

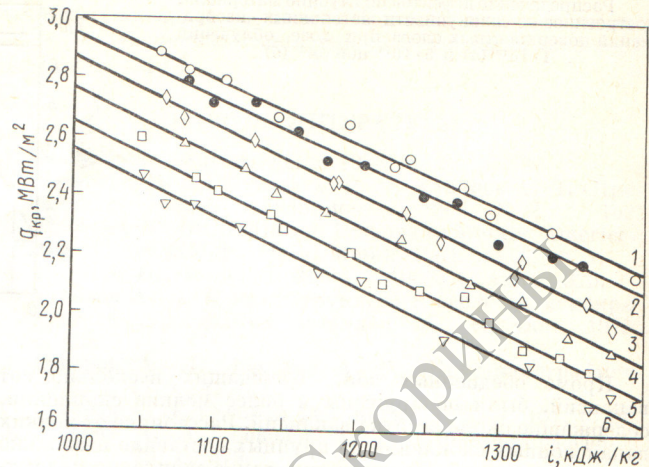
Р и с. 1. Сравнение эксперимента (—) и расчета (---) [1] при давлении 18,0 (1); 16,0 (2); 14,0 (3); 12,0 (4) и 10,0 (5) МПа

тщательно выверенные и согласованные экспериментальные данные о критических тепловых нагрузках и граничном паросодержании, полученные при кипении воды в технически гладких трубах диаметром 8 мм при относительной длине канала $l/d \geq 20$, диапазоне давления от 3 до 20 МПа, массовой скорости от 0,5 до 5,0 $\text{Mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{c})$, недогреве от 0 до 75 К и шаге изменения относительной энтальпии 0,05.

Обобщены данные, полученные в экспериментах как на дегазированной воде, так и на воде с концентрацией газа, измерение которой либо вообще не проводилось, либо применявшиеся способы дегазации и контроля не позволяли с необходимой точностью оценить остаточное количество растворенного газа [2, 3]. Таким образом, целесообразно оценить, насколько велико может быть отличие значений критических тепловых нагрузок, рассчитанных по рекомендациям работы [1], от значений, найденных опытным путем при близком к нулю содержании растворенного газа.

С этой целью была создана экспериментальная установка с газовой и паровой системой компенсации объема теплоносителя, системой очистки и контроля содержания растворенного в воде газа. Погрешность определения концентрации растворенного газа не превышала $\pm 5\%$. Используемая система очистки позволяла добиваться остаточной концентрации растворенного в воде газа не более 30 н. см.³ $\text{N}_2/\text{кг H}_2\text{O}$.

Экспериментальный участок представлял собой цилиндрический канал из стали 0X18H10T длиной 1,0 м внутренним диаметром $8 \cdot 10^{-3}$ м с равномерным электрообогревом по длине. Теплоноситель в канале двигался снизу



Р и с. 2. Зависимость $q_{кр} = f(t_{вх})$ для $P = 18$ МПа по данным эксперимента при $\bar{C} = 0$ (○); 500 (●); 1200 (◇); 220 (△); 3200 (□); 3500 (▽) н. см.³ $\text{N}_2/\text{кг H}_2\text{O}$

вверх с постоянной во всех экспериментах массовой скоростью $\rho W = 2000 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{c})$, на вход в экспериментальный участок подавалась дегазированная вода с разной степенью недогрева до насыщения. Критический тепловой поток фиксировался по резкому возрастанию температуры стенки канала. Эксперименты проводились в таком диапазоне начальных параметров: $P = 10 \div 18$ МПа, $\Delta t_{н} = 10 \div 100$ К.

На рис. 1 приведено сопоставление расчета, выполненного по рекомендациям [1], с экспериментальными данными. Расхождение расчетных и экспериментальных данных минимально при давлении 10–12 МПа. При $P = 18$ МПа и малом недогреве это расхождение составляет $>25\%$. На рис. 2 приведены полученные авторами экспериментальные данные о влиянии концентрации газа в воде на критические тепловые нагрузки.

Таким образом, становится необходимым исследовать влияние растворенного в воде газа на критические тепловые нагрузки в широком диапазоне начальных параметров. Это влияние может оказаться существенным в установках с газовой системой компенсации объема теплоносителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Табличные данные для расчета кризиса теплоотдачи при кипении воды в равномерно обогреваемых круглых трубах. «Теплоэнергетика», 1976, № 9, с. 90.
2. Субботин В. И. и др. В кн.: Исследования теплоотдачи к пару и воде, кипящей в трубах при высоких давлениях. М., Атомиздат, 1958.
3. Алексеев Г. В., Зенкевич Б. А., Субботин В. И. В кн.: Труды ЦКТИ, «Котлотурбостроение». Л., 1965, вып. 58, с. 123.

Поступило в Редакцию 04.12.78
В окончательной редакции 11.12.79

УДК 539.121.72:539.122

Влияние флуоресценции на факторы накопления гамма-излучения в свинце

БУТУЕВА И. Н., ТРОФИМОВ И. Н.

Расчет защиты от γ -излучения радиоактивных источников энергией 200 кэВ и менее обычно производят по кратностям ослабления, представленным в справочнике [1], которые учитывают большой запас значений факторов

накопления. Однако в ряде практических задач требуется сокращение массы свинцовой защиты до минимума, для чего необходимы более точные расчеты факторов накопления.

Таблица 1

Дозовые факторы накопления в свинце с учетом когерентного рассеяния для точечного изотропного источника

Энергия, МэВ	μx						
	1	2	4	7	10	15	20
0,2	1,12	1,23	1,4	1,7	1,9	2,4	2,9
0,15	1,1	1,15	1,25	1,45	1,65	1,9	2,3
0,12	1,1	1,12	1,2	1,3	1,45	2	4,3
0,10	1,06	1,1	1,24	2	5,3	73	2300

Для квантов малой энергии в свинце существенными являются процессы когерентного рассеяния и флюоресценции. Факторы накопления γ -излучения с учетом этих процессов рассчитывают методом Монте-Карло. Ранее авторами разработана модификация этого метода [2], позволяющая вычислять факторы накопления в защите толщиной до 20 длин свободного пробега. Сущность модификации заключается в задании источников первого столкновения равномерно по толщине защиты плюс рассеяние. Модификация проверена путем сравнения результатов расчета факторов накопления в воде, железе и свинце с данными метода моментов [3].

По этой модификации рассчитаны дозовые факторы накопления как без учета, так и с учетом когерентного рассеяния и флюоресценции для энергии 200, 150, 120 и 100 кэВ. Сечение когерентного рассеяния $\mu_{\text{ког}}$ взято по данным справочника [4] и определялось как разница между полным сечением с учетом когерентного рассеяния и полным сечением без учета когерентного рассеяния. Угловое распределение γ -квантов при когерентном рассеянии находили общепринятым способом [5]. Выход флюоресценции в процессе фотоэлектрического поглощения принят равным 0,96, энергия γ -квантов флюоресценции 75 кэВ, угловое распределение изотропное.

Расчеты производили для плоского изотропного источника с последующим пересчетом результатов для точечного изотропного источника по известному соотношению (см. работу [2]). Результаты расчетов приведены в табл. 1, 2. Нижний предел энергетического спектра выбран равным 10 кэВ. Стандартная статистическая погрешность результатов изменяется линейно от 5% для $\mu x = 1$ до 30% для $\mu x = 20$.

Влияние когерентного рассеяния на факторы накопления оказалось небольшим. Настоящие расчеты полностью подтвердили предположение Гольдштейна [3] о том, что

Таблица 2

Дозовые факторы накопления в свинце с учетом когерентного рассеяния и флюоресценции для точечного изотропного источника

Энергия, МэВ	μx						
	1	2	4	7	10	15	20
0,2	1,2	1,3	1,55	1,9	2,5	3,8	5,4
0,15	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	3,1	3,9
0,12	1,7	2,3	3,7	6,7	12,7	40	130
0,10	2,2	3,2	6,4	22	80	840	10000

можно рассчитывать факторы накопления без учета когерентного рассеяния, если из полного сечения вычесть сечение когерентного рассеяния. Если же в полном сечении учитывается сечение когерентного рассеяния, то увеличение факторов накопления дается множителем $\exp(\mu_{\text{ког}}x)$. Очевидно, что в данном случае справедливо приближение «прямо вперед».

Более существенное влияние на факторы накопления оказывает флюоресценция. Особенность флюоресценции заключается в том, что в сечении фотоэффекта на K -уровне имеется огромный скачок, а энергия γ -квантов флюоресценции находится ниже данного скачка, поэтому пробег γ -квантов флюоресценции зачастую больше пробега γ -квантов источника. Как видно из таблиц, учет флюоресценции увеличивает численные значения факторов накопления в ряде случаев в 10 раз и более.

Для L -уровней скачки в сечении фотоэлектрического поглощения малы, и следует ожидать, что влияние флюоресценции на L -уровнях на факторы накопления будет незначительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кимель Л. Р., Машкович В. П. Защита от ионизирующих излучений. М., Атомиздат, 1972.
2. Бутуева И. Н. и др. «Атомная энергия», 1978, т. 45, вып. 2, с. 125.
3. Гольдштейн Г., Уилкинс Д. В кн.: Защита транспортных установок с ядерным двигателем. М., Изд-во иностр. лит., 1961.
4. Сторм Э., Израэль Х. Сечения взаимодействия гамма-излучения. М., Атомиздат, 1973.
5. Поле излучения точечного мононаправленного источника гамма-квантов. М., Атомиздат, 1974.

Поступило в Редакцию 26.03.79

УДК 621.039.512.45:539.125.52

Исследование пространственно-энергетического распределения тепловых нейтронов в ячейке реакторов БАТЭЦ

ПАНФИЛОВ Г. Г., ВАЙМУГИН А. А., ГУСЕВ А. В., КОРНЕЕВА А. П., КОСТРОМИН А. Г., КУЛИКОВ В. И., ЛОМАКИН С. С., ЛЮБЧЕНКО В. Ф., ШАРАПОВ В. Н.

На уран-графитовой сборке нулевой мощности активационным методом определены спектральные характеристики поля нейтронов: T_n — температура нейтронов и r — доля надтепловых нейтронов (или комплекс $r \sqrt{T_n/T_0}$) [1].

Каналы активной зоны сборки по конструкции и составу топлива были аналогичны каналам реактора БАТЭЦ [2]. Центральная вставка состояла из 25 каналов.

Этого числа достаточно для получения в центре сборки характерного равновесного спектра нейтронов [3].

Характеристики спектра нейтронов в сборке измеряли путем активации детекторов в виде фольг, изготовленных на основе сплава алюминия с лютетием, марганцем и индием, а также фольг из чистой меди. Коэффициенты нейтронных экранировок G_{th} и G_{epi} детекторов близки единице за исключением медных ($G_{\text{epi}} = 0,858$) и индиевых