

Рис. 3. Изменение коэффициента абсолютной термо-э. д. с. и его температурной зависимости у твердых растворов системы UC — UN:
○ — α ; ● — $d\alpha/dT$

Образцы закрепляли в отверстиях в холодильнике и нагревателе при помощи легкоплавкого припоя. Температура холодного спая составляла 286 К, горячего — до 450 К. Инструментальная погрешность определения α и $d\alpha/dT$ не превышала ± 2 и ± 10 отн. % соответственно.

Результаты измерений показаны на рис. 1—3. Как правило, экстремумы на концентрационных зависимостях α совпадают с экстремумами других физико-химических свойств. Для ZrC_x (см. рис. 1, а) наблюдается резкий минимум отрицательных значений α в области 48 ат. % углерода, что совпадает с максимумом на кривых температуры плавления и параметра кристаллической решетки [1, 4], а также с небольшим возрастанием микротвердости [5]. Значения α для ZrC_x в интервале 38—48 ат. % углерода близки к опубликованным [4], однако ранее не было обнаружено резкое возрастание α для состава, очень мало отличающегося от стехиометрического. Для оксикарида $Zr(C, O)$ достехиометрического состава характерны увеличенные отрицательные значения α . Для твердых растворов $(Zr, U)C$ концентрационная кривая термо-э. д. с. имеет минимум в области 5 мол. % UC (см. рис. 1, б), что совпадает с положением максимума модуля упругости и соответствующего ему максимума микротвердости [6]. При переходе в область достехиометрических

составов концентрационная зависимость α существенно изменяется (см. рис. 1, б). Частичная замена ZrC на NbC в твердом растворе $(Zr, Nb, U)C_{-1}$ приводила к сдвигу α в область отрицательных значений, причем этот сдвиг (на 1 ат. % NbC) составлял примерно $-0,1$ мкВ/град при содержании NbC до 10 ат. % и примерно $-0,03$ мкВ/град при 10—50 ат. % NbC . Подобный сдвиг обнаружен и при легировании $(Zr, U)C_{-1}$ до 2 ат. % WC .

Изменения состава приводят к качественно одинаковым изменениям α и $d\alpha/dT$ (см. рис. 2), что непосредственно следует из соотношения [7]

$$\alpha = \frac{\pi^2 k^2}{3e} T \left[\frac{\partial \ln \sigma(\epsilon)}{\partial \epsilon} \right]_{\epsilon = \epsilon_F} \quad (2)$$

Согласно соотношению (2) отрицательное значение абсолютной термо-э. д. с. указывает, что в ZrC и его твердых растворах, содержащих примерно до 15 мол. % UC, наиболее подвижными носителями тока являются электроны.

Положительные значения α для твердых растворов UN — UC (см. рис. 3) в первом приближении свидетельствуют о дырочной проводимости. Максимальные значения α наблюдаются при UN/UC $\approx 3/1$ и совпадают с максимумами температуры плавления [8] и модуля упругости [9], а также минимумом микротвердости [6] твердых растворов UC — UN. Сопоставление коэффициентов электронной теплоемкости [6] показывает, что составу $U(C_{0,25}N_{0,75})$ должен соответствовать наибольший вклад гомеополарной (ковалентной) составляющей межатомной связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тот Л. Карбиды и нитриды переходных металлов. М., «Мир», 1974.
2. Рудницкий А. А. Термоэлектрические свойства благородных металлов. М., Изд-во АН СССР, 1956.
3. Самсонов Т. В. Датчики для измерения температуры в промышленности. Киев, Изд-во АН УССР, 1962.
4. Самсонов Т. В. Физическое материаловедение карбидов. Киев, «Наукова думка», 1974.
5. Гомозов Л. И., Дедюрин А. И., Иванов О. С. В кн.: Физико-химический анализ сплавов урана, тория и циркония. М., «Наука», 1974, с. 178.
6. Gomozov L. I. e. a. In: Plutonium 1975 and other actinides. North Holland Publ., 1976, p. 915.
7. Mott N., Jones H. The Theory of Properties of Metals and Alloys. Oxford, 1936.
8. Benz R. «J. Nucl. Mater.», 1969, v. 31, p. 93.
9. Padel A., Groff A., De Novion C. Ibid., 1970, v. 36, p. 297.

Поступило в Редакцию 22.10.79

УДК 621.039.534.44

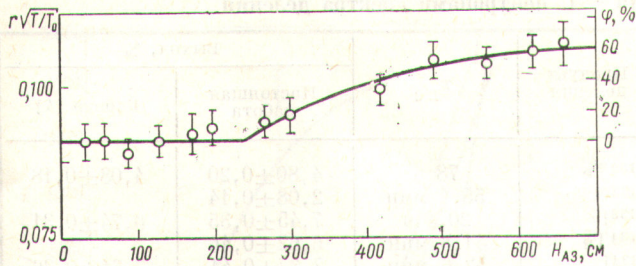
Определение распределения паросодержания в реакторе Курской АЭС ядерно-физическим методом

КУЛИКОВ В. И., ЛОМАКИН С. С., ФИЛИМОНЦЕВ Ю. Н., КАРНАУХОВ В. В., КРУТОГИН Ю. М.,
ГРЯЗНОВ А. М., ВОЛКОВ В. В.

Измерение распределения паросодержания в кипящих канальных реакторах — важная практическая задача, связанная с повышением надежности и безопасности АЭС.

Для измерения двухфазного (пароводяного) теплоносителя АЭС вне ядерного реактора используют несколько методов, основанных на фиксации реакции фаз на внешнее воздействие или на различие электрических и других свойств пара и жидкости, а также на ослаблении интенсивности нейтронного или других видов излучения [1]. Одна-

ко эти методы либо возмущают структуру среды теплоносителя, либо неприменимы внутри активных зон кипящих реакторов. Поэтому для определения распределения паросодержания внутри активной зоны кипящего реактора наиболее целесообразен и перспективен ядерно-физический метод, основанный на измерении параметров спектра нейтронов в зависимости от концентрации ядер водорода в пароводяном теплоносителе [2]. Изменения параметров спектра нейтронов внутри реактора фиксируют обычно



Р и с. 1. Распределение надтеплового параметра $r\sqrt{T/T_0}$ по высоте ТК: — — расчетное значение ϕ ; \circ — экспериментальные точки

с помощью спектрально-чувствительных активационных нейтронных детекторов.

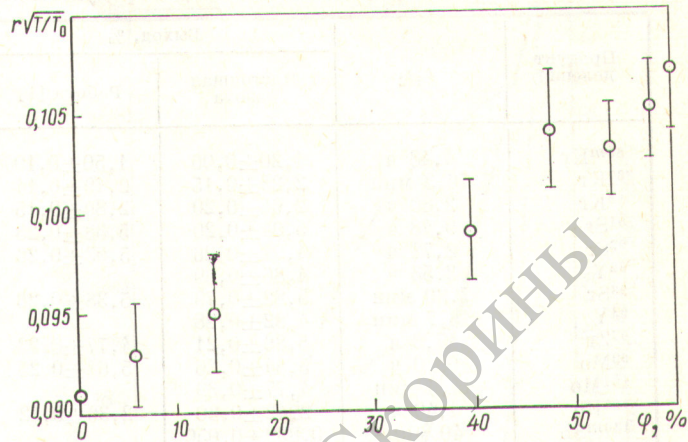
В измерениях на Курской АЭС использовали термостойкие активационные детекторы на основе сплава алюминия с лютецием и золотом, а также медные фольги, которые располагали по высоте технологического канала (ТК). Детекторы помещали в специальные ампулы таким образом, чтобы исключить влияние дистанционирующих решеток на измеряемые параметры.

Измерялся надтепловой параметр $r\sqrt{T/T_0}$ [3], где r — доля замедляющихся нейтронов, T — температура нейтронного газа ($T_0 = 293,6$ К).

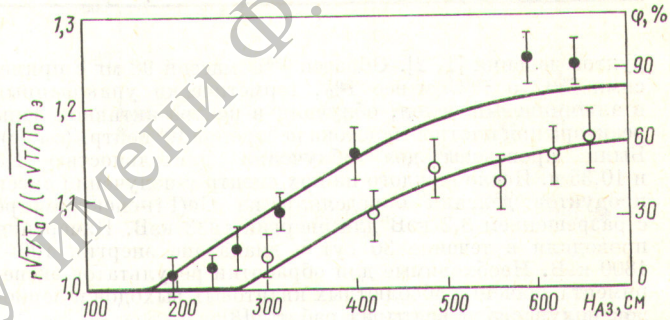
Из рис. 1, на котором представлены полученные экспериментальные и расчетные данные, следует, что метод позволяет выделить экономайзерный участок в ТК. Шкала расчетного значения объемного паросодержания ϕ выбрана в соответствии с изменением параметра $r\sqrt{T/T_0}$, среднее значение $r\sqrt{T/T_0}$ на экономайзерном участке соответствует $\phi = 0$. Изменение параметра $r\sqrt{T/T_0}$ при изменении ϕ от 0 до 60% составляет 17%, что согласуется с данными нейтронно-физических расчетов (рис. 2). В рабочей области изменения ϕ зависимость имеет линейный характер, что позволяет определить относительное изменение паросодержания по высоте ТК реактора.

Параметр $r\sqrt{T/T_0}$ был измерен в том же ТК при большей мощности реактора. На рис. 3 приведены полученные экспериментальные данные, нормированные на значение $(r\sqrt{T/T_0})_0$ экономайзерного участка. Легко увидеть уменьшение длины экономайзерного участка в случае большей мощности ТК и соответствующее увеличение параметра $r\sqrt{T/T_0}$.

Измерения проводили при выведенных ближайших к месту измерения регулирующих стержнях. Исследования показали возможность определения распределения паросодержания в ТК активной зоны РБМК ядерно-физическим (активационным) методом.



Р и с. 2. Зависимость $r\sqrt{T/T_0}$ от объемного паросодержания ϕ



Р и с. 3. Нормированные распределения $r\sqrt{T/T_0}$ по высоте для уровня мощности ТК 2,06 (●) и 1,15 (○) МВт (— — расчетное значение ϕ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боланд Дж. Приборы контроля ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1973, с. 207.
2. Ломакин С. С. и др. В кн.: Ядерное приборостроение. Вып. XVII. М., Атомиздат, 1972, с. 17.
3. Westcott C., Walker W., Alexander T. In: Proc. of the Intern. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy. N.Y. United Nations, 1958, A/Conf. 15/P202.

Поступило в Редакцию 13.11.79

УДК 539.173.8

Измерение выходов продуктов деления ^{236}U нейтронами спектра быстрого реактора

ГУДКОВ А. Н., ЖИВУН В. М., ЗВОНАРЕВ А. В., КОВАЛЕНКО В. В., КОЛДОВСКИЙ А. Б., КОЛЕГАНОВ Ю. Ф., КОЛОБАШКИН В. М., ЛИФОРОВ В. Г., ПИВЕНЬ Н. С., ТОЛСТИКОВ В. А., ТИПУНГОВ А. О.

Продукты деления ^{236}U , в значительном количестве образующегося при работе быстрых реакторов, могут оказать заметное влияние как на эксплуатационные и технологические качества ядерно-физической установки, так и на радиационные характеристики облученного топлива,

подлежащего переработке. В связи с явной недостаточностью информации о выходах продуктов деления ^{236}U быстрыми нейтронами проведены измерения этих выходов на реакторе БР-17. Измерения осуществляли методом гамма-спектрометрии неразделенной смеси про-