

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ ИРТ-3М

Пасько Д.В.¹, Смольников Н.В.²

¹ НИ ТПУ, ИЯТШ, гр. 0АМ31, e-mail: dvp52@tpu.ru

² НИ ТПУ, УНЦ ИЯР, Инженер-физик, e-mail: nvs38@tpu.ru

Введение

Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т – это реактор бассейнового типа с использованием в качестве замедлителя, теплоносителя и верхней защиты обессоленной воды [1]. Активная зона реактора расположена в бассейне под водой на глубине 6 м и набрана из 20-ти тепловыделяющих сборок (ТВС) типа ИРТ-3М и 36 металлических бериллиевых блоков.

Одной из ключевых задач при обосновании безопасности реакторной установки является определение гидродинамических характеристик активной зоны, которые позволяют оценить теплотехническую надёжность и условия эксплуатации тепловыделяющих сборок. Проведение моделирования теплогидравлических процессов активной зоны в детальной структуре невозможно без создания прецизионной расчетной модели ТВС, поэтому целью данной работы является определение гидродинамических характеристик ТВС типа ИРТ-3М.

Описание алгоритма

Расчетная модель должна обладать высокой точностью и сходимостью с эксплуатационными параметрами, поэтому разработка трехмерных моделей ТВС осуществлялась на основе конструкторской документации. Для подтверждения корректности моделей проведено сопоставление результатов моделирования с экспериментальными данными.

В работе [2] проводились экспериментальные исследования с целью определения скорости теплоносителя в зазорах. Для этого был разработан специальный гидравлический стенд, колонка которого имитировала участок корпуса активной зоны, а также для имитации соседних ТВС были установлены пластины, благодаря которым движение теплоносителя соответствовало реальным условиям. Циркуляцию воды обеспечивал центробежный насос с максимальным расходом 58,2 м³/ч.

Поперечный разрез колоки гидравлического стенда показан на рис. 1 [2].

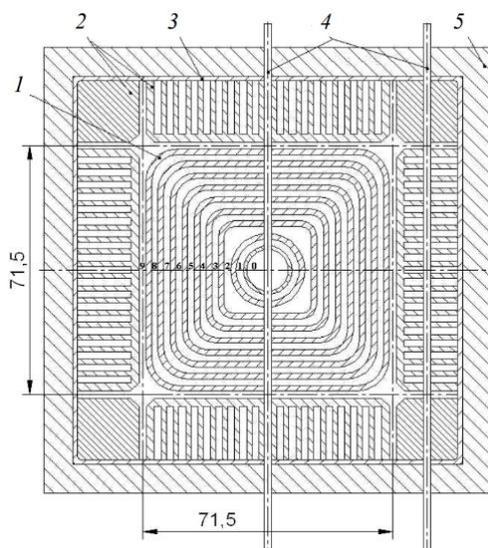


Рис. 1. Поперечный разрез колонки гидравлического стенда:

1, 2 – макет и имитаторы ТВС; 3 – обечайка колонки; 4 – датчики; 5 – корпус колонки

Гидравлические характеристики рассчитывались на основе значений динамического напора в каждом зазоре, после чего определялась скорость теплоносителя согласно (1).

$$W_i = \varphi \sqrt{2gH_{\text{дин } i}}, \quad (1)$$

где $\varphi = 0,68$ – коэффициент скорости для сжатого сечения;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

$H_{дин i}$ – скоростной напор, м.

Авторы работы [2] отмечают, что при перепаде давления, равном 24 кПа, полный объемный расход теплоносителя через восьмитрубную ТВС ИРТ-3М составляет 28,4 м³/ч, средняя скорость в зазорах ТВС 2,6 м/с.

Моделирование проводилось с помощью программного комплекса Логос Аэро-Гидро. В качестве решения уравнения движения вязкой жидкости использовался алгоритм SIMPLE в разделенном решателе Гидро.

Гидравлическая колонка, включающая в себя: ТВС, имитаторы, обечайку и корпус была воссоздана с учетом всех геометрических особенностей (рис. 2)

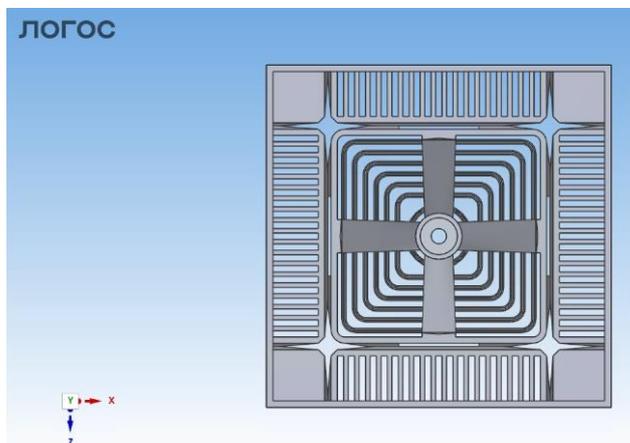


Рис. 2. Колонка гидравлического стенда с имитаторами ТВС

При проведении моделирования гидродинамических процессов использовались следующие начальные условия:

–статическое давление равно одной атмосфере ($P = 101325$ Па);

–расход теплоносителя через колонку, соответствующий максимальной подаче центробежного насоса из эксперимента ($Q = 58,2$ м³/ч) [2].

Результаты моделирования и сравнение полученных результатов с экспериментальными значениями авторов [2] представлено в таблице 1.

Таблица 1

Экспериментальные и расчётные гидравлические параметры для колонки с восьмитрубной ТВС

Параметр	Экспериментальные значения	Результаты моделирования в ПП «Логос»
Перепад давления, кПа	$24 \pm 1,44$	$24,18 \pm 0,0039$
Расход через восьмитрубную ТВС, м ³ /ч	$28,4 \pm 1,704$	$30,02 \pm 0,00223$
Средняя скорость в зазорах, м/с	$2,6 \pm 0,156$	$2,48 \pm 0,00232$

Расчетные значения попадают в доверительный интервал экспериментально определенных гидравлических параметров, что свидетельствует о корректности разработанных моделей.

С целью определения гидравлических характеристик шеститрубной ТВС было проведено аналогичное моделирование (Рис. 3).

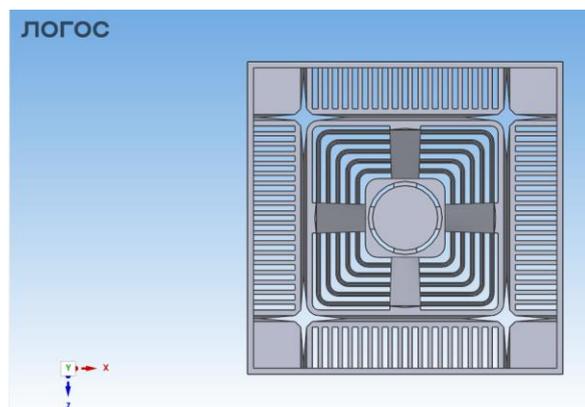


Рис. 3. Колонка гидравлического стенда с шеститрубной ТВС

В результате моделирования были получены следующие гидравлические характеристики шеститрубной ТВС:

- перепад давления, равный 25,07 кПа;
- полный объемный расход теплоносителя, равный 29,58 м³/ч;
- средняя скорость теплоносителя в зазорах составила 2,58 м/с.

Заключение

В рамках проведения исследования разработаны трехмерные модели восмитрубной и шеститрубной ТВС типа ИРТ-3М.

Проведено численное моделирование гидравлических характеристик ТВС ИРТ-3М с целью верификации разработанной модели в ПП «Логос» с использованием алгоритма SIMPLE в разделенном решателе Гидро. По результатам сопоставления полученных значений с экспериментальным исследованием была подтверждена корректность моделей.

Список использованных источников

1. Глухов Г. Г., Диденко А. Н. Ядерный реактор ИРТ-Т НИИЯФ ТПИ в научных и прикладных исследованиях. // Атомная энергия. – 1988. – Т. 64, №. 5. – С. 366-370.
2. Насонов В.А., Рязанцев Е.П., Талиев А.В. Яшин А.Ф. Определение скорости воды в зазорах ТВС ИРТ-3М, -4М // Атомная энергия. – 2011. – Т.110, №.6. – С.317 – 321.