

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ТЕЧЕНИИ ВОДЫ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКЕ

Ковецкая М.М., Кондратьева Е.А.

*Институт технической теплофизики НАН Украины,
Киев, Украина*

Вода при сверхкритическом давлении имеет ряд особенностей, касающихся ее теплофизических свойств. При этом наиболее резко изменяется теплоемкость воды, которая достигает максимума при критической температуре. В условиях, близких к критическим, происходит ускорение потока воды из-за уменьшения ее плотности. Ускорение потока приводит к уменьшению турбулентности и ухудшению теплообмена. Особенностью течения воды при сверхкритическом давлении является развитие естественной конвекции за счет архимедовых сил в связи с разницей плотностей в различных сечениях потока.

Цель работы — исследование процессов гидродинамики и теплообмена в шестигранной семистержневой тепловыделяющей сборке, охлаждаемой водой при до- и сверхкритических параметрах. Численное исследование процессов гидродинамики и теплообмена проводилось на основе RNG k - ε модели турбулентности с использованием уравнений состояния формуляции IF-97. В результате моделирования получены гидродинамические и тепловые характеристика потока теплоносителя в сборке.

Численное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена при течении воды сверхкритических параметров в тепловыделяющей сборке позволило определить условия возникновения области ухудшенного теплообмена. Результаты расчетов свидетельствуют о существенной перестройке структуры потока при переходе от докритических к сверхкритическим параметрам теплоносителя. При достижении температуры теплоносителя критического значения коэффициент теплоотдачи резко снижается, возникает зона ухудшенного теплообмена, которая распространяется до выхода из тепловыделяющей сборки.

Проанализировано влияние изменения расхода теплоносителя на условия возникновения и развития режимов ухудшенного теплообмена.

Показано, что режим ухудшенного теплообмена возникает локально в центральных ячейках тепловыделяющей сборки между обогреваемыми стержнями после достижения температуры теплоносителя критического значения. В этих ячейках наблюдается резкое возрастание температуры стенки тепловыделяющих элементов и ее сильная азимутальная неравномерность.

HEAT TRANSFER OF SUPERCRITICAL PRESSURE WATER IN FUEL ASSEMBLIES

Kovetskaya M.M., Kondratieva E.A.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Water at supercritical pressure has a number of distinctive features, as far as its thermophysical properties are concerned. The most abrupt change is experienced by the water heat capacity, which may peak at a critical temperature. Under nearly critical conditions, the flow of water is accelerated due to the decrease in its density. Acceleration of the water flow leads to a decrease in its turbulence and to an impairment of the heat transfer in it. A distinctive feature of supercritical pressure water is the development of natural convection in it due to buoyancy forces because of the difference in densities at different points cross sections of flow.

The work seeks to investigation of the processes of hydrodynamics and heat transfer in a hexagonal seven-rod fuel assembly cooled by water at sub- and supercritical parameters.

Numerical investigation of the processes of hydrodynamics and heat transfer was based on the RNG k - ε turbulence model equations of state of the IF-97

formulation were used. Hydrodynamic and thermal characteristics of the coolant flow in the assembly have been obtained as a result of the modeling.

Numerical simulations of fluid flow and heat transfer in supercritical water flow in the fuel rod bundle enabled determining conditions for the onset of deteriorated heat transfer. The results reveal a substantial restructuring of the fluid flow pattern due to the transition from subcritical to supercritical fluid. When the coolant temperature reaches the value corresponding to critical heat flux, the heat transfer coefficient decreases sharply, and a region of deteriorated heat transfer area emerges, which extends up to the outlet of the fuel rod bundle.

The effect of the coolant flow rate on the conditions of occurrence and development of degraded heat transfer modes is analyzed.

Regime of degraded heat transfer occurs locally in the central cells of the fuel assembly between heated kernels after reaching the critical temperature of coolant. In these cells sharp increase of temperature of walls of heat emitting elements and a strong azimuthally non-uniformity of the heat transfer coefficient were observed.