

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВИНЦОВО-ВИСМУТОВОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ СО СТАЛЬЮ ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ

В. И. Альмяшев^{1,2}, А. А. Сулацкий¹, С.В. Витоль¹, Е. В. Крушинов¹, С. Ю. Котова¹,
Е. В. Шевченко¹, Е. К. Каляго¹, В.Р. Булыгин¹, Е. М. Беляева¹, Е. Б. Шуваева¹,
А.В. Тимчук¹

¹ ФГУП «Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова»,
г. Сосновый Бор, Россия

² ФГАУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

Работа посвящена экспериментальному исследованию особенностей взаимодействия свинцово-висмутОВОГО теплоносителя со сталью оболочки ТВЭЛОВ для условий аварии реакторной установки, сопровождающейся существенным повышением температуры теплоносителя. Экспериментальное моделирование тяжелой аварии осуществлено экспозицией образцов стали оболочки ТВЭЛОВ при температурах расплава свинцово-висмутОВОЙ эвтектики ≈ 1190 , ≈ 1240 и ≈ 1320 °С в нейтральной и ≈ 1120 °С воздушной атмосфере. Экспериментальное исследование проведено на использующей технологию индукционной плавки в холодном тигле установке «Расплав-3» комплекса экспериментальных установок «Расплав». В результате эксперимента и пост-тест анализов было, в частности, показано, что при экспозиции фрагмента стальной оболочки ТВЭЛА в расплаве свинцово-висмутОВОЙ эвтектики с температурой ≈ 1320 °С происходит активное растворение стали в расплаве, причем при экспозиции в течение 60 мин образец растворился практически полностью. Кроме того, при пост-тест анализе слитка выявлена стратификация расплава на два несмешивающихся слоя. Первый слой по составу был близок к свинцово-висмутОВОЙ эвтектике без компонентов стали. Второй слой содержал в себе, помимо свинца и висмута, до 50 масс. % компонентов стали (железа и хрома). Полученные данные могут быть использованы при анализе и моделировании запроектных аварий на реакторных установках со свинцово-висмутОВОМ теплоносителем.

Ключевые слова: свинцово-висмутОВЫЙ теплоноситель, сталь оболочек ТВЭЛОВ, запроектные аварии, коррозия, температурный порог, расслоение расплава.

УДК: 621.039.546, 621.039.586

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INTERACTION BETWEEN THE LEAD-BISMUTH COOLANT AND THE STEEL OF THE FUEL ROD SHEATH

V. I. Almjashv, A. A. Sulatsky¹, S. A. Vitol¹, E. V. Krushinov¹, S. YU. Kotova¹,
E. V. Shevchenko¹, E. K. Kalyago¹, V. R. Bulygin¹, E. M. Belyaeva¹, E. B. Shuvaeva¹,
A. V. Timchuk¹

¹FSUE "Alexandrov NITI", Sosnovy Bor, Russia

²Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg, Russia

The paper describes an experimental study of the interaction between the lead-bismuth coolant and fuel-cladding steel in a reactor accident with a significant rise of the coolant temperature. Severe accident conditions were simulated by exposure of fuel clad steel samples to lead-

bismuth eutectic melt temperatures of ≈ 1190 , ≈ 1240 and ≈ 1320 °C in a neutral atmosphere and to ≈ 1120 °C in an air atmosphere. The experimental study was carried out in the “Rasplav-3” setup of the “Rasplav” test platform using the cold crucible induction melting technology. The experiment observations and post-test analyses have shown that exposure of a fuel clad steel sample to ≈ 1320 °C lead-bismuth eutectic melt causes an active dissolution of steel in the melt where the sample almost completely dissolves after 60 minutes of exposure. The post-test analysis has also shown that the structure of the produced ingot is stratified into two immiscible layers. The composition of the first layer is close to lead-bismuth eutectic without steel components. The second layer contains lead, bismuth, and up to 50 wt. % of steel components (iron and chromium). The data obtained can be used for analysis and modeling of beyond design basis accidents in lead-bismuth cooled reactors.

Keywords: lead-bismuth coolant, fuel-cladding steel, beyond design basis accidents, corrosion, temperature threshold, melt stratification.