

Анализ актуальности использования нептуниевого нитридного топлива в реакторах на быстрых нейтронах

Д. Г. Черешков

ОИЯИ, г. Дубна, Россия

Проектирование новых ядерных установок предполагает строгое соблюдение современных требований специальных норм и правил. В последние годы в странах-лидерах атомной отрасли достижение естественной безопасности и устойчивости работы ядерного реактора обеспечивается за счет накопленного опыта эксплуатации ядерных реакторов и непрерывные исследования по поиску топлива и совершенствованию топливной композиции. На основе анализа статей и материалов разных послереакторных экспериментов разных видов топлив, проведенных на площадках институтов, входящих в состав госкорпорации Росатом, утверждается, что использование более плотных видов топлив или топлив на основе минорных актинидов обеспечит работоспособность ядерных реакторов до более высоких технологических параметров.

В работе проанализирован эксперимент для определения критической массы сферы из нептуния-237, проведенный в Лос-Аламосской лаборатории. На основе его создана модель сферы нептуния и проведены расчеты нейтронно-физических характеристик с использованием метода Монте Карло. Полученные результаты находятся в хорошем соответствии с значениями, полученных в рассмотренном эксперименте. Созданы модели реакторов с нептуниевой активной зоной разного состава и натриевым теплоносителем. В результате, за счет лучших свойств нептуния в высокоэнергетической области работы реактора таких как сечения деления и захвата по сравнению с ураном и плутонием, в расчетах получено, что улучшаются нейтронно-физические характеристики реактора. Значения первоначального запаса реактивности, времени жизни поколения быстрых нейтронов и эффективной доли запаздывающих нейтронов уменьшены. Полученные результаты будут использованы для совершенствования изотопного состава нептуниевого топлива и на их основе может быть проведена дальнейшая аттестация и верификация расчетных кодов и моделей ядерных реакторов.

Кроме того, предполагается, что использование ядерных топлив на основе минорных актинидов (нептуний, америций) приведет к улучшению их технико-

экономических характеристик. Важным аргументом в пользу этого является то, что наличие нептуния в топливе приводит к повышению коэффициента размножения нейтронов, последующему выжиганию минорных актинидов, представляющих долгоживущими радиационно-опасными нуклидами, и получению ценного в различных областях техники и медицины радионуклида ^{238}Pu , используемый для генерации тепла в космических аппаратах и удаленных автономных установках.

Analysis of the neptunium nitride fuel using relevance in fast neutron reactors

D. G. Chereskov

JINR, Dubna, Russia

The design of new nuclear facilities involves strict adherence to modern safety standards and regulations. In recent years, leading countries in the nuclear industry have ensured the safety and stability of nuclear reactors through accumulated experience and continuous research into fuel composition and his improvement. Based on analyses of articles and post-reactor experiments of various nuclear fuels, conducted at sites belonging to the Rosatom State Corporation, we can argue that using denser fuels or those based on minor actinides would ensure the operability of nuclear reactors at higher technological parameters.

The paper analyzes an experiment conducted at the Los Alamos Laboratory determining the critical mass of a neptunium-237 sphere. Based on this experiment, a model of a neptunium sphere was created and calculations of neutron parameters were carried out using the Monte Carlo method. The results of these calculations are in good agreement with those obtained in the experiment. Models of reactors with a neptunium core and a sodium coolant were created. Due to the better physical properties of neptunium compared to uranium and plutonium in the high-energy field of reactor operation (fission and capture cross sections), it was found that the neutron parameters of the reactors are improved. This includes reduced values of the initial reactivity margin, the lifetime of fast neutron generation and the effective delayed neutron fraction. The results obtained will be used to improve the isotopic composition of neptunium fuel. Based on these results, further certification and verification of neutron codes and models of nuclear reactors can be conducted.

In addition, the use of nuclear fuels based on minor actinides (neptunium and americium) is expected to improve fuel technical and economic characteristics. A significant advantage of this approach is that the presence of neptunium in the fuel increases the neutron multiplication factor, thereby facilitating the subsequent burning of long-lived and radiation-hazardous minor actinides. This process also produces the valuable radionuclide ^{238}Pu , which is used in various technological and medical applications, such as generating heat for spacecraft and remote autonomous systems.