

правило замены границ среды граничными источниками. При помощи принципа граничных источников задача о распределении нейтронов в пластине сводится к решению системы сингулярных интегральных уравнений (однако этот путь не является единственным), которые непосредственно связывают угловое распределение входящих в пластину нейтронов с распределением выходящих нейтронов. Полученные уравнения можно

использовать независимо от уравнения Больцмана в альбедных методах теории переноса. В статье указывается на возможность реализации принципа граничных источников другими способами.

(№ 288/5010. Статья поступила в Редакцию 25/VII 1968 г., аннотация — 3/II 1969 г. Полный текст 0,5 а. л., 11 библиографических ссылок.)

## Кипение жидкости на тонких проволоках при естественной конвекции

В. И. СУББОТИН, С. П. КАЗНОВСКИЙ, С. К. КОРОТАЕВ,  
В. Е. СВИРИДЕНКО, Ю. Ф. СЕЛИВАНОВ

УДК 621.181.021:621.039.534.23

Исследована зависимость критической тепловой нагрузки при кипении воды на тонких проволоках от состава воды, диаметра и материала проволок и режимов подачи тепловой нагрузки. Опыты осуществлялись при атмосферном давлении и температуре насыщения.

Экспериментальная установка состоит из бойлера (емкостью 3 л), конденсатора термостатного типа, токоподводов, запорной арматуры. Бойлер снабжен четырьмя смотровыми окнами для проведения кино съемки и визуального наблюдения. Измерительная схема установки включает манометр, подвижную термомпару для измерения температуры воды по высоте бойлера и приборы для измерения мощности экспериментальных нагревателей.

Эксперименты проводились на горизонтальных проволоках из стали Х18Н10Т, вольфрама, сплава вольфрам — рений, никрома и платины. Диаметр проволоки изменялся от 0,005 до 1,8 мм (при  $d > 0,8$  мм применялись капиллярные трубки). Длина проволок диаметром 0,005—0,05 мм составляла 20—25 мм, остальных — 50 мм. В качестве рабочей жидкости использовалась дистиллированная вода со следующим содержанием: 20; 1; менее 0,1 мг/л; 1 мг/л с добавкой 0,01 мг/л гидразина, предохраняющего поверхность кипения от накипобразования. Нагрев проволок осуществлялся прямым пропусканием переменного тока. Увеличение тепловой нагрузки до критической проводилось различными способами: плавно от начала кипения до наступления кризиса; ступенями (величина приращення уменьшалась по мере приближения к кризису кипения примерно до 0,01  $q_{кр}$ , выдержка между приращеннями составляла от нескольких секунд до нескольких

минут); мгновенным включением тепловой нагрузки 0,97  $q_{кр}$  с последующим выходом на кризис кипения. В некоторых опытах перед выходом на кризис кипения на проволоках при тепловой нагрузке 0,5  $q_{кр}$  длилось в течение 30 мин. Начало пузырькового кипения определялось визуально. Момент наступления кризиса кипения фиксировался по спаду величины электрического тока и по локальному покраснению проволоки. При диаметрах проволоки 0,058 мм и менее кризис кипения всегда сопровождался пережогом.

Было выполнено около 100 опытов, которые показали следующее:

- 1) при содержании примесей 0,1—1 мг/л критическая тепловая нагрузка не зависит от диаметра проволоки в диапазоне 0,005—1,8 мм и составляет  $10^6$  ккал/м<sup>2</sup>·ч;
  - 2) при увеличении содержания до 20 мг/л величина  $q_{кр}$  возрастает примерно на 60%. Введение гидразина в количестве 0,01 мг/л при содержании воды 1 мг/л снижает  $q_{кр}$  на 20—25%;
  - 3) с уменьшением диаметра проволоки увеличивается тепловая нагрузка, при которой возникает пузырьковое кипение;
  - 4) при диаметрах 0,012—0,058 мм пленочное кипение возникает вне зоны пузырькового кипения, а при диаметрах меньше 0,012 мм кризис наступает без предварительного пузырькового кипения;
  - 5) время предварительного кипения на проволоках, характер повышения тепловой нагрузки (ступенчатый, плавный, ударный) и вид электрического тока не оказывают влияния на величину  $q_{кр}$ .
- (№ 289/5014. Статья поступила в Редакцию 29/VII 1968 г., аннотация — 16/I 1969 г. Полный текст 0,4 а. л., 2 рис., 8 библиографических ссылок.)

## Оптимальное выжигание $Sm^{149}$ при остановке высокопоточного реактора

Т. С. ЗАРИЦКАЯ, А. П. РУДИК

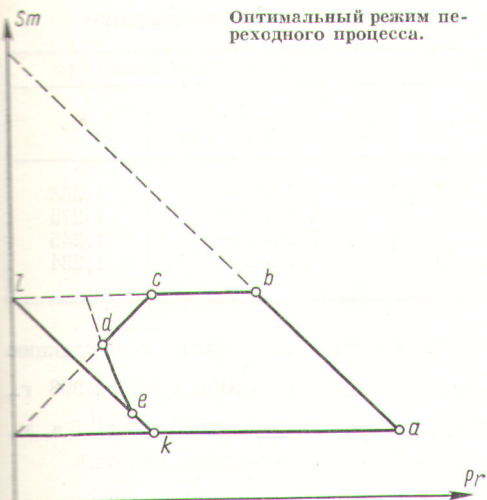
УДК 621.039.514

«Самариевой смертью» реактора называется такое образование  $Sm^{149}$  при остановке реактора, при котором недостаточно запаса реактивности для его повторного пуска. Решается задача об оптимальном выжигании самария в процессе остановки. С помощью принципа максимума Л. С. Понтрягина отыскивается

режим с минимальным временем переходного процесса.

Оптимальный режим представлен на фазовой плоскости концентраций прометия и самария, изображенной на рисунке. Точка *a* — стационарное состояние реактора до остановки; участок *ab* — мощность реак-

Оптимальный режим переходного процесса.



тора, равная нулю;  $bc$  — работа реактора при максимально допустимой концентрации самария;  $cd$  — мощность реактора определяется по законам классического вариационного исчисления;  $de$  — работа реактора на максимальной мощности; кривая  $kl$  соответствует конечному состоянию реактора при нулевой мощности.

При максимальном потоке нейтронов  $3 \cdot 10^{14}$  нейтр/см<sup>2</sup>·сек и допустимой концентрации самария, равной трем стационарным значениям, минимальное время переходного процесса составляет около пяти суток.

(№ 290/4963. Статья поступила в Редакцию 27/VI 1968 г., аннотация — 27/I 1969 г. Полный текст 0,5 а. л., 2 рис., 1 табл.)

## Измерение спектров промежуточных нейтронов в экспериментальных каналах водо-водяного реактора

С. В. СТАРОДУБЦЕВ, Г. М. ВАЙНШТЕЙН, В. Б. СТЯПУНИН

УДК 539.12.08

С помощью резонансных индикаторов были измерены спектры промежуточных нейтронов в вертикальном и горизонтальном каналах реактора ВВР-С. Для сравнения был использован эталонный спектр надтепловых нейтронов. В качестве эталонного спектра использовался известный спектр  $\varphi(E) \sim \frac{1}{E}$  в графитовой призме размерами  $1000 \times 1000 \times 1000$  мм (вертикальный канал тепловой колонны).

На основании опубликованных данных был подобран набор резонансных детекторов, позволяющих измерить спектр нейтронов в интервале энергии 1—10 000 эв. Образцы подбирались достаточно тонкими, чтобы устранить возмущение в спектре.

В вертикальном экспериментальном канале для измерения спектра эпитепловых нейтронов использо-

вались методы вычитания вклада  $1/v$  и метод резонансной блокировки\*. В горизонтальном канале и тепловой колонне применялся только метод вычитания вклада  $1/v$ . Форма эталонного спектра в графитовой призме совпадает с расчетной  $\varphi(E) \sim \frac{1}{E}$ , а измеренные

спектры промежуточных нейтронов в горизонтальном и вертикальном каналах несколько отклоняются от закона  $1/E$ , что объясняется проведением измерений в неравновесных областях нахлестки нейтронов.

Ошибка измерений составляет 20%.

(№ 291/4919. Поступила в Редакцию 6/VI 1968 г., в окончательной редакции 28/XI 1968 г. Полный текст 0,4 а. л., 3 рис., 16 библиографических ссылок.)

## О предельном отношении максимального потока тепловых нейтронов к мощности реактора

А. С. КОЧЕНОВ

УДК 621.039.573

Для исследовательского реактора наряду с абсолютной величиной максимального потока тепловых нейтронов важным параметром является отношение максимального потока тепловых нейтронов к мощности реактора ( $\Phi_{\max}/N$ ).

Для гомогенной активной зоны отношение среднего потока тепловых нейтронов к мощности реактора обратно пропорционально загрузке  $U^{235}$ . Минимальная кри-

тическая загрузка  $U^{235}$  достигается в реакторах с тяжеловодным замедлителем и отражателем (297 э) и в реакторах с замедлителем из обычной воды и отражателем из бериллия. В этих реакторах  $\Phi_{\max}/N \approx 10$  нейтр/см<sup>2</sup>·сек·квт.

В реакторах водо-водяного типа с легководной ловушкой и отражателем из бериллия значения  $\Phi_{\max}/N$  и  $k_{\infty}$ , необходимые для обеспечения критичности, приведены в таблице.

Как видно из таблицы, при радиусе ловушки 5 см и  $k_{\infty} \approx 1,8$  (что может быть достигнуто при использо-

\* В. И. Голубев и др. «Атомная энергия», № 522 (1961).