

О ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО КОНВЕКТИВНОМУ ТЕПЛООБМЕНУ В ЖИДКОМ НАТРИИ

Интерес к конвекции жидких металлов в замкнутых объемах обусловлен их использованием в качестве теплоносителя в ядерных и термоядерных установках. Жидкие металлы обладают малым значением числа Прандтля, что определяет специфику конвективного теплообмена в жидкометаллических теплообменниках. Возможности экспериментального изучения турбулентной конвекции металла в реальных системах крайне ограничены. Это, с одной стороны, повышает роль расчетов на основе программных пакетов, а с другой стороны, делает необходимым надежную верификацию используемых кодов. Последнее требует создание базы экспериментальных данных для сравнения результатов расчетов с результатами измерений в реальных потоках металлов. Одной из канонических задач свободной конвекции является конвекция в цилиндрической полости с наложенным аксиальным градиентом температуры. Однако даже для такой простой геометрии проблемой при сопоставлении данных расчетов и экспериментов становится адекватность граничных условий на торцевых границах. Особенно остро проблема встает в экспериментах с натрием, температуропроводность которого сопоставима с температуропроводностью меди, традиционно используемой для изготовления теплообменников. Эксперименты по турбулентной конвекции натрия в цилиндрах с аспектным соотношением $\Gamma = L/D = 5$ и $\Gamma = 20$ показали, что поток натрия может менять температуру медных пластин на 6—7 °С при наложенной разности температуры 20 °С. В данной работе приведены первые результаты исследования турбулентного конвективного течения натрия в цилиндре размерами $L = D = 200$ мм, отличающегося не только аспектным отношением, но и конструкцией теплообменников. Теплообменники представляют собой дополнительные камеры с жидким натрием, отделенные от основного объема натрия тонкой медной стенкой, в которых установлены нагреватели (холодильники) и обеспечено интенсивное перемешивание натрия. В докладе приводится анализ работы описанных теплообменников, а также сравнительный анализ результатов исследования конвекции для различных аспектных соотношений канала. Выполнены численные расчеты с различными граничными условиями и проведено сопоставление с экспериментом.

ON BOUNDARY CONDITIONS IN EXPERIMENTS ON CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN LIQUID SODIUM

The convection of liquid metals in closed volumes is interesting due to their use as a coolant in nuclear and thermonuclear reactors. Liquid metals have a small Prandtl number, which determines the specific features of convective heat transfer in liquid-metal heat exchangers. The possibilities of experimental study of turbulent liquid metal convection in real systems are extremely limited. This, on the one hand, increases the role of simulations based on CFD codes, and on the other hand, demands reliable verification of these codes. The latter requires the creation of an experimental database for comparing the results of calculations with results of measurements in real liquid metal flows. One of the canonical problems of free convection is convection in a cylindrical cavity with an imposed axial temperature gradient. However, even for such a simple geometry, the adequacy of boundary conditions at the top and bottom boundaries becomes a challenge in comparing the simulations and experiments. The problem is especially difficult in experiments with sodium, the thermal diffusivity of which is comparable to the thermal diffusivity of copper, traditionally used for the manufacture of heat exchangers. Experiments on turbulent convection of sodium in cylinders with an aspect ratio of $\Gamma = L/D = 5$ and $\Gamma = 20$ have shown that the liquid sodium flow can change the temperature of copper plates by 6—7 °C at a applied temperature difference of 20 °C. In this work, the first results of a study of the turbulent convective sodium flow in a cylinder having dimensions $L = D = 200$ mm are presented. The setup differs not only in aspect ratio but also in the design of heat exchangers. Heat exchangers are additional chambers with liquid sodium, separated from the main volume of sodium by a thin copper plate. In the heat exchangers heaters (coolers) are installed and intensive mixing of sodium is ensured. We analyze the operation of the described heat exchangers, and we present a comparative analysis of the results of the convection study for various channel aspect ratios. Numerical calculations with various boundary conditions are performed and a comparison with experiment is done.