

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТРУБАХ ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ

Фиалко Н.М.¹, Пиоро И.Л.², Шеренковский Ю.В.¹, Шараевский И.Г.³,
Меранова Н.О.¹, Алешко Сергей Александрович¹ (докладчик),
Хмиль Д.П.¹, Войтенко А.Ю.⁴, Брусинская Я.В.⁴

¹Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

тел./факс. (044)456-91-71, e-mail: nmfialko@ukr.net, s_aleshko@ukr.net

² Faculty of Energy Systems and Nuclear Science University of Ontario Institute of Technology 2000 Simcoe Str. N., Oshawa ON L1K 7K4 Canada

³Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины,

⁴ Национальный авиационный университет, г. Киев,

Цель работы. Анализ особенностей скоростных и температурных полей при подъемном течении воды в вертикальных гладких трубах при сверхкритических давлениях.

Результаты. Приводится постановка осесимметричной нелинейной стационарной задачи смешанной конвекции (вынужденное и свободное движение) при восходящем течении сверхкритической воды в гладких трубах. Представлены данные верификации моделей турбулентного переноса для указанных условий. При этом рассмотрены модели, относящиеся к трем различным группам: высокорейнольсовые k - ϵ модели с пристеночными функциями, низкорейнольсовые k - ϵ модели и k - ω модели. По результатам указанной верификации показано, что рассматриваемой физической ситуации в наибольшей мере отвечает k - ω SST модель турбулентности. Приводятся данные о пространственном распределении теплофизических свойств сверхкритической воды, свидетельствующие о существенном изменении этих свойств по длине и радиусу трубы. Рассмотрены результаты моделирования по исследованию влияния величины теплового потока на закономерности течения и теплоотдачи. Обсуждаются особенности движения начала и конца фронтов псевдофазового перехода. Особое внимание уделяется теплофизической интерпретации данных компьютерного моделирования по изучению влияния естественной конвекции за счет архимедовых сил, обусловленных разницей плотностей жидкости в различных точках сечения потока, на конфигурацию профилей скорости и температуры в поперечных сечениях канала. Приводятся также результаты по установлению закономерностей влияния на характеристики течения и теплообмена величины температуры жидкости на входе в трубу.

Выводы. На основе компьютерного моделирования установлены закономерности течения сверхкритической воды в гладких трубах при режимах, отвечающих наличию смешанной конвекции. Выявлены особенности влияния величины плотности подводимого теплового потока и температуры воды во входном сечении канала на ее теплогидравлические параметры.

COMPUTER SIMULATION OF FLOW AND HEAT TRANSFER IN VERTICAL TUBES AT SUPERCRITICAL PARAMETERS

Fialko N.M.¹, Pioro I.L.², Sherenkovsii Ju.V.¹, Sharaevskiy I.G.³, Meranova N.O.¹, Alioshko S.O.¹, Khmil D.P.¹, Voitenko A.Ju.⁴, Brusinskaja Ja.⁴

¹*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, Kyiv*

тел./факс. (044)456-91-71, e-mail: nmfialko@ukr.net, s_aleshko@ukr.net

²*Faculty of Energy Systems and Nuclear Science University of Ontario Institute of Technology 2000 Simcoe Str. N., Oshawa ON L1K 7K4 Canada*

³*Institute for Nuclear Safety Problems of Nuclear Power Plants of NAS of Ukraine, Kyiv*

⁴*National Aviation University, Kiev,*

Objective. Analysis of the features of velocity and temperature fields in the elevated water flow in vertical bare tubes at supercritical pressures.

Results. The formulation of an axisymmetric nonlinear stationary problem of mixed convection (forced and free motion) is given for an ascending flow of supercritical water in bare tubes. The verification data of turbulent transfer models for these conditions are presented. In this case, models relating to three different groups: High-Reynolds number k - ε models with wall functions, Low-Reynolds number k - ε models and k - ω models are considered.

Based on the results of this verification, it was shown that the k - ω SST model of turbulence corresponds to the greatest extent to the physical situation in question. Data on the spatial distribution of the thermophysical properties of supercritical water, indicating a significant change in these properties along the length and radius of the tube are presented. The results of modeling the investigation of heat flux effect on the regularities of flow and heat transfer are considered.

The features of the motion of the beginning and the end of the fronts of a pseudo-phase transition are discussed. Particular attention is paid to the thermophysical interpretation of computer simulation data to study the effect of natural convection due to Archimedean forces due to the difference in fluid densities at various points of the flow cross-section, on the configuration of the velocity and temperature profiles in the cross sections of the channel. Results on the establishment of regularities in the effect on the characteristics of the flow and heat transfer of the liquid temperature at the entrance to the tube are also given.

Conclusions. On the basis of computer simulation, the regularities of the flow of supercritical water in bare tubes are established under conditions corresponding to the presence of mixed convection. The features of the influence of the input heat flux and water temperature in the inlet section of the channel on its thermal and hydraulic parameters are revealed.