

**Модификация модели перемещения расплава в коде СОКРАТ-БН для расчета уноса расплава под действием силы трения с восходящим потоком пара натрия.**

*Н.И. Рыжов, В.Н. Семенов*

*Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН*

Для решения актуальных задач в области обоснования безопасности АЭС с РУ БН, в том числе анализа аварий с вероятностью разрушения активной зоны реактора в ИБРАЭ РАН был разработан интегральный код СОКРАТ-БН [1]. Для комплексного расчета тяжелой аварии в коде СОКРАТ-БН реализованы одномерная и двухмерная модели теплогидравлики, модель точечной кинетики и диффузионная 2-мерная модель для нейтронно-физического расчета активной зоны, модель плавления топливных сборок, модели наработки и распространения ПД в теплоносителе и реакторных помещениях, модель для расчета термомеханических напряжений в оболочках топливных стержней.

В 70-х годах за рубежом проводились экспериментальные исследования аварий с плавлением элементов а.з. на РУ БН [2]. Экспериментальные данные показывают, что расплавленная сталь оболочек ТВЭЛ уносится вверх восходящим потоком пара натрия. Это связано с тем, что из-за большого отношения плотности жидкой и газообразной фаз натрия ( $\sim 10^4$ ), в ТВС пар натрия движется со скоростью порядка 100 м/с даже при небольшом расходе теплоносителя. Такой скорости пара достаточно, чтобы сила трения на границе пар-жидкая пленка расплава превышала силу тяжести и капиллярную силу, которые действуют на расплав.

В данной работе представлена модификация модели перемещения расплава [3], разработанной для расчета тяжелых аварий на реакторах типа ВВЭР. В этой модели используется полуаналитическое решение задачи о стекании капли и ручья под действием силы тяжести. Критерии начала стекания капли и формирования ручья сформулированы в терминах критических объемов расплава. Так же, как и в исходной версии, критерием начала движения капли является увеличение объема капли больше «первого критического объема». Выражение для «первого критического объема» основано на соотношении силы тяжести, действующей на каплю, и капиллярной силы, удерживающей каплю на поверхности. Переход к ручейковому стеканию происходит, когда кинетическая энергия капли превышает поверхностную энергию. Критериально этот переход выражается в виде «второго критического объема». Для учета силы трения с потоком пара натрия и обеспечения моделирования переноса фрагментов расплава вверх была добавлена дополнительная сила в уравнения сохранения импульса в соответствующем безразмерном

виде. В итоге задача о стекании капли и ручья сформулирована в виде системы 4-х уравнений в частных производных. Три уравнения выражают собой законы сохранения в безразмерном виде, а четвертое уравнение связывает безразмерный импульс капли или ручья с безразмерной координатой.

Для введения дополнительной силы была проведена модификация кода, для учета возможности разнонаправленного стекания расплава. В дальнейшем планируется провести верификацию модели на экспериментальных данных.

#### Литература

- 1 *Ртищев Н.А., Чалый Р.В., Тарасов А.Е., Семёнов В.Н., Бутов А.А., Вожаков И.С., Жигач С.А., Кудашов И.Г., Усов Э.В., Прибатурин Н.А.* Разработка кода СОКРАТ-БН // МНТК НИКИЭТ-2012, сборник докладов. стр. 348-359.
- 2 *Dickerman C.E., Rothman A.B., Klickman A.E., Spencer B.W., De Volpi A.* Status and Summary of TREAT In-pile Experiments on LMFBR Response to Hypothetical Core Disruptive Accidents // Thermal and Hydraulic Aspects of Nuclear Reactor Safety 1977 V.2, P. 19-50
- 3 *Palagin A.V.* Modeling of Melt Relocation (Candling Process) // Proceedings of Nuclear Safety Institute RAS (IBRAE RAS) Issue 1, P. 49-60