

Моделирование течения натриевого теплоносителя в верхней камере японского реактора MONJU.

Название проекта/исследования

Моделирование течения натриевого теплоносителя в верхней камере японского реактора MONJU.

Авторы, место работы, e-mail

С.В. Жлуктов, ООО «ТЕСИС», sz@tesis.com.ru

М.Л. Сазонова, ООО «ТЕСИС», ms@flowvision.ru

В.В. Шмелев, ООО «ТЕСИС», shvv@flowvision.ru

М. Н. Жестков, ООО «ТЕСИС», mzhestkov@flowvision.ru

Аннотация к описанию проекта

С помощью ПК FlowVision НРС проводилось моделирование течения жидкого натриевого теплоносителя в проточной части верхней камеры реактора MONJU. Расчеты были проведены для расширения круга верификационных примеров и дополнительного тестирования одной из моделей турбулентного теплопереноса применительно к задачам, максимально приближенным к реальным процессам.

Описание проекта/исследования

В рамках тестирования новой модели турбулентного теплопереноса для жидких металлов было проведено моделирование течения натрия в камере реактора японского реактора MONJU. Предназначение реактора MONJU – подтвердить техническую возможность повышения мощности атомных электростанций. Данные, полученные на реакторе MONJU, используются для развития реакторов на быстрых нейтронах.

Физический эксперимент по моделированию аварийной ситуации на реакторе MONJU был проведен в 1995 году. В ходе эксперимента при помощи термопар, расположенных на термозонде, измерялась температура натрия. В итоге были получены данные о распределении температуры натрия по высоте верхней камеры реактора MONJU.

Сложная геометрическая модель (рис.1), описывающая проточную часть реактора MONJU, требует построения подробной расчетной сетки для проведения корректного моделирования. Расчетная сетка содержит несколько миллионов ячеек.

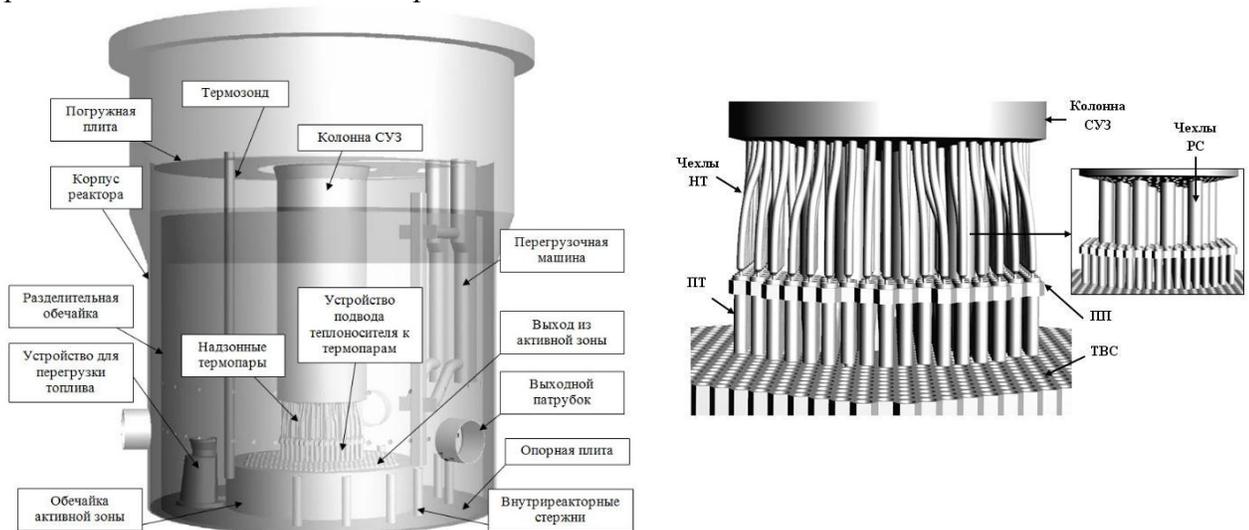


Рисунок 1 – Геометрическая модель

Моделирование выполнено для двух режимов работы реактора MONJU:

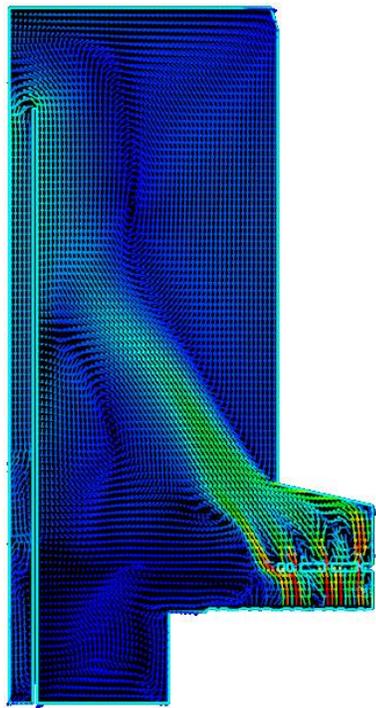
- Номинальный режим. Для него определен профиль температуры по высоте камеры реактора в месте расположения термозонда;
- Режим расхолаживания. Для данного режима получены изменения (с течением времени) температуры жидкого натрия в точках расположения термопар термозонда.

При построении расчетной сетки для верхней камеры реактора MONJU применялась равномерная начальная сетка. На стенках корпуса введена адаптация для корректного разрешения пограничного слоя. В центральной части верхней камеры реактора располагаются конструктивно сложные элементы. В данных областях расчетная сетка была измельчена до 2 и 3 уровней.

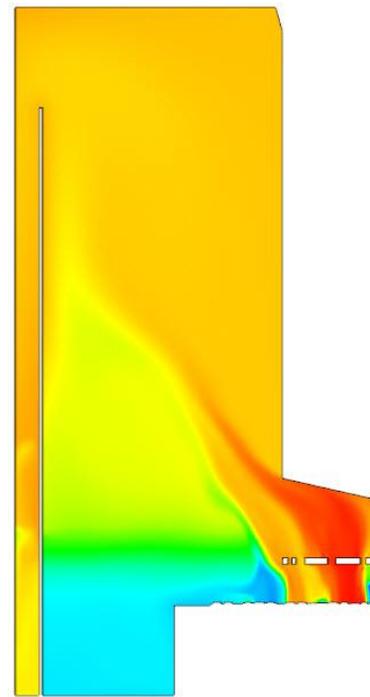
Решение задачи течения натриевого теплоносителя внутри камеры реактора осуществлено в рамках модели турбулентного течения несжимаемой жидкости. Математическая модель, описывающая такое течение, состоит из уравнений Навье-Стокса, уравнения энергии и уравнений переноса турбулентной энергии и диссипации.

Расчетная модель задачи содержит различные типы граничных условий. Вход в расчетную область представляет собой ряд отверстий, на которых задано условие типа "вход/выход. На корпусе камеры определено условие "Стенка", означающее условие непротекания для нормальной компоненты скорости. Для касательной компоненты, для k и ϵ определено граничное условие через логарифмические функции. На выходе из расчетной области задано граничное условие типа «Свободный выход».

С помощью FlowVision HPC построена модель, адекватно отражающая течение жидкого натрия внутри верхней камеры реактора MONJU. В результате проведения расчетов на суперкомпьютерном комплексе МГУ определены поле скоростей и распределение температуры в расчетной области (рис. 2).



Поле скоростей



Распределение температуры

Рис.2 Распределение температуры и поле скоростей.

Далее было проведено сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными. Результаты численного моделирования в номинальном режиме по ПК FlowVision удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Отличие значений температуры от экспериментальных в точках установки верхних датчиков менее 3 %. В нижней части 10-15 %.

Результаты численного моделирования в режиме расхолаживания удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Температуры, полученные в результате моделирования в ПК FlowVision первых 240 с режима расхолаживания, отличаются от экспериментальных данных менее, чем на 10 %. С течением времени уменьшение рассчитанной температуры в верхней части камеры происходит быстрее, чем при измерении в эксперименте: отличие до 30 %. В нижней части камеры погрешность расчета температуры менее 7 %.

В настоящее время для расширения круга верификационных примеров и дополнительного тестирования модели турбулентного теплопереноса проводится исследования по моделированию перемешивания разнотемпературных потоков. Результаты расчетов будут также будут сопоставлены с экспериментальными данными.