

**РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ПРИ
ПРОХОЖДЕНИИ ГЕЛИЕВОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ
ПЛОТНУЮ УКЛАДКУ ШАРОВЫХ ТВЭЛ**

Погорелов М. Д. – магистр,
Сумин Р. В. – магистр,
Научный руководитель – Бокова Т. А., к. т. н., доцент
кафедры «Атомные и тепловые станции»,
Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева,
г. Н. Новгород, Российская Федерация

Аннотация: в настоящее время, одним из наиболее перспективных направлений развития альтернативной энергетики является водородная энергетика с использованием высокотемпературных газоохлаждаемых ядерных реакторов.

В частности, для применения в рамках водородной энергетики предлагаются модульные гелиевые реакторы с свободной засыпкой шаровых ТВЭЛ, однако единой методологии экспериментальных исследований процесса течения теплоносителя через нерегулярные и регулярные укладки, формирующиеся в активной зоне таких реакторов, до сих пор не существует. Необходимый для конструкторов и инженеров массив первоначальных данных может обеспечить расчетное исследование с применением программных систем анализа методом конечных элементов и численного моделирования.

Ключевые слова: водородная энергетика, гелиевый теплоноситель, шаровая укладка, численное моделирование.

**COMPUTATIONAL INVESTIGATION AND NUMERICAL
SIMULATION OF THE TEMPERATURE AND PRESSURE FIELD
DURING THE PASSAGE OF A HELIUM COOLANT THROUGH A
TIGHT PACKING OF SPHERE FUEL ELEMENTS**

Abstract: at present, one of the most promising areas for the development of alternative energy is hydrogen energy using high-temperature gas-cooled nuclear reactors.

In particular, modular helium reactors with free filling of spherical fuel elements are proposed for use in the framework of hydrogen energy, however, there is still no unified methodology for experimental studies of the process of coolant flow through irregular and regular stacks formed in the core of such reactors. The array of initial data necessary for designers and engineers can be provided by a computational study using software systems for analysis by the finite element method and numerical simulation.

Keywords: hydrogen energy, helium coolant, pebble bed, numerical simulation.

На базе НГТУ им. Р. Е. Алексеева было проведено численное моделирование и расчетный анализ полей температур и давлений для плотной (гексагональной) шаровой укладки в ячейке (рис. 1), имитирующей участок активной зоны близ нижнего графитового отражателя, где может наблюдаться «заклинивание» шаровых твэл, из-за механического и термического повреждения и разрушения их внешней оболочки при многократном прохождении через активную зону, и последующее локальное уплотнение шаровой засыпки. Выбор этой конфигурации обусловлен простотой твердотельного моделирования и важностью исследования течения теплоносителя через уплотненные участки засыпки, которые в ситуации потери теплоносителя являются наиболее энергонапряженным ввиду своих геометрических и нейтронных характеристик [1].

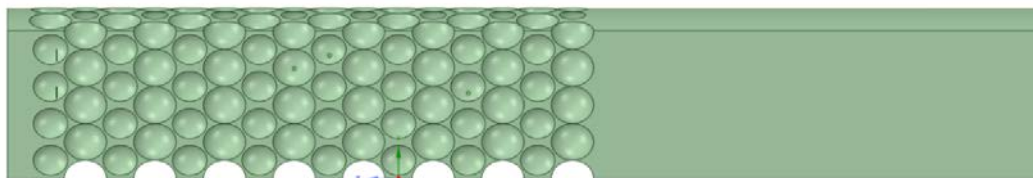


Рисунок 1 – Участок твердотельной модели плотной шаровой укладки

Моделирование укладки шаров в рассматриваемой ячейке проводилось средствами инженерного программного обеспечения систем автоматического проектирования, теплогидравлический расчет течения гелиевого теплоносителя через шаровую укладку производился в специализированном программном обеспечении для CFD расчетов. Результатом проведенных численных расчетов стало получение полей распределения температур на входе и выходе, полей распределения давлений на входе и выходе расчетного участка в осевом сечении; поле распределения температур в меридиональном сечении. На основании полученных данных, были найдены значения коэффициента сопротивления, числа Рейнольдса, коэффициента теплоотдачи, а также максимальной скорости в минимальном сечении шаровой укладки. Они сравнивались с расчетными значениями, полученными аналитически по эмпирическим формулам, известным для регулярных упаковок по двум теориям – внешнего и внутреннего – обтекания шарового слоя [2].

Результаты проведенного исследования позволяют говорить о возможности применения программных систем метода конечно-разностных элементов при исследовании течения гелиевого теплоносителя через шаровые укладки.

Список литературы

1. Богоявленский Р. Г. Гидродинамика и теплообмен в высокотемпературных ядерных реакторах с шаровыми твэлами – М.: Атомиздат, 1978. – 112 с.
2. Деменок, С. Л. Гидродинамика и теплообмен в шаровых укладках : учеб. пособие для вузов / В. В. Медведев, С. М. Сивуха; С. Л. Деменок. – Санкт-Петербург: Страта, 2018. – 193 с.