

Рис. 2. Зависимость расхода технического азота G от мощности реактора.

и канале-криостате и 3,6 кг/ч — расход на охлаждение образца и элементов конструкции. Большие потери в коммуникациях, по-видимому, объясняются их значительной протяженностью (порядка 20 м). На рис. 2 показана зависимость расхода технического азота от мощности реактора для указанного выше количества облучаемых материалов.

Температура кипения азота в канале-криостате определяется температурой кипения азота в теплообменнике и тепловым сопротивлением теплообменника. Поэтому для стабилизации температуры образцов необходимо поддерживать на постоянном уровне давление паров азота в теплообменнике как в период подкачки технического жидкого азота, так и в период стационарной работы. При использовании сбросного трубопровода диаметром 32 мм для отвода паров из теплообменника колебания давления в канале-криостате составляли примерно $\pm 0,1$ бар, что соответствовало колебаниям температуры $\pm 1^\circ$. При этом температура образцов, находящихся в чистом жидком азоте, была равна 78—80° К.

В канале-криостате проводили несколько облучений продолжительностью 50—100 ч каждое. При проведении первого облучения через 1 ч после начала работы произошло нарушение герметичности канала-криостата. При обследовании канала в горячей камере было обнаружено, что труба в месте сварки с дном «всучена» и в нескольких местах оторвана от дна. По-видимому, причиной разгерметизации был взрыв, так как, по дан-

ным масс-спектрометрического анализа, используемый «чистый» азот содержал 0,5% кислорода. В последующих экспериментах чистый азот, полученный с ожижительной машины, подвергался дополнительной «осушке» в колонке, заполненной цеолитом, и пропускался через медную стружку при температуре 550° С для уменьшения содержания кислорода. После такой очистки содержание кислорода в газе не превышало 0,002%, и при дальнейшей эксплуатации установки нарушений герметичности канала-криостата не наблюдалось.

В заключение авторы выражают благодарность В. Ф. Онищенко, М. Т. Теличко, В. Г. Вологину и Г. И. Вачковой за помощь в изготовлении установки и проведении испытаний.

Поступило в Редакцию 4/IV 1973 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Coltman R. e. a. Rev. Scient. Instrum., 1957, v. 28, p. 375.
2. Новиков С. Р. и др. «Атомная энергия», 1966, т. 20, с. 275.
3. Вачкадория Л. А. и др. «Атомная энергия», 1969, т. 26, с. 288.
4. Thompson M., Jefferson-Loveday D. J. Scient. Instrum., 1958, v. 35, p. 397.
5. Bortels G. J. Scient. Instrum., 1959, v. 36, p. 11.
6. Sartain C., Yockey H. Rev. Scient. Instrum., 1958, v. 29, p. 118.
7. Bewilogia L., Kononer R. Cryogenics, 1961, v. 2, p. 46.
8. Weil L. Cryogenics, 1961, v. 1, p. 129.
9. Hofgen H. Kernenergie, 1968, v. 11, p. 216.
10. Chen C. e. a. J. Scient. Instrum., 1969, v. 2, Series 2, p. 146.
11. Heyne L. Cryogenics, 1962, v. 2, p. 332.
12. Chen C., Struss R. Cryogenics, 1969, v. 9, p. 131.
13. Герасименко В. П. и др. «Атомная энергия», 1971, т. 31, с. 7.

К вопросу о дисперсности аэрозолей, образующихся при горении теплоносителя и материалов активной зоны быстрого реактора

РАХМАНОВ Б. Н., МАЛЮТИН С. В., ЗАРАЕВ О. М., КОНСТАНТИНОВ И. Е.

УДК 621.039.58

В работе [1] рассмотрены механизмы образования радиоактивных аэрозолей при авариях на быстрых реакторах. Следует отметить два типа возможных аварий. Во-первых, аварии, при которых происходит разуплотнение первого контура реактора и потеря части теплоносителя без разрушения активной зоны. В этом случае радиоактивный натрий, имеющий температуру 500—600° С [2], при соприкосновении с воздухом самовозгорается, образуя большое количество аэрозольных частиц в виде тумана. Во-вторых, аварии, при которых кроме горения натрия происходит частичное расплавление активной зоны реактора [3]. При такой аварии воздушная среда технологических помещений загрязняется радиоактивными аэрозолями вследствие горения натрия, приводящего к испарению ядерного горючего, выделению продуктов деления и конструкционных материалов.

В настоящей работе проведено исследование в лабораторных условиях дисперсности аэрозолей, образу-

ющихся при горении натрия. Установка для сжигания состоит из электронагревателя и шестикаскадного импактора, размещенных в вытяжном шкафу типа III-I объемом 0,55 м³. Электронагреватель, который рассчитан на температуру до 1000° С, питается от низковольтного выпрямителя ВСА-6М. Характеристики шестикаскадного импактора описаны в работе [4].

Образцы натрия весом 0,1—20 г предварительно нагревали до 540° С, а затем сжигали до получения массовой концентрации аэрозолей в $2 \cdot 10^{-2}$ — 15 г/м³. Количество металла, осевшего на ступенях импактора, определяли с помощью стандартной методики нейтронно-активационного анализа [5, 6].

Результаты экспериментов показали, что спектр размеров аэрозольных частиц натрия хорошо описывается логарифмически нормальным законом, причем с увеличением массовой концентрации возрастает медианный диаметр аэрозолей. При обработке результатов серии экспериментов методом наименьших квадра-

тов была установлена степенная эмпирическая зависимость между массовым медианным аэродинамическим диаметром d_a (мкм) и массовой концентрацией аэрозолей G (г/м³):

$$d_a = 1,1G^{0,31}$$

Результаты экспериментов показаны на рисунке, на котором для сравнения приведена кривая, полученная в работе [7].

Кроме отмеченной зависимости были определены величины коэффициентов, характеризующих скорость горения натрия p и его переход при горении в аэрозольное состояние φ . Установлены средние значения этих коэффициентов: $p = 2,1 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{об.}\% \text{ O}_2$; $\varphi = 0,23$. Эти значения совпадают с величинами, рекомендованными в работе [8].

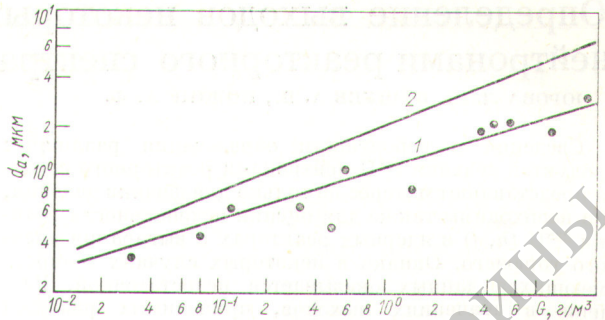
Для изучения свойств аэрозолей, образующихся при конденсации паров различных материалов, была создана установка для получения аэрозолей в дуге постоянного тока [6]. Она состоит из дуговой печи и шестикаскадного импактора. Дуговая печь представляет собой два электрода, расположенных под углом 135° относительно друг друга. Нижний электрод является медным подом печи, в котором осуществляется испарение образца, верхний выполнен из вольфрама и закреплен с помощью сильфона. Оба электрода охлаждаются водой. На электроды дуги подается постоянное напряжение 30 в от сварочного преобразователя ПСО-300, который поддерживает ток дуги до 250 а. Сжигаемый образец крепится к поду печи посредством резьбового соединения. Образец может быть выполнен в виде цилиндра высотой до 15 мм и диаметром до 20 мм. Дуга зажигается при касании образца верхним электродом и горит между ним и электродом. Образцы могут быть только металлическими. Однако в случае необходимости можно сжигать и неметаллические образцы, для этого их следует помещать в металлические контейнеры.

Вся экспериментальная установка размещена в герметичном перчаточном боксе типа ЗК-НЖ, что позволяет проводить на ней эксперименты по сжиганию радиоактивных материалов.

На этой установке были проведены эксперименты по сжиганию вольфрама, нержавеющей стали в смеси с натрием, а также алюминия совместно с натрием. Во всех случаях условия сжигания были одинаковые (ток дуги достигал 250 а). Аэрозоли отбирали шестикаскадным импактором. При этом методика анализа проб не отличалась от описанной выше. Результаты, полученные при исследовании дисперсности, приведены в таблице.

Данные по дисперсности исследуемых материалов

Сжигаемый материал	Массовый медианный аэродинамический диаметр, мкм	Стандартное отклонение
Вольфрам	0,9 ÷ 1,3	3,2 ÷ 3,5
Алюминий + натрий	0,4 ÷ 0,5	2,7 ÷ 3,8
Сталь + натрий	0,5 ÷ 0,7	2,4 ÷ 3,6



Зависимость массового медианного аэродинамического диаметра от начальной массовой концентрации аэрозолей:
1 — результаты настоящей работы; 2 — данные работы [7].

Результаты экспериментов по сжиганию различных металлов показали, что распределение аэрозольных частиц по аэродинамическим диаметрам с хорошей точностью описывается логарифмически нормальным законом, причем массовый медианный аэродинамический диаметр составляет 0,4—1,3 мкм, а стандартное отклонение находится в пределах 2,4—3,8. Коэффициент задержки аэрозолей в различных отделах дыхательной системы, рассчитанный по рекомендациям МКРЗ-1966 [9], равен для легочного отдела 0,15—0,34, для трахеобронхиального отдела 0,08 и для носоглотки 0,12—0,30.

Разработанная и апробированная аппаратура позволяет исследовать характеристики аэрозолей, образующихся при сгорании различных материалов, т. е. оценивать как задержку аэрозолей в органах дыхания, так и скорость очищения воздуха в помещениях.

Поступило в Редакцию 11/IV 1973 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зараев О. М., Рахманов Б. Н. В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1971, вып. 73, с. 25.
2. Займовский А. С. и др. Тепловыделяющие элементы атомных реакторов. М., Атомиздат, 1966, с. 406.
3. Hafele W. e. a. Annual Rev. Nucl. Sci., 1970, v. 20, p. 393.
4. Рахманов Б. Н. и др. В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1971, вып. 70, с. 27.
5. Боуэн Г., Гиббонс Д. Радиоактивный анализ. М., Атомиздат, 1966.
6. Зараев О. М. и др. В сб.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М., Профиздат, 1972, вып. 79, с. 23.
7. Koontz R. e. a. Treatment of Airborne Radioactive Wastes. Vienna, IAEA, 1968, p. 51.
8. Koontz R. Trans. Amer. Nucl. Soc., 1967, v. 20, p. 689.
9. Health Phys., 1966, v. 12, p. 137.