TCVN TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9103:2011
ISO 7753:1987

Xuất bản lần 1

NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN – TÍNH NĂNG VÀ YÊU CẦU THỬ NGHIỆM ĐỐI VỚI HỆ THỐNG PHÁT HIỆN VÀ BÁO ĐỘNG TỚI HẠN

Nuclear energy —

Performance and testing requirements for criticality detection and alarm systems

HÀ NỘI - 2011

Lời nói đầu

TCVN 9103:2011 hoàn toàn tương đương với ISO 7753:1987;

TCVN 9103:2011 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 85 *Năng lượng hạt nhân* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Trong một vài trường hợp vận hành với các vật liệu có khả năng phân hạch có nguy cơ tới hạn hạt nhân, ngay cả khi nguy cơ rất nhỏ, cũng không thể loại trừ. Điều quan trọng là trong một sự kiện như vậy phải đưa ra các biện pháp báo động cho nhân viên về các mối đe dọa của cường độ bức xạ cao và quy trình sơ tán mọi người.

Tiêu chuẩn này, đề cập đến việc thiết kế và duy trì hệ thống phát hiện và báo động tới hạn, được bổ sung trong ba phụ lục. Phụ lục A đưa ra các đặc tính của một sự cố tới hạn tối thiểu cần quan tâm, Phụ lục B đưa ra các ví dụ về áp dụng tiêu chuẩn này đối với các khu vực sự cố và Phụ lục C đưa ra hướng dẫn xây dựng các kế hoạch ứng phó khẩn cấp.

Năng lượng hạt nhân – Tính năng và các yêu cầu thử nghiệm đối với hệ thống phát hiện và báo động tới hạn

Nuclear energy – Performance and testing requirements for criticality detection and alarm systems

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về đặc tính và thử nghiệm đối với các hệ thống phát hiện và báo động tới hạn, tiêu chuẩn này có thể được áp dụng cho tất cả các công việc vận hành với plutoni, urani 233, Urani đã được làm giàu đồng vị urani 235, và các vật liệu khác có khả năng phân hạch, mà tới hạn do thiếu thận trọng có thể xảy ra và gây ra sự phơi nhiễm bức xạ cho nhân viên tới mức không được phép. Tiêu chuẩn này không yêu cầu thiết bị phụ trợ riêng biệt khi các thiết bị vận hành trong các cơ sở, như các lò phản ứng hạt nhân hoặc các thử nghiệm tới hạn, đã đáp ứng được các yêu cầu của tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này không quy định chi tiết các bước quản lý hành chính, được coi là đặc quyền quản lý, hoặc thiết kế và mô tả cụ thể của thiết bị. Thông tin chi tiết về phép đo liều sự cố hạt nhân, đánh giá mức phơi nhiễm bức xạ của nhân viên và thiết bị đo để chẩn đoán sau sự cố hạt nhân không thuộc phạm vi của tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn cung cấp hướng dẫn về đặc tính chi tiết của thiết bị được sử dụng trong các hệ thống báo động tới hạn do IEC soạn thảo.

Tiêu chuẩn này đề cập chủ yếu tới hệ thống đo suất liều bức xạ gamma. Tiêu chí phát hiện cụ thể có thể được đáp ứng bởi các hệ thống tích hợp hoặc hệ thống phát hiện nơtron hoặc bức xạ gamma, và các hệ thống tương tự được cân nhắc áp dụng.

2 Thuật ngữ định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

2.1

Sự cố tới hạn (criticality accident)

Sự giải phóng năng lượng do ngẫu nhiên tạo ra phản ứng dây chuyền nơtron tự duy trì hoặc phân ly.

2.2

Sự cố tới hạn tối thiểu cần quan tâm (minimum accident of concern)

Sự cố nhỏ nhất mà một hệ thống báo động tới hạn được yêu cầu phát hiện.

3 Nguyên tắc chung

3.1 Khái quát

Các hệ thống báo động phải được lắp đặt tại bất cứ nơi nào mà được cho rằng việc lắp đặt hệ thống sẽ làm giảm toàn bộ các nguy cơ rủi ro. Nghiên cứu lắp đặt phải chỉ ra được các mối nguy hiểm có thể có do báo động sai.

3.2 Giới hạn và yêu cầu chung

3.2.1 Sự cần thiết của hệ thống báo động tới hạn phải được đánh giá cho tất cả các hoạt động vận hành, trong đó lượng kiểm kê các vật liệu có khả năng phân hạch tại các khu vực độc lập không liên quan với nhau vượt quá 700 g ^{235}U, 520 g ^{233}U, 450 g của các đồng vị phân hạch của plutonium hoặc 450 g của bất kỳ hỗn hợp của các đồng vị này (xem tài liệu tham khảo [1]). Phải chú ý tới tất cả các quá trình xử lý mà chất làm chậm nơtron hoặc chất phản xạ nơtron có hiệu quả hơn nước được sử dụng.

Trong nội dung trên, khu vực độc lập có thể được coi là không liên quan khi mà tại biên của vùng đó không có sự trao đổi cần thiết giữa các vùng, khoảng cách ly tối thiểu giữa các vật liệu tại các khu vực liền kề là 10 cm và mật độ bề mặt của vật liệu phân hạch, lấy trung bình cho mỗi khu vực độc lập, phải nhỏ hơn 50 g /m^2.

3.2.2 Một hệ thống báo động tới hạn không phải tuân theo các điều khoản của tiêu chuẩn này ở những nơi mà liều được đo một cách ngẫu nhiên ở mức lớn nhất có thể được dự báo trước trong không khí sạch/tự do không được vượt quá 0,12 Gy. Để đánh giá điều này số phân hạt nhân/phân hạch tối đa được giả định không vượt quá 2 x 10^{19} phân hạch đối với các sự kiện bên ngoài lõi/vùng hoạt động của lò phản ứng.

3.3 Phát hiện

Tại các khu vực, mà tại đó được yêu cầu phải nằm trong vùng hoạt động của hệ thống báo động tới hạn, phải có các biện pháp để phát hiện liều bức xạ hoặc suất liều vượt quá mức quy định và phát tín hiệu sơ tán nhân viên.

3.4 Báo động

3.4.1 Các tín hiệu báo động phải là duy nhất, âm thanh đủ lớn và phải bao phủ một phạm vi đủ rộng để nghe được trong tất cả các khu vực phải sơ tán. Tín hiệu báo động phải phát đủ dài để mọi người đến được điểm tập trung sơ tán.

3.4.2 Ngưỡng phát tín hiệu báo động phải được thiết lập đủ lớn để làm giảm khả năng xác suất báo động từ các nguồn khác không phải là tới hạn. Ngưỡng này được thiết lập đủ thấp để phát hiện các sự cố tới hạn tối thiểu cần quan tâm.

3.4.3 Các tín hiệu sơ tán sẽ được phát đi ngay sau khi sự cố được phát hiện.

3.4.4 Sau khi kích hoạt, tín hiệu âm thanh phải được phát đi liên tục cho đến khi hệ thống được thiết lập lại thậm chí ngay cả khi mức bức xạ đã giảm xuống dưới điểm báo động. Các điểm thiết lập lại chế độ làm việc của hệ thống báo động phải đặt ở bên ngoài khu vực cần sơ tán với sự tiếp cận hạn chế và được thiết lập một cách thủ công.

3.4.5 Những khu vực có mức độ tiếng ồn nền rất cao có thể yêu cầu bổ sung các tín hiệu báo động bằng thị giác.

3.5 Tính tin cậy

3.5.1 Phải nghiên cứu một cách toàn diện để tránh các báo động sai. Điều này có thể được thực hiện bằng cách cung cấp các kênh phát hiện độc lập đáng tin cậy hoặc tốt hơn là bằng cách yêu cầu sự đáp ứng đồng thời của hai hoặc nhiều kênh phát tín hiệu để kích hoạt hệ thống báo động. Trong các hệ thống có các kênh dư, tín hiệu bị mất của một kênh độc lập bất kỳ không làm ảnh hưởng đến hệ thống báo động theo các tiêu chí phát hiện được quy định trong điều 4.2. Phải đưa ra cảnh báo về các hoạt động sai chức năng mà không làm hệ thống báo động bị kích hoạt.

3.5.2 Thực hiện các biện pháp thử nghiệm về mức độ đáp ứng và hiệu quả của hệ thống báo động không dẫn tới hành động sơ tán.

3.5.3 Trong các khu vực mà tại đó vẫn tiếp tục làm việc trong thời gian mất điện thì phải có nguồn cấp điện liên tục cho hệ thống phát hiện và báo động tới hạn hoặc hoặc giám sát các hành động đó bằng thiết bị giám sát cầm tay.

3.5.4 Các detector phải không được hỏng chức năng kích hoạt báo động trong môi trường bức xạ có cường độ lớn vượt quá 10^3 Gy/h. Việc tuân thủ các quy định này có thể được chứng minh bằng việc thử nghiệm các detector mẫu hoặc qua việc thử nghiệm các mẫu sản phẩm của nhà sản xuất.

4 Tiêu chí thiết về kế hệ thống

4.1 Độ tin cậy

Thiết kế hệ thống phải đơn giản phù hợp với mục tiêu kép về đảm bảo độ tin cậy khi kích hoạt hệ thống báo động và tránh báo động sai.

4.2 Tiêu chí phát hiện

Hệ thống báo động tới hạn được thiết kế để phát hiện kịp thời các sự cố tới hạn tối thiểu cần quan tâm. Vì lý do này, trong các khu vực xử lý không có che chắn bảo vệ điển hình, sự cố tới hạn tối thiểu cần quan tâm đã được cho là tạo ra một liều hấp thụ nơtron và gamma trong không khí sạch bằng 0,2 Gy ở khoảng cách 2 m từ vật liệu phản ứng trong vòng 60 s[1)]. Sự mất cân bằng tăng rất chậm, ít khi xảy ra,

[1)] Nghiên cứu các sự cố trong quá khứ, bổ sung trong Phụ lục A, cho thấy rằng nếu một sự cố tới hạn sẽ xảy ra, cường độ bức xạ được dự kiến có thể sẽ vượt quá giá trị này

có khả năng không đạt được giá trị này. Hơn nữa, sự mất cân bằng trong hệ thống không được làm chậm có thể xảy ra nhanh hơn nhiều.

4.3 Mức đáp ứng của thiết bị

Trong thiết kế detector bức xạ, có thể được giả định rằng thời gian tối thiểu phát ra bức xạ là 1 ms. Hệ thống phải được thiết kế để đáp ứng với mức phát xạ trong khoảng thời gian này.

4.4 Ngưỡng tín hiệu báo động

Để giảm thiểu các báo động sai, Ngưỡng phát tín hiệu báo động phải được thiết lập ở mức tín hiệu lớn nhất có thể nhưng vẫn đáp ứng được các tiêu chí phát hiện quy định trong 4.2. Phải có tín hiệu chỉ báo kênh đang phát tín hiệu.

4.5 Vị trí đặt detector

Phải lựa chọn vị trí và khoảng cách giữa các detector sao cho tránh được các ảnh hưởng của che chắn do các thiết bị hoặc các vật liệu lớn. Khoảng cách giữa các detector phải phù hợp với việc lựa chọn ngưỡng phát tín hiệu báo động và phù hợp với các tiêu chí phát hiện. Bán kính phát hiện của detector được thảo luận trong Phụ lục B.

4.6 Thử nghiệm

4.6.1 Sự đáp ứng của thiết bị với bức xạ phải được kiểm tra định kỳ để xác nhận rằng thiết bị vẫn còn hoạt động. Trong một hệ thống có kênh dư, đặc tính làm việc của mỗi kênh phải được giám sát.Khoảng thời gian thử nghiệm có thể được xác định bằng thực nghiệm, tuy nhiên, các thử nghiệm cần được thực hiện ít nhất mỗi tháng một lần. Phải duy trì công việc lưu lại các thông tin được thử nghiệm.

4.6.2 Theo định kỳ toàn bộ hệ thống báo động phải được thử nghiệm. Ít nhất ba tháng một lần thiết bị phát tín hiệu bằng âm thanh phải được thử nghiệm. Quan sát tại hiện trường phải chỉ ra rằng phát tín hiệu âm thanh nghe được ở trên mức tiếng ồn nền. Tất cả nhân viên trong các khu vực bị tác động phải được thông báo trước khi thử nghiệm tín hiệu bằng âm thanh.

4.6.3 Khi hệ thống thử nghiệm gặp trục trặc, phải có hành động khắc phục ngay, không được chậm trễ

4.6.4 Quy trình thử nghiệm phải được trình bày rõ ràng, chính xác để giảm thiểu các báo động sai do thử nghiệm, và phải đưa hệ thống về trạng thái hoạt động bình thường ngay lập tức sau thử nghiệm.

4.6.5 Lãnh đạo cơ sở phải được thông báo trước về thời gian mà hệ thống báo động dừng hoạt động.

Phụ lục A

(Quy định)

Mô tả đặc tính của sự cố tối thiểu cần quan tâm

Lưu ý cơ bản trong thiết kế hệ thống báo động sự cố tới hạn là xác định về mức độ của sự kiện cần được phát hiện. Một "sự cố tới hạn tối thiểu cần quan tâm" quy định dựa trên cơ sở lịch sử các sự cố, được bổ sung bằng cách xét đến các cơ chế gây ra sự cố, là một sự cố sẽ tạo ra một liều bằng 0,2 Gy ở phút đầu tiên tại một khoảng cách bằng 2 m từ các vật liệu phản ứng, với giả định là sự che chắn không đáng kể.

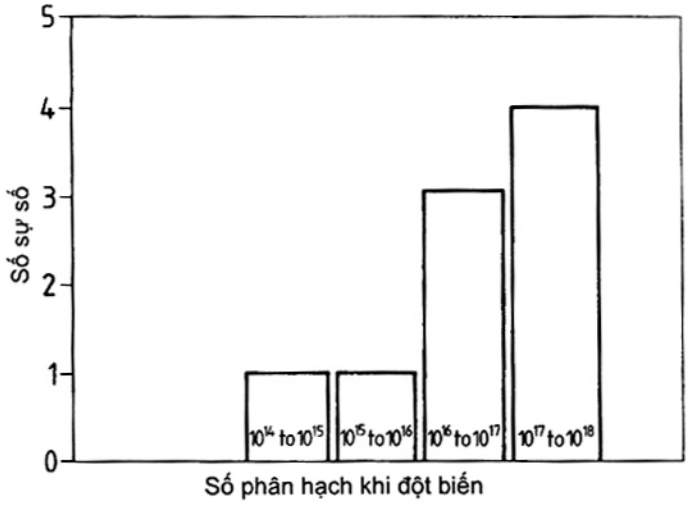
Chín sự cố tới hạn hạt nhân đã xảy ra trong quá trình xử lý hoặc thao tác với các vật liệu phân hạch được mô tả trong Thư mục tài liệu tham khảo [2]. Việc nghiên cứu các sự cố này theo quy định về sự cố tối thiểu cần quan tâm. Thừa nhận rằng các cơ chế sẽ giải phóng một năng lượng rất nhỏ trong một sự kiện, nhưng một sự cố tự dập tắt thì phải giả phóng năng lượng đủ lớn để hình thành cơ chế dập tắt. Hơn nữa, trong khi một hệ thống có thể giả phóng năng lượng này trong thời gian dài, phải kiểm soát các tình huống không được kỳ vọng trong các sự cố của quá trình.

Một sự cố điển hình có thể được tạo ra do bổ sung độ phản ứng vào một hệ thống dưới tới hạn để tạo thành hệ thống ở trạng thái trên tới hạn. Việc làm tăng độ phản ứng có thể thông qua việc bổ sung các vật liệu phân hạch, gia tăng sự có mặt của chất làm chậm hoặc phản xạ, hoặc bằng cách thay đổi hình dáng của hệ thống để tạo thành một hệ thống có độ rò rỉ nơtron thấp hơn.

Hệ thống ở trạng thái trên tới hạn sẽ giải phóng năng lượng rất nhanh, tốc độ phản ứng thay đổi theo mức trên tới hạn mà hệ thống có thể đạt được. Một phần năng lượng giải phóng sẽ gây ra hiện tượng dãn nở nhiệt, đun sôi hoặc các hiệu ứng khác để làm giảm độ phản ứng. Như vậy trạng thái ở trạng thái trên tới hạn sẽ nhanh chóng đạt cân bằng, và như vậy tốc độ phản ứng sẽ giảm rất mạnh. Năng lượng được giải phóng trong điểm đột biến này (một đặc trưng của hầu hết các sự cố tới hạn) được gọi là là "số lượng phân hạch đột biến ".

Số lượng phân hạch đột biến trong quá trình xảy ra chín sự cố được đề cập ở trên được cho trong Hình A.1. Các sự cố xảy ra trong lò phản ứng và trong các cơ sở/ thiết bị tới hạn điều khiển từ xa không được tính đến, do các cơ chế bổ sung độ phản ứng là không giống với các cơ chế hình thành trong các cơ sở/ thiết bị.

Sự chuyển đổi từ sự tăng đột biến số lượng phân hạch trong Hình A.1 thành liều hoặc suất liều gần khu vực cơ cấu là không trực tiếp. Đánh giá liều tiếp nhận của bốn trong chín sự cố đó, cùng với đánh giá về khoảng cách của người bị phơi nhiễm bức xạ từ nơi xảy ra sụ cố, được trình bày trong tài liệu tham khảo [3]. Từ các dữ liệu này cho thấy, với cấp số phân hạch gần bằng 2, bốn sự cố trong mỗi trường hợp sẽ tạo ra một liều xấp xỉ 10 Gy ở khoảng cách 2 m. Liều được tạo ra trong một thời gian ngắn, thường là một vài giây.



Hình A.1 số lượng phân hạch đột biến

Số phân hạch đột biến nhỏ nhất trong Hình A.1 được sinh ra do xếp chồng thủ công (bằng tay) vật liệu phản xạ xung quanh một quả cầu chứa 6,2 kg plutoni. Trong một trường hợp, chất phản xạ là các bua vonfram và trong trường hợp khác là berili. Số lượng phân hạch tăng đột biến trong trường hợp đầu tiên ước tính xấp xỉ bằng 2×10^{15} phân hạch; trong trường hợp thứ hai, nhỏ hơn 10 lần. Trong cả hai trường hợp số phân hạch đột biến được sinh ra từ nguồn công suất lớn trong thời gian ngắn để tổng số phân hạch đột biến bằng 10^{16} và 3×10^{15} phân hạch, trong mỗi trường hợp tương ứng. Tại mỗi cơ cấu duy trì trạng thái tới hạn khoảng 1 s.

Những người có mặt gần cơ cấu nhất tiếp nhận mức phơi nhiễm bức xạ gây chết người, nhưng có một số điểm không chắc chắn đối với các giá trị liều phải nhận. Đối với cơ cấu có mặt chất phản xạ là cacbua vonfram, dữ liệu khá là ít và rất phức tạp do có màn chắn cực tốt. Một vài nghiên cứu được thực hiện để xác định liều bức xạ từ quả cầu phản xạ berili. Tổng liều bị tác động đầu tiên đạt 11 Gy ở khoảng cách khoảng 40 cm được trình bày trong tài liệu tham khảo [4], dựa trên dữ liệu kích hoạt natri trong máu lấy tại thời điểm xảy ra sự cố, với các hiệu chỉnh hiện có về hiệu ứng phổ nơtron. Một người, cách điểm xảy ra sự cố xấp xỉ 2 nhận một liều khoảng 0,56 Gy.

Sự cố từ quả cầu kim loại chứa plutoni đại diện cho mức giới hạn dưới hợp lý hơn cho các sự cố tự kết thúc bằng cơ chế tự dập tắt nội tại. Cần lưu ý rằng mỗi một sự cố trong số các sự cố nêu trên được kết thúc bằng hành động có chủ ý của người làm việc tại đó sau khi anh ta phát hiện sự cố xảy ra. Nếu như cấu hình tới hạn cho cơ cấu không được tách rời trong vòng vài giây, thì năng lượng giải phóng ở phút đầu tiên có cường độ lớn hơn nhiều.

Nghiên cứu về cách thức hoạt động của các các cơ cấu tới hạn thực nghiệm giúp hiểu biết thêm về các đặc tính của sự cố hạt nhân. Hai trong số các cơ cấu tại cơ sở thực nghiệm tới Los Alamos được quan tâm đặc biệt.

"Godiva" là cơ cấu trần của urani làm giàu được thiết kế để vận hành ở trạng thái tới hạn tức thời trong chế độ xung nhanh. Hệ số nhiệt độ của độ phản ứng cho cơ cấu này là khoảng -3,6 x 10^{-3} đô la/ °C[1)], do đó, nhiệt độ tăng đến 300 °C là cần thiết để giảm cơ cấu từ trạng thái tới hạn tức thời xuống trạng thái tới hạn trễ, đây là do hiệu ứng dập tắt tối thiểu hợp lý. Năng lượng này được giải phóng từ 5 x 10^{16} phân hạch và nó tạo ra một liều xấp xỉ 7,5 Gy ở khoảng cách 2 m từ điểm cơ cấu.

"Parka" là một lõi hình trụ bằng than chì có đường kính 0,91 m và chiều dài 1,37 m được nạp đầy uran, có phủ một lớp phản xạ berili dày 100 mm. Đối với cơ cấu như vậy, tới hạn có thể xảy ra do vô tình thêm vào một lượng nước nhỏ trong cơ cấu. Nếu điều này xảy ra chậm, hệ thống này có thể vượt quá điểm tới hạn trễ với một độ dự trữ nhỏ trước khi nhiệt độ tăng đến điểm sôi của nước và cân bằng được thiết lập tại mức năng lượng mà ở đó có thể duy trì một lượng nước không đổi. Nếu điều kiện ổn định bị xem nhẹ, nhiệt độ gia tăng ban đầu (khoảng 70°C) sẽ tương ứng với khoảng 2 x 10^{18} phân hạch và sẽ tạo ra một liều vượt quá 15 Gy ở khoảng cách 2 m từ điểm cơ cấu.

Cơ cấu "Parka" do kích thước, khối lượng và khả năng sinh nhiệt có nhiều khả năng xảy ra hơn trong sự cố của quá trình và cần quan tân hơn so với "Godiva", các sự cố liên quan đến hệ thống nhỏ gọn như quả cầu chứa 6,2 kg plutonium ngày nay được xem là rất khó có thể xảy ra.

Giá trị mật độ năng lượng được tính theo một hàm của thời gian đối với việc bổ sung độ phản ứng 1 đô la và 1,20 đô la với thời gian sống của các nơtron thay đổi từ 10^{-8} đến 10^{-4} s được đưa ra trong tài liệu tham khảo [2]. Đối với các việc bổ sung độ phản ứng nhỏ hơn, mật độ năng lượng là vài trăm Jun trên 1 centimet khối trong 60 s đầu tiên của sự cố. Từ các giá trị này, có thể dự đoán số lượng phân hạch lớn hơn 10^{17} phân hạch ở phút đầu tiên của sự cố trong thể tích tới hạn tối thiểu của dung dịch plutoni (6 l), như là kết quả của việc hệ thống đạt tới trạng thái tới hạn tức thời.

Section Expérimentale d'Etudes de Criticité de Valduc, tài liệu tham khảo [5], [10] biết các tác động của lượng trên tới hạn của dung dịch urani được làm giầu trong các bình điển hình thường gặp trong các khu vực xử lý. Dung dịch Urani được làm giàu cao với nồng độ khác nhau được cho vào trong một bình để tạo ra các kịch bản cấu hình trên tới hạn. Lượng phân hạch nhỏ nhất thu được trong trường hợp sự cố xảy ra chậm tại trong đó việc bổ sung độ phản ứng nằm ở giữa 30 và 60 cent bên trên điểm tới hạn trễ. Công suất đỉnh của các sự cố này thay đổi từ 7,8 x 10^{14} đến 7,4 x 10^{15} phân hạch/ s. Công suất trung bình trong toàn bộ thời gian xảy ra sự cố thay đổi từ xấp xỉ 10^{14} phân hạch/ s đến xấp xỉ 10^{15} phân hạch/ s. Năng lượng lớn được giải phóng trong các bình lớn hơn, để mật độ công suất chỉ thay đổi nhỏ hơn đáng kể.

Các nghiên cứu về sự cố tới hạn xảy ra trong các hệ thống dung dịch đang được tiếp tục nghiên cứu tại Valduc, tài liệu tham khảo [5], [10] với các lò phản ứng SILENE, tài liệu tham khảo [6], [11]. Tiếp theo việc bổ sung độ phản ứng ở mức vài cent bên trên điểm tới hạn trễ, sự cố xảy ra rất chậm đã được tạo ra với chu kì một vài phút và tốc độ phân hạch đỉnh từ 10^{12} đến 10^{13} phân hạch/ s.

Các thí nghiệm tương tự tại Sheba, tài liệu tham khảo [7] với độ phản ứng từ 7 cent đến 11 cent bên trên điểm tới hạn trễ tạo ra tốc độ phân hạch đỉnh gấp vài lần 10^{13} phân hạch/ s.

Kinh nghiệm từ hai sự cố của quá trình gây tử vong được mô tả trong tài liệu tham khảo [2] (Los Alamos năm 1958 và Wood River 1964) cho thấy liều xấp xỉ 100 Gy ở khoảng cách 0,5 m cách dung dịch là xấp xỉ 10^{17} phân hạch, tương đương với xấp xỉ 0,06 Gy ở khoảng cách 2 m từ dung dịch là 10^{15} phân hạch.

Sử dụng giá trị 8 x 10^{15} phân hạch/min được tạo ra từ sự cố nhỏ nhất trong các sự cố xảy ra chậm CRAC, giá trị này tương đương với 0,5 Gy/ min ở khoảng cách 2 m. Do công suất đỉnh của xung bằng năm lần công suất trung bình, và độ phản ứng vượt quá ngưỡng 33 cent, với tiêu chí phát hiện là 0,2 Gy trong 60 s ở khoảng cách 2 m sẽ tạo ra một báo động cho sự cố đối với một lượng dung dịch nhỏ khi mà độ phản ứng vượt quá chỉ vài chục cent. Điều này là chấp nhận được trong tiêu chuẩn này như là quy định cho các sự cố tối thiểu cần quan tâm.

Tiêu chí phát hiện này có thể chưa hoàn thiện để phát hiện sự cố tới hạn trễ xảy ra rất chậm.

Các thí nghiệm SILENE chỉ ra rằng với sự cố xảy ra rất chậm thì có thể không phát hiện được, tuy nhiên, đó đòi hỏi có sự kiểm soát đối với các trạng thái rất nhậy cảm và nó không được kỳ vọng sẽ có ở các thiết bị quá trình. Như vậy trường hợp này được xem là một trường hợp đặc biệt không nằm trong định nghĩa về các sự cố tối thiểu cần quan tâm.

Phụ lục B

(Quy định)

Tính bán kính vùng phủ của detector so với bán kính phát hiện tại điểm ngưỡng báo động.

B.1 Giả định

Một số giả định sẽ cho tính toán một cách đơn giản bán kính vùng phủ mà một detector sẽ đạt được ở một giá trị ngưỡng báo động được cho. Các giả định cơ bản là như sau:

a) Hệ thống phải đáp ứng khi có sự cố mà sẽ tạo ra một liều bức xạ nơtron cộng với gamma bằng 0,2 Gy ở một khoảng cách không được che chắn cách 2 m trong vòng 60 s (xem 4.2).

b) Detector là một thiết bị đo tốc độ phát xạ gamma.

c) Sự cố có thể là một trạng thái chuyển tiếp nhanh trong vật liệu phân hạch dạng kim loại không làm chậm, không phản xạ hoặc sự cố có thể là trạng thái chuyển tiếp nhanh hoặc phản ứng phân hạch được duy trì trong chất phân hạch bị làm chậm.

d) Detector phải phát hiện được trạng thái chuyển tiếp nhanh ở mức thấp nhất là 1/2500 của suất liều thực tế. (Giả định này dựa trên các phép đo được trình bày trong tài liệu tham khảo [8]). Trạng thái chuyển tiếp nhanh được giả định là có độ rộng xung bằng 1 ms hoặc hơn.

e) Cường độ bức xạ gamma thay đổi theo tỉ lệ nghịch với bình phương của khoảng cách từ nguồn. Giả định hệ số suy giảm trong không khí bằng 3 khi ở khoảng cách lớn. (Hệ số này phải đánh giá được toàn bộ mức độ suy giảm ở tất cả các khoảng cách liên quan.)

f) Giả định với suất liều nơtron bức xạ gamma bằng 12 đối với trạng thái chuyển tiếp nhanh trong cơ cấu kim loại không làm chậm, không phản xạ. (Hai đặc tính tới hạn rất giống nhau có trong kim loại, đó là khi cơ cấu chứa ^{239}Pu phản xạ một phần tài liệu tham khảo [2]. Trạng thái chuyển tiếp 3 x 10^{15} phân hạch, ở khoảng cách 1,8 m, tạo ra một liều bằng 0,51 Gy, từ các nơtron, và một liều bằng Gy 0,051, từ các tia gamma tài liệu tham khảo [4]. Suất liều nơtron theo liều gamma bằng 12 được giả định cho cơ cấu với kim loại ^{239}Pu trần hoàn toàn. Do đó, liều kết hợp giữa nơtron và tia gamma ở khoảng cách 2 m bằng 0,2 Gy sẽ bao gồm 0.185 Gy của nơtron và 0,015 Gy của tia gamma. (Liều này có thể được tạo ra từ 1,86 x 10^{15} phân hạch.)

g) Suất liều bức xạ nơtron theo liều gamma bằng 0,30 được giả định cho một cơ cấu có mặt chất làm chậm. Một mô hình thử nghiệm sự cố Y - 12 được vận hành với tốc độ phân hạch được duy trì ổn định bằng 9,5 x 10^{12} phân hạch/ s trong thời gian 42 min. Điều này tạo ra một liều neutron bằng 0,47 Gy ở khoảng cách 1,9 m, và liều nơtron theo liều gamma là 0,30 [9]. Như vậy,theo liều giả định bằng 0,2 Gy tại 2 m có thể được tạo thành từ liều nơtron bằng 0,047 Gy và liều tia gamma bằng 0,153 Gy. (Liều này có thể được tạo ra từ 2,2 x 10^{15} phân hạch.)

B.2 Tính bán kính phát hiện

Sử dụng các giả định này, để tính khoảng cách tối đa mà một detector có thể phát hiện được các điểm tiềm ẩn sự cố (bán kính phát hiện) có thể được dùng cho mọi điểm ngưỡng báo động. Ví dụ, đối với trạng thái chuyển tiếp nhanh trong các cơ cấu kim loại trần, mức đáp ứng của detector phát hiện tia gamma, Tr, tại điểm ngưỡng báo động cho trước, với một khoảng cách r, được tính:

$$T_r = \dot{D} \times \left(\frac{a}{r}\right)^2 \times \left(\frac{1}{d_{air}}\right) \times \varepsilon$$

Trong đó

$\dot{D}$ suất liều hấp thụ, tính bằng gray trên mili giây, ở khoảng cách *a*

a = 2 m;

r bán kính phát hiện của detector;

d_{air} hệ số suy giảm trong không khí (d_{air} = 3, xem điều B.1);

ε mức đáp ứng giả định trong trạng thái chuyển tiếp nhanh $\varepsilon = \frac{1}{2500}$ xem B.1).

Nếu một điểm ngưỡng báo động được giả định là 5 x 10^{-4} Gy/ h, như vậy

$$5 \times 10^{-4} = 0{,}015 \times 3{,}6 \times 10^6 \times \left(\frac{2}{r}\right)^2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2500}$$

Do đó

r = 240 m

Giá trị cho các trường hợp phân hạch khác được cho trong Bảng B.1

Bảng B.1

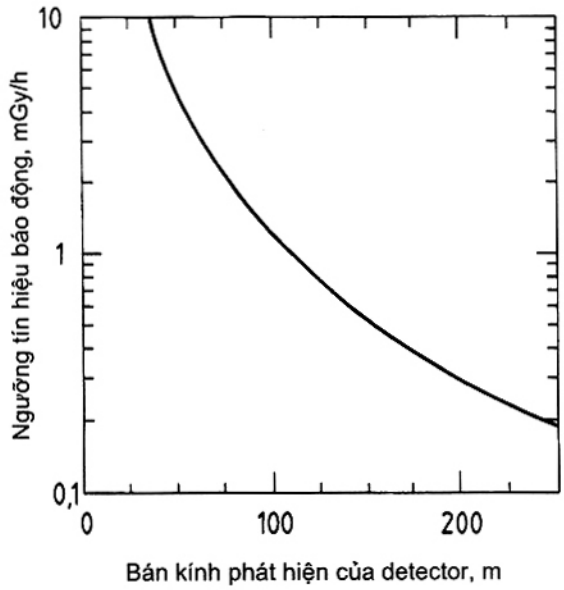
Giá trị tính bằng mét (giá trị tính bằng fit)

Loại sự cố	**Bán kính phát hiện ngưỡng báo động với mức phát hiện là 5 x 10^{-4} Gy/h**
Trạng thái chuyển tiếp – cơ cấu phân hạch kim loại không phản xạ, không làm chậm	240 (790)
Trạng thái chuyển tiếp – cơ cấu được làm chậm	766 (2530)
Trạng thái ổn định – cơ cấu được làm chậm	156 (520)

Từ những kết quả cho trong bảng, dễ dàng có thể nhận thấy rằng bán kính phát hiện là nhỏ nhất đối với sự cố ở trạng thái ổn định của cơ cấu có mặt chất làm chậm.

Đối với trường hợp giới hạn chung này, cần xây dựng đồ thị biểu thị mối quan hệ giữa điểm đặt ngưỡng báo động và bán kính phát hiện của detector để đáp ứng các tiêu chí trong tiêu chuẩn này (xem Hình B.1). Các giá trị đó được dựa trên trường hợp giới hạn của phản ứng ở trạng thái ổn định trong cơ cấu có chất làm chậm.

Khi yêu cầu phát tín hiệu trùng lặp giữa hai kênh để kích hoạt tín hiệu báo động và hệ thống không bị bất hoạt khi bị mất tín hiệu của một kênh bất kỳ, thì với ba detector (thiết lập với điểm ngưỡng bằng 5×10^{-4} h/Gy, sẽ tính được bán kính phát hiện là 150 m cho mỗi điểm trong một khu vực xử lý.



Hình B.1 – Ngưỡng báo động đối với thiết bị đo tốc độ phát xạ tia gamma so với bán kính phát hiện của detector.

Phụ lục C

(Quy định)

Lập kế hoạch ứng phó sự cố khẩn cấp

C.1 Khái quát

Lắp đặt hệ thống báo động sự cố tới hạn trong một cơ sở chỉ ra các nguy cơ không nhỏ cho sự cố như vậy. Do đó, phải chuẩn bị kế hoạch phù hợp để xử lý sự cố và hậu quả của nó. Phụ lục này chỉ ra các đề mục cần xem xét.

C.2 Lộ trình sơ tán

Các kế hoạch trong đó chỉ rõ các tuyến đường sơ tán phải được được chuẩn bị. Phải sơ tán bằng con đường ngắn nhất và trong thời gian nhanh nhất có thể được. Các tuyến đường này phải được xác định rõ ràng.

C.3 Điểm tập trung

Địa điểm tập trung nhân viên bên ngoài khu vực được sơ tán phải được chỉ định.

C.4 Thống kê nhân viên

Phải xây dựng các biện pháp thống kê để có thể chắc chắn rằng tất cả các nhân viên đã được sơ tán khỏi khu vực bị sự cố.

C.5 Đào tạo và huấn luyện

Nhân viên phải được đào tạo về phương pháp sơ tán, chỉ dẫn về các tuyến đường và các điểm tập trung. Nhân viên mới phải được hướng dẫn kịp thời, hồ sơ đào tạo phải được lưu giữ. Huấn luyện phải được thực hiện ít nhất một năm một lần để làm quen với các kế hoạch khẩn cấp. Hoạt động huấn luyện như vậy phải được thông báo trước.

C.6 Quy trình khẩn cấp

Quy trình khẩn cấp phải được chuẩn bị và phê duyệt bởi nhà quản lý. Các tổ chức, trong và ngoài địa điểm, dự kiến tham gia ứng phó trường hợp khẩn cấp phải được thông báo về tình trạng sự cố có thể xảy ra, và họ phải được trợ giúp trong việc chuẩn bị quy trình ứng phó với trường hợp khẩn cấp một cách phù hợp.

C.7 Chuẩn bị y tế thuốc men

Phải có sự bố trí, chuẩn bị trước cho việc chăm sóc và điều trị người bị thương và người bị phơi nhiễm bức xạ. Phải xem xét đến việc nhân viên có khả năng bị nhiễm xạ.

C.8 Xác định liều cho nhân viên

Kế hoạch ứng phó sự cố khẩn cấp phải có một chương trình xác định liều cho nhân viên và xác định nhanh các cá nhân bị phơi nhiễm bức xạ.

C.9 Quan trắc bức xạ

Phải có các thiết bị và các quy trình quan trắc để xác định mức độ nhiễm xạ sau một sự cố tới hạn. Thông tin phải được kết nối với điểm kiểm soát trung tâm.

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] CLARK, H.K. Effect of Distribution of Fissile Material on Critical Mass. Nuclear Science and Engineering, 24, 1966: p. 133.

[2] STRATTON, W.R. A Review of Criticality Accidents. Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-3611, 1967.

[3] PAXTON, H.C. Criticality Control in Operations with Fissile Material. Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-3366 (rev.), 1972.

[4] HANKINS, D.E. and HANSEN, G.E. Revised Dose Estimates for the Criticality Excursion at Los Alamos Scientific Laboratory, May 21, 1946. Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-3861, 1968.

[5] LECORCHE, P. and SEALE, R.L. A Review of Experiments Performed to Determine the Radiological Consequences of a Criticality Accident. Oak Ridge Y-12 Plant Report Y-CDC-12, 1973.

[6] BARBRY, F. Fuel Solution Criticality Accident Studies with the SILENE Reactor : Phenomenology, Consequences and Simulated Intervention. International Seminar on Criticality Studies Programs and Needs, Dijon, France, Sept. 1983, supplemented by [11].

[7] MALENFANT, R.E. and FOREHAND JR., H.M. Simulation of Process Plant Accidents, Nuclear Criticality Safety, Data and Analysis for Nuclear Criticality Safety. Trans. Am. Nuc. Soc., 43, 1982: pp. 405-406.

[8] CRUME, E.C. Experiments to Determine Sensitivity of NMC Gamma Monitors to Distant Fission Bursts. Oak Ridge Y-12 Plant Report Y-DO-113, 1974.

[9] HURS[T], G.S., RITCHIE, R.H. and EMERSON, L.C. Accidental Radiation Excursion at the Oak Ridge Y-12 Plant, Part III, Determination of Radiation Doses. Health Physics, 2, 1959: pp. 121-133.

[10] BARBRY, F., MANGIN, D. and REVOL, H. Recapitulation of Experimental Results. CEA Report SEESNC 116, Aug. 1973.

[11] BARBRY, F. Slow-kinetics Power Excursions Performed on the SILENE Reactor. Technical Report CEA SRSC 83-33, Dec. 1983.