

УТВЕРЖДАЮ

Главный конструктор –
начальник отделения 2.00


В.Я. Беркович

«26» 08 2012 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

на выполнение ОКР по теме:

«Моделирование задач, актуальных для проекта «Виртуальный ядерный остров», в интересах кросс-верификации пакета программ ЛОГОС»

1 ОПИСАНИЕ РАБОТ

1.1 Содержание работ

1.1.1 Верификационные задачи

Список верификационных задач находится в Приложении А. На этапах работы проводится разработка расчетных моделей и проведение верификационных CFD-расчетов задач по пакету программ ЛОГОС и кросс-верификация по коммерческому CFD-коду. При решении задач настоящего ТЗ с турбулентными течениями исследуется влияние различных моделей турбулентности на численные решения. Проводится анализ погрешностей результатов, правильность описания физики процессов.

1.1.2 Моделирование перемешивания теплоносителя ТВС АЭС-2006

На этапах работы проводится разработка расчетных моделей ДР пучка ТВС АЭС-2006 разной размерности. Исследуются:

- а) сходимости численных решений на сеточных моделях разной размерности;
- б) влияния на численные решения различных моделей турбулентности.

Проводится анализ полученных результатов и выбор оптимальной сеточной модели ДР, на основе которой строится расчетная модель пучка ТВС АЭС-2006. Три сетки различной размерности, три различных модели турбулентности: K-Epsilon Realizable, K-Omega SST, RSM. Всего 9 расчетов.

Выполняется серия расчетов по разработанной модели для различных режимов течения теплоносителя, а также оценка перемешивающей способности потока в области пучка с регулярными ячейками. Описание режимов моделирования приведено в Приложении Б к данному ТЗ (24 расчета).

1.1.3 Моделирование динамического деформирования ТУК-117

Моделирование динамического деформирования ТУК в условиях аварийных падений с высоты $H=9$ м под различными углами (осевые падения, боковое падение, угловое падение). Сравнительный анализ параметров динамического деформирования элементов корпуса контейнера, рассчитанных на основе коммерческого программного обеспечения и ПК ЛОГОС-Прочность.



2 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР

№ этапа	Наименование этапов работ по договору	Окончание работ	Стоимость, тыс. руб.	Отчетность (результаты работы)
1	Построение расчетных моделей и проведение расчетов верификационных задач по пакету программ ЛОГОС и по коммерческому коду	15.11.2012	2000,00	Акт, аннотационный отчет, отчет, расчетные модели, результаты расчетов
2	Проведение расчетов моделирования гидродинамики массообмена теплоносителя в пучке ТВС АЭС-2006 по коммерческому коду в интересах кросс - верификации ЛОГОС	15.11.2012	2500,00	Акт, аннотационный отчет, отчет, расчетные модели, результаты расчетов
3	Построение расчетной модели ТУК и проведение кросс - верификационных расчетов по ЛОГОС-Прочность и коммерческому ПО	15.11.2012	2000,00	Акт, аннотационный отчет, отчет, расчетные модели, результаты расчетов

3 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ

Результаты работы представляются Заказчику в виде научно-технической документации (НТД) в соответствии с Календарным планом. НТД по каждому этапу должна включать:

- аннотационный отчет;
- заключительный отчет в бумажном виде в 2-х экземплярах (2 экз. оригинала в несброшпорованном виде);
- в электронном виде на оптическом носителе (в отсканированном виде в формате PDF);
- в электронном виде на оптическом носителе (расчетные модели и результаты расчетов по каждой задаче в форматах используемых пакетов программ).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень верификационных задач

1 Гидродинамические течения без теплообмена

Задача А 1.1. Ламинарное течение в диффузоре и конфузоре

Рассматривается установившееся ламинарное течение вязкой жидкости между двумя плоскими стенками, наклонёнными друг к другу под небольшим углом. Задача двумерна.

Исходные данные: постановка задачи, аналитические решения.

Задача А 1.2. Поперечное обтекание трубного пучка

Рассматривается боковое обтекание трубного пучка с периодическим их взаиморасположением при трёх вариантах соотношения периодов. Входным параметром служит расход жидкости.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

Задача А 1.3. Турбулентное течение в гйбе (180°)

Рассматривается течение в канале круглого сечения, имеющего два прямых и один закруглённый участок.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

Задача А 1.4. Турбулентное течение в круглом канале с внезапным сужением

Рассматривается течение в осесимметричной конфигурации, трубе со ступенчатым сужением при ламинарном и турбулентном режимах течения.

Исходные данные: постановка задачи, результаты расчетов, полученные на известных инженерных комплексах программ, имеющиеся экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k-ε, SST и др.

Результаты решения сравниваются с результатами решения на существующих коммерческих программных комплексах, с экспериментальными данными.

Задача А 1.5. Турбулентное течение в круглом, внезапно расширяющемся канале

Рассматривается турбулентное течение в трубе со ступенчатым расширением.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k-ε, SST и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

2 Гидродинамические течения с теплообменом

Задача А 1.6. Теплообмен в канале с гофрированными стенками



Исследуются характеристики влияния гофрированных в виде сопел внутренних поверхностей круглого канала на теплопередачу и трение потока воздуха для различных чисел Рейнольдса. Рассматриваются три различных конфигурации.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k-ε, SST и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными. Сравнение проводится по числу Нуссельта.

Задача А 1.7. Течения в Т-соединениях

А1.7-1. Течение в Т-соединении (1)

Исследуются нестационарная гидродинамика и теплоперенос при течении воды в Т-соединении для трех различных соотношений потоков между горячей и холодной водой.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k-ε, SST, LES и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

А 1.7-2. Течение в Т-соединении (2)

Исследуются нестационарная гидродинамика и теплоперенос при течении воды в Т-соединении для различных чисел Рейнольдса (2 варианта).

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k-ε, SST, LES и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

А 1.7-3. Течение в Т-соединении (3)

Исследуется гидродинамика и теплоперенос в Т-соединении. Рассматриваются две конфигурации врезки патрубка в основную трубу.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k-ε, SST, LES и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

А 1.7-4. Течение в Т-соединении (4)

Исследуется не только гидродинамика и теплопереноса в Т-соединении потоков теплой и холодной воды, но и смешения струи обычной и неионизированной воды. Для анализа



смешения струй численные модели дополнены уравнением переноса «скаляра» с различными числами Шмидта.

Исходные данные: постановка задачи, результаты расчетов, полученные на известных инженерных комплексах программ, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k- ϵ , SST, LES и др.

Результаты решения сравниваются с результатами решения на существующих коммерческих программных комплексах, с экспериментальными данными.

Задача А 1.8. Поперечное обтекание нагреваемого трубного пучка

Исследование теплопередачи и характеристик потока воздуха в канале при поперечном обтекании труб (в количестве от одной трубы до пучка одинаковых труб). В расчетах варьируется число Рейнольдса и значение температуры воздуха вверх по потоку. Во время экспериментов скорость была постоянной.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: k- ϵ , SST и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

3 Теплопроводность в твердом теле

Задача А 1.9. Стационарная теплопроводность куба, вырезанного в полый сфере

Рассматривается задача о тепловом состоянии полого шара, образованного концентрическими сферами радиусов R_1 и R_2 . На внутреннем и внешнем радиусах шара с теплопроводностью λ заданы температуры T_1 и T_2 соответственно.

В шар вписана расчетная область, имеющая вид куба со стороной.

Тепловое состояние шара определяется из аналитического решения для одномерной стационарной задачи для радиальной теплопроводности в сфере. Задачей является определение температуры внутри расчетной области - задача становится трехмерной в декартовой системе координат.

Исходные данные: постановка задачи, аналитическое решение.

Задача А 1.10. Стационарная теплопроводность в полукольце.

Рассматривается стационарная теплопроводность в полукольце квадратного поперечного сечения, произвольно расположенного в полном шаре. Тепловое состояние шара аналогично предыдущей задаче.

Исходные данные: постановка задачи, аналитическое решение.

5 Конвективные течения

Задача А 1.11. Естественная конвекция между цилиндрическими поверхностями.



Рассматривается ламинарная естественная конвекция в двумерной полости, образованной цилиндрами, коаксиально или некоаксиально помещёнными друг в друга. Нагреваемая граница расположена внутри охлаждаемой.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

Задача А 1.12. Естественнo–конвективный пограничный слой у вертикальной пластины

Исследование параметров турбулентного пограничного слоя вдоль вертикальной пластины.

Исходные данные: постановка задачи, экспериментальные данные.

Модели турбулентности: низкорейнольдсовыe k - ϵ , SST и др.

Результаты решения сравниваются с экспериментальными данными.

Задача А 1.13. Ламинарная естественная конвекция в вертикальном цилиндрическом кольце

Исследуется нестационарная ламинарная естественная конвекция в цилиндрическом кольце при низких и высоких числах Релея.

Исходные данные: постановка задачи, результаты расчетов, полученные на известных инженерных комплексах программ, имеющиеся экспериментальные данные.

Результаты решения сравниваются с результатами решения на существующих коммерческих программных комплексах, с экспериментальными данными.



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Описание режимов моделирования перемешивания теплоносителя в пучке ТВС АЭС-2006

Модель пучка ТВС АЭС-2006 состоит из 312 имитаторов твэл, 19 имитаторов направляющих каналов, а также четырех дистанционирующих решеток. На рисунке 1 приведено изображение модели пучка ТВС.

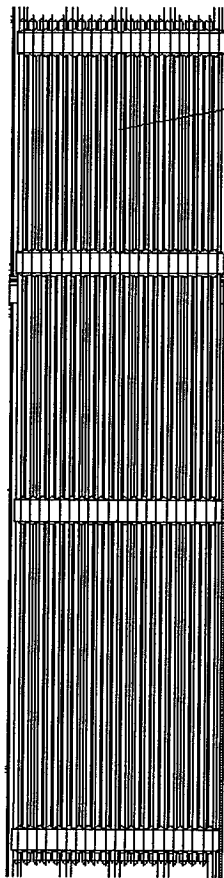


Рисунок 1 – Модель пучка ТВС АЭС-2006

Для исследования процессов перемешивания теплоносителя в ТВС используется методика подачи солевого раствора в межтвельные ячейки. Рассматриваются четыре варианта подачи солевого раствора в различные ячейки согласно рисунку 2 (узлы К8, Н4, Р11, О14).

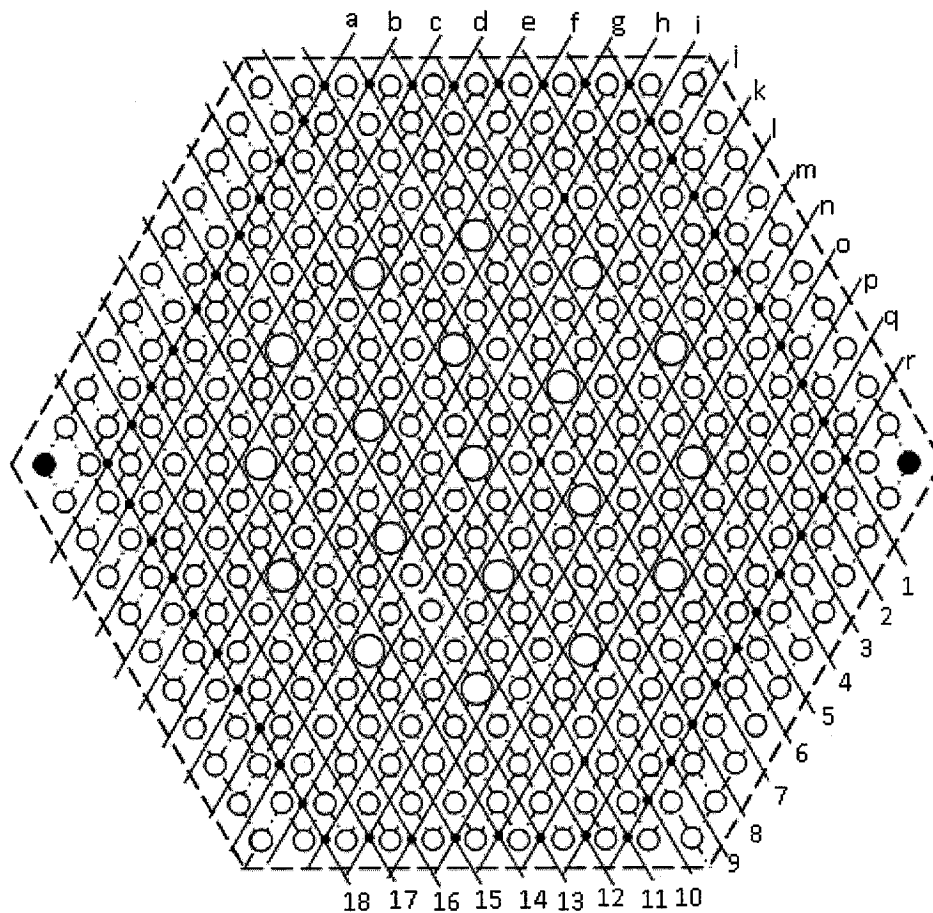


Рисунок 2 - Картограмма узлов подачи примеси

Для каждого варианта моделирование проводится в диапазоне расходов теплоносителя от 100 до 500 м³/ч : 100, 200, 300, 400, 450, 500 м³/ч.

Дополнительные предположения: перемешивающая решетка отсутствует, диаметры имитаторов направляющих каналов и тяги постоянны по длине.

/ Начальник отдела 2.10

М.А. Быков
24.08.12

М.А. Быков