытных данных ВТИ и ЦКТИ при постановке и анализе следующей Стандартной Проблемы “Теплоотдача в частично осушенной модели активной зоны при различных режимах течения пара в условиях отсутствия противоточного течения фаз”.