

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9107:2011

ISO 27467:2009

NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN - AN TOÀN TỐI HẠN HẠT NHÂN - PHÂN TÍCH SỰ CỐ TỐI HẠN
GIẢ ĐỊNH

Nuclear energy – Nuclear criticality safety – Analysis of a postulated criticality accident

Lời nói đầu

TCVN 9107:2011 hoàn toàn tương đương với ISO 27467:2009;

TCVN 9107:2011 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 cơ sở hạt nhân xử lý hoặc lưu giữ vật liệu phân hạch, các quy định được thực hiện để ngăn chặn các nguy cơ tối hạn. Mục đích của việc phân tích an toàn tối hạn là để đảm bảo rằng các biện pháp được thực hiện một cách phù hợp để ngăn ngừa sự cố tối hạn. Các yếu tố gây rủi ro liên quan đến sự cố tối hạn là do bức xạ trực tiếp trong các sự kiện phân hạch, sự có mặt của các sản phẩm phân hạch, cũng như từ bụi và khí phóng xạ theo đường không khí.

Kinh nghiệm về các sự cố tối hạn trên toàn thế giới cho thấy rằng đây là những sự kiện rất hiếm xảy ra, tuy nhiên không thể loại bỏ được hoàn toàn các rủi ro có khả năng xảy ra sự cố trong tương lai. Khó có thể dự đoán trước được tất cả các kịch bản với những điều kiện có thể dẫn đến sự cố tối hạn, và thậm chí để tránh cho các sự cố đó có thể xảy ra còn khó hơn, đặc biệt với những giải pháp xử lý tại nơi đã xảy ra các trước đây. Vì lý do này, việc phân tích dựa trên các kịch bản sự cố giả định, cho một cơ sở nào đó mà nguy cơ tiềm ẩn tối hạn có thể tồn tại, có thể là phương tiện để hiểu các hậu quả đã được dự báo có thể xảy ra và đưa ra các quy định, hành động bảo vệ phù hợp.

NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN - AN TOÀN TỐI HẠN HẠT NHÂN - PHÂN TÍCH SỰ CỐ TỐI HẠN
GIẢ ĐỊNH

Nuclear energy – Nuclear criticality safety – Analysis of a postulated criticality accident

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các lĩnh vực quan trọng phải nghiên cứu khi phân tích sự cố tối hạn tiềm ẩn.

CHÚ THÍCH 1: Điều quan trọng là phân tích sự cố tối hạn phải được thực hiện mỗi lần cho một sự cố tối hạn được xem là có nhiều khả năng xảy ra, hoặc là do bất ngờ xảy ra tối hạn (gấp đôi liều lượng, vi phạm quy trình, v.v...), hoặc do không thực hiện các quy định an toàn (hiệu quả của chất hấp thụ neutron giảm do cháy, v.v...)

CHÚ THÍCH 2: Điều quan trọng là các chuyên gia an toàn tối hạn phải ghi nhớ rằng quá trình đánh giá được xây dựng trong tiêu chuẩn này không dùng để đánh giá các sự kiện không lường trước, vì bất kỳ sự cố tối hạn nào xảy ra có thể xuất hiện từ một kịch bản không được dự đoán trước hoặc không tuân thủ các quy định hiện hành.

Tiêu chuẩn này không đề cập chi tiết các biện pháp hành chính, mà trách nhiệm thuộc về cơ quan có thẩm quyền, cũng không đề cập đến các tiêu chí được sử dụng để biện minh cho việc phân tích sự cố tối hạn của một cơ sở hạt nhân.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các nhà máy điện hạt nhân.

2. Tài liệu viện dẫn

Các tiêu chuẩn viện dẫn sau là rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tiêu chuẩn viện dẫn ghi năm ban hành thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tiêu chuẩn viện dẫn không ghi năm ban hành thì áp dụng bản mới nhất, bao gồm cả sửa đổi bổ sung (nếu có).

TCVN 9103:2011 (ISO 7753:1987), *Năng lượng hạt nhân - Các tính năng và yêu cầu thử nghiệm đối với hệ thống phát hiện và báo động tới hạn*

3. Thuật ngữ và định nghĩa

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

3.1. Kịch bản sự cố (accident scenario)

Tập hợp các điều kiện giả định đáng tin cậy, theo đó một cơ sở/quy trình có vật liệu phân hạch tạo ra một hoặc nhiều điều kiện lỗi mà như vậy có thể vượt quá trạng thái tới hạn và gây ra một sự cố tới hạn

3.2. Hậu quả bức xạ (radiological consequences)

Liều bức xạ của cá nhân và tập thể là kết quả của ảnh hưởng kết hợp mức phơi nhiễm bức xạ bên ngoài do bức xạ trực tiếp và mức phơi nhiễm bức xạ bên trong do hít thở hoặc ăn uống phải hạt nhân phóng xạ bay hơi trong môi trường hoặc chất phân hạch không bay hơi và vật liệu phân hạch lơ lửng như bụi trong các cơ sở hạt nhân

4. Mục tiêu phân tích sự cố tới hạn

4.1. Phân tích sự cố tới hạn gồm có các xem xét dưới đây (xem Hình 1):

- xác định (các) kịch bản sự cố đáng tin cậy;
- ước tính quá trình giải phóng năng lượng và lịch sử công suất;
- các phương tiện phù hợp để phát hiện sự cố và xác định điểm đặt thích hợp cho các detector;
- ước tính mức độ phơi nhiễm bức xạ cá nhân tiềm ẩn và các tác động bức xạ của việc phát tán nhân phóng xạ ra cộng đồng và môi trường;
- chuẩn bị các quy định một cách phù hợp để sẵn sàng áp dụng khi khẩn cấp và ứng phó với một sự cố tới hạn.

4.2. Các yêu cầu này có thể đáp ứng được một phần hoặc toàn bộ thông qua các xem xét dưới đây

- động lực học của sự cố tới hạn, có nghĩa là hiểu được cơ chế quyết định đến quá trình xảy ra sự cố để ước tính mức giải phóng năng lượng;
- khả năng phát hiện sự cố, gồm cả việc kịp thời kích hoạt hệ thống báo động tới hạn để sơ tán ngay lập tức các cá nhân, như là một cách nhằm hạn chế nguy cơ phơi nhiễm bức xạ;
- phân tích “các sản phẩm được giải phóng theo đường không khí” bằng cách đo các khí và son khí phân hạch có khả năng được giải phóng, bụi hạt nhân lơ lửng và đánh giá tác động của chúng đối với con người và môi trường;
- đo liều kế sự cố, tức là xác định liều neutron và bức xạ gamma được tạo ra từ sự cố cho mục đích phân tích rủi ro về bức xạ;
- xem xét toàn bộ các rủi ro gây hại từ các biện pháp được đánh giá trong kế hoạch ứng phó sự cố khẩn cấp.

CHÚ THÍCH: Nội dung thông tin trong c) và d) được sử dụng để đánh giá hậu quả bức xạ.

5. Các phần của một phân tích sự cố tới hạn

5.1. Chủ đề phân tích sự cố tới hạn

Các phân tích sự cố tới hạn phải đề cập đến các chủ đề sau:

- định nghĩa các kịch bản sự cố cho phép phân tích động học của sự cố (tổng năng lượng giải

phóng, khoảng thời gian, các đặc tính đầu tiên làm tăng năng lượng đột biến, v.v...);

b) nghiên cứu các điểm thích hợp để đặt detector trên cơ sở phân tích các hiện tượng sự cố, đặc biệt là các đặc tính đầu tiên làm tăng năng lượng đột biến;

c) đánh giá nguy cơ phơi nhiễm bức xạ cá nhân trong vùng lân cận của sự cố tới hạn và đánh giá tác động môi trường của các chất được sinh ra theo đường không khí cũng được dựa vào đặc tính của sự cố (môi trường phân hạch, cấu hình, năng lượng, v.v...);

d) sẵn sàng cho trường hợp khẩn cấp và hỗ trợ ứng phó cần thiết.

CHÚ THÍCH: Phụ lục A minh họa các thành phần của một của một phân tích sự cố tới hạn giả định, theo các bước/ các giai đoạn khác nhau của một nghiên cứu.

5.2. Định nghĩa sự cố giả định và tính toán về neutron liên quan

5.2.1. Các chuyên gia an toàn tới hạn phải định nghĩa được kịch bản sự cố phù hợp theo

a) loại vật liệu phân hạch, các loại quy trình (nhiệt độ cao, tức là tăng nguy cơ hỏa hoạn, chất lỏng, ẩm ướt, hỗn hợp, v.v...) và các cấu hình của thiết bị bị ảnh hưởng (có nghĩa là về mặt hình học, tương tác với các vật liệu hoặc chất làm chậm liền kề, v.v...),

b) Các sự kiện dẫn đến siêu tới hạn, bao gồm việc định nghĩa sự cố và trình tự xảy ra sự cố (đưa vào thừa các vật liệu phân hạch hoặc chất làm chậm, mất chất làm chậm, chạy sai quy trình, v.v...).

5.2.2. Căn cứ vào (các) kịch bản được định nghĩa trong 5.2.1, các thông số tới hạn sau đây phải được tính toán:

a) tổng độ phản ứng bổ sung vào và động lực học của quá trình bổ sung, để ước tính năng lượng phân hạch (đặc biệt là quá trình đầu tiên làm tăng năng lượng đột biến);

b) các thông số neutron của hệ thống

CHÚ THÍCH: các thông số liên quan trong mục b) có thể cần cho phân tích là thời gian sống của neutron, thời điểm tạo ra trạng thái tới hạn, mức độ quan trọng của các neutron trễ (nghĩa là phần neutron trễ hiệu dụng), sự thay đổi các thông số của vật liệu phân hạch, phân hạch theo hệ số nhân vô hạn, độ dài dịch chuyển, v.v...

5.3. Tính toán vật lý đối với sự cố

5.3.1. Đánh giá vật lý của sự cố tới hạn

Với kịch bản sự cố giả định như xác định tại 5.2, các chuyên gia an toàn tới hạn phải đánh giá vật lý của sự cố bằng cách sử dụng một hoặc cả hai cách sau đây:

a) chương trình máy tính,

b) mô hình đơn giản hóa.

CẢNH BÁO - Ảnh hưởng dài hạn của một sự cố phần lớn là do sự trao đổi nhiệt trong vùng lân cận của hệ thống siêu tới hạn (làm mát, thông gió). Phải nghiên cứu các ảnh hưởng dài hạn của sự cố có thể có khi phân tích một sự cố tới hạn.

5.3.2. Sử dụng chương trình máy tính

5.3.2.1. Phải sử dụng chương trình máy tính để tính sự cố tới hạn, chương trình này dùng để xác định sự thay đổi công suất và năng lượng trong quá trình chuyển trạng thái và cho biết xu hướng của các thông số khác (nhiệt độ, khí phóng xạ và bọt hơi nước, áp suất, v.v...) như một hàm của thời gian.

Cảnh báo – Độ không đảm bảo được xác định thông qua việc xác nhận hoặc việc chứng minh về sự không phù hợp của mô hình đại diện cho kịch bản sự cố có thể tồn tại. Vì vậy, phải thận trọng khi sử dụng chương trình máy tính.

5.3.2.2. Tính toán phải được ước tính một cách chính xác

a) “vỏ bọc” sự cố, có nghĩa là tổng số phân hạch mà có thể dừng sự cố thông qua việc phục hồi hệ thống về trạng thái dưới tới hạn vĩnh viễn nếu không có biện pháp ứng phó phù hợp (ví dụ như ngộ độc neutron, thiết bị người máy) đã được sử dụng để dập tắt nó,

b) dựa vào đặc tính làm tăng năng lượng đột biến đầu tiên, là thông số cho phép tối ưu vị trí đặt detector của hệ thống cảnh báo sự cố tới hạn.

5.3.3. Sử dụng các mô hình đơn giản hóa

5.3.3.1. Đối với tính chất vật lý của sự cố, việc cung cấp các dữ liệu về “cấp-của-cường độ” phải được tính đến thông qua các phương án tùy chọn một cách đơn giản.

5.3.3.2. Các mô hình này kế thừa việc sử dụng của

a) các mô hình đơn giản hóa được đúc kết từ các dữ liệu thực nghiệm,

b) kết quả thực nghiệm hoặc các sự cố trước đây đã được tài liệu hóa một cách đầy đủ.

5.4. Tính bức xạ neutron và bức xạ gamma - đo liều sự cố tới hạn

5.4.1. Đánh giá phép đo liều sự cố tới hạn

Liều bức xạ, phạm vi và sự phân bố của các trường bức xạ gamma và neutron phải được đánh giá dựa trên kết quả của phép tính vật lý của sự cố được mô tả trong 5.3. Các chuyên gia an toàn tới hạn phải đánh giá phép đo liều sự cố tới hạn bằng cách sử dụng

a) chương trình máy tính,

b) mô hình đơn giản hóa.

5.4.2. Đánh giá bằng chương trình máy tính

5.4.2.1. Tính toán bức xạ và các liều liên quan cần

a) tối ưu hóa việc đánh giá phơi nhiễm bức xạ của các cá nhân và tập thể từ một sự cố giả định và xác định các khu sơ tán, cùng với các chủ thể khác liên quan đến báo động tới hạn và ứng phó khẩn cấp,

b) tối ưu hóa việc xác định điểm đặt các detector phát hiện tới hạn và chứng minh rằng các cảnh báo tới hạn phải đáp ứng được (các) sự cố tới hạn giả định.

5.4.2.2. Sau đó phải sử dụng chương trình máy tính để đánh giá lượng bức xạ được sinh ra từ các nguồn sự cố, cùng với sự lan truyền của nó trong khu vực sự cố.

Cảnh báo - Độ không đảm bảo được xác định thông qua việc xác nhận hoặc việc chứng minh về sự không phù hợp của mô hình đại diện cho kịch bản sự cố có thể tồn tại. Vì vậy, phải thận trọng khi sử dụng chương trình máy tính.

5.4.3. Đánh giá bằng cách sử dụng kết quả thực nghiệm

Dữ liệu về liều thực nghiệm thu được từ các cơ cấu tới hạn khác nhau phải được biên soạn dưới hình thức đồ thị toán học để hiển thị sự thay đổi của các liều ghi được tại các khoảng cách ngắn khác nhau từ mỗi nguồn bức xạ.

5.5. Chứng minh việc vận hành kịp thời của hệ thống báo động

5.5.1. Toàn bộ các vị trí lắp đặt detector tới hạn phải được chứng minh dựa trên các kết quả đo suất liều và phân bố liều thu được từ việc tính toán hoặc mô hình hóa như khuyến nghị trong 5.4.

5.5.2. Các điểm đặt phải phù hợp với các quy định trong TCVN 9103 (ISO 7753).

5.5.3. Phải chứng minh được rằng khả năng phát hiện trạng thái tới hạn nếu suất liều hoặc liều tích hợp vượt quá các tiêu chí được thiết lập cho ngưỡng tới hạn để báo động.

CHÚ THÍCH: Các tiêu chuẩn về ngưỡng được thiết lập theo tiêu chuẩn địa phương hoặc quốc gia cho các giá trị về ngưỡng liều bức xạ sự cố.

5.6. Đánh giá các chất sinh ra theo đường không khí và tác động của chúng

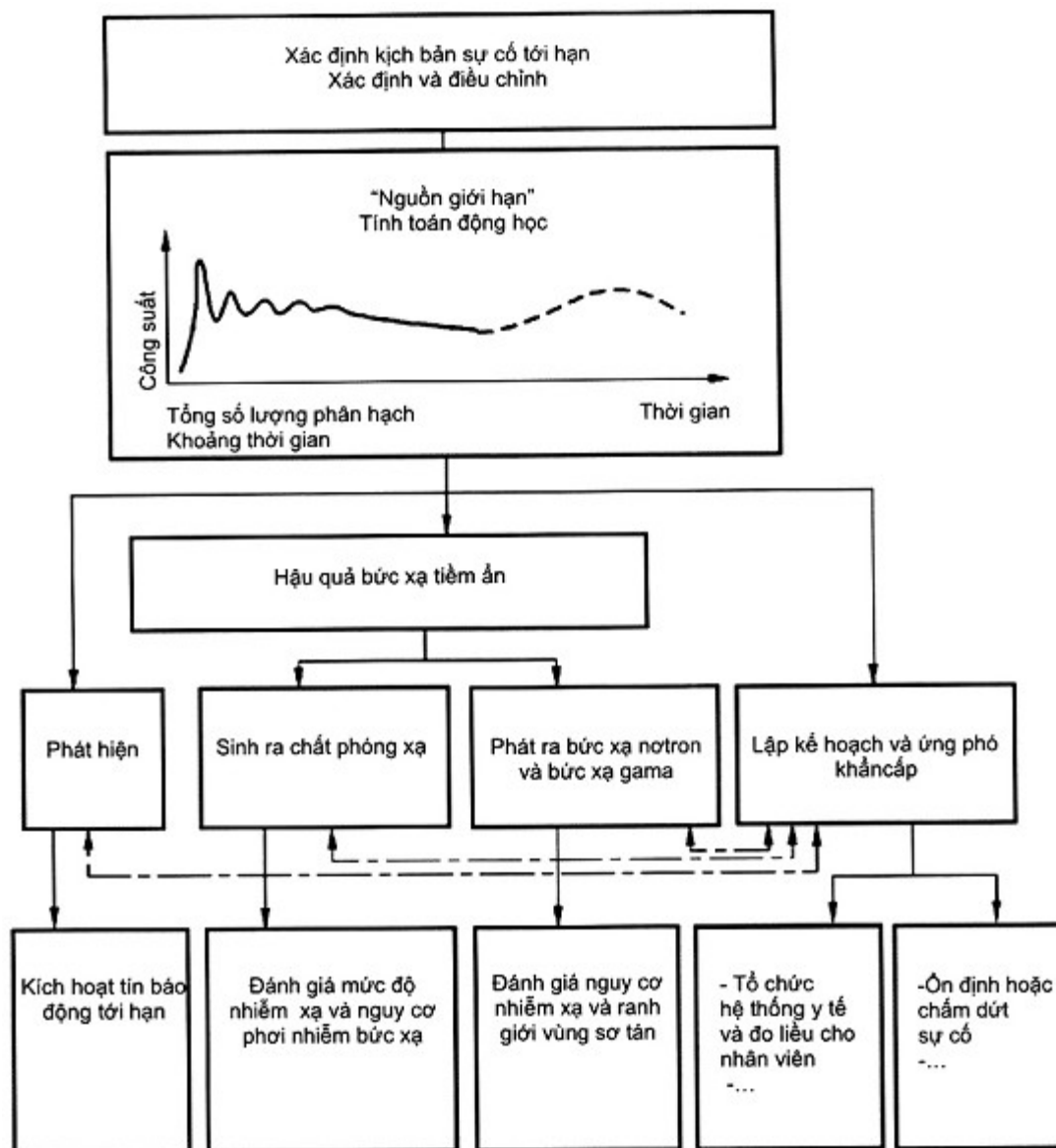
Tác động của khí sinh ra theo đường không khí hoặc bụi hạt nhân lơ lửng phải được đánh giá dựa trên cơ sở đặc tính của sự cố (số phân hạch, động học, xem 5.3) và tốc độ giải phóng của nhân phóng xạ cụ thể trong môi trường phân hạch.

5.7. Các hành động được yêu cầu sau khi xảy ra sự cố

5.7.1. Các hành động được khởi phát theo kế hoạch ứng phó khẩn cấp và riêng biệt cho một sự cố tới hạn phải được quản lý để đảm bảo rằng chúng đang được tuân thủ nghiêm ngặt. Kế hoạch cần đảm bảo rằng công tác ứng phó giảm thiểu được các liều tiềm ẩn và có tính đến mọi nguy cơ phi phóng xạ có thể xuất hiện trong quá trình ứng phó.

5.7.2. Các hành động này như sau:

- a) kiểm soát mọi người tại các điểm tập trung và nhanh chóng phân nhóm họ theo nguy cơ phơi nhiễm bức xạ;
- b) sử dụng dữ liệu liều vật lý và sinh học để đánh giá mức độ phơi nhiễm bức xạ và lựa chọn phương pháp điều trị y tế thích hợp;
- c) dự đoán xu thế phát triển của sự cố và các biện pháp cần thiết để dừng hệ thống khi cần thiết;
- d) đảm bảo việc bảo vệ cộng đồng và môi trường;
- e) liên lạc với các cơ quan có thẩm quyền.

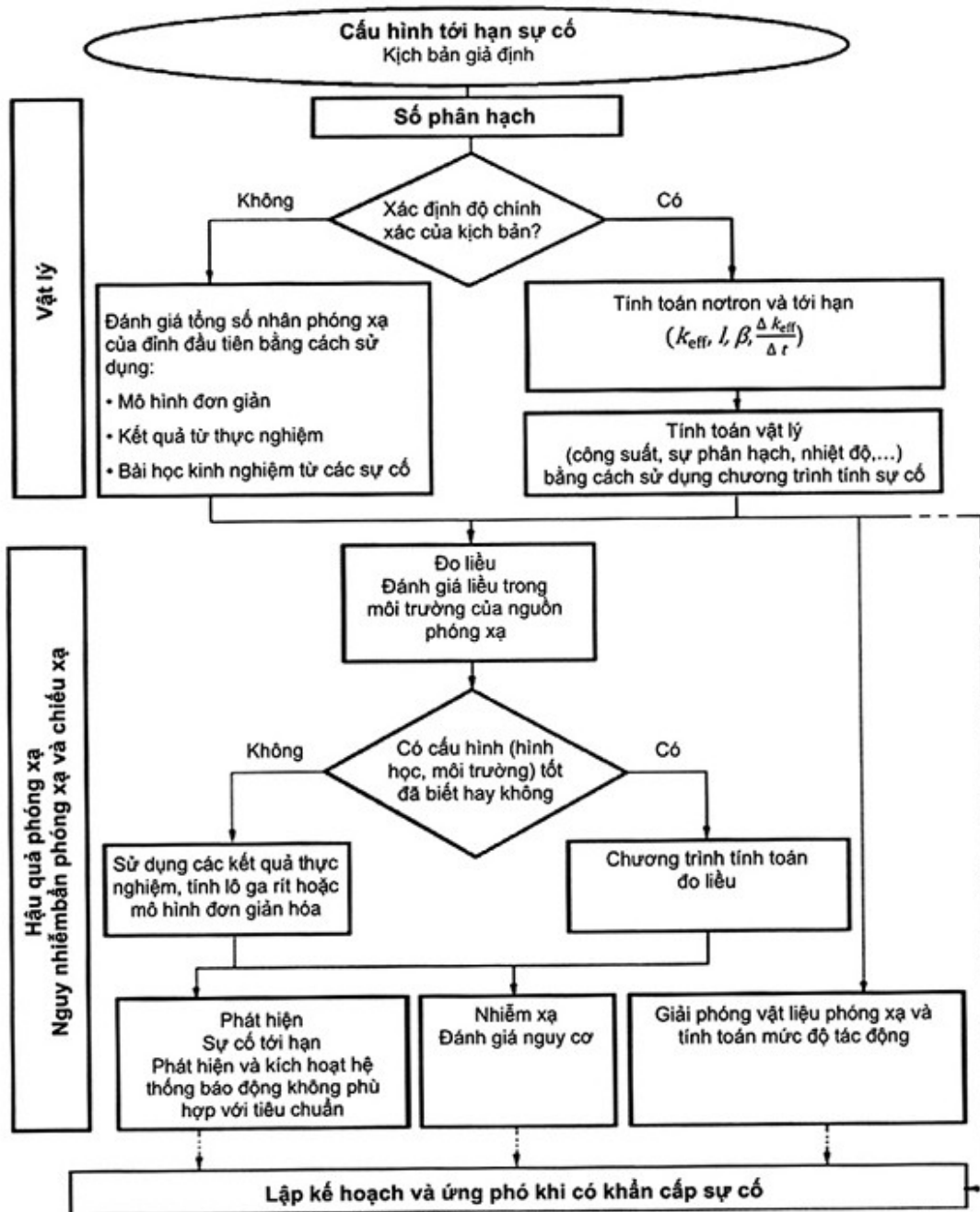


Hình 1 - Phạm vi phân tích sự cố tới hạn

Phụ lục A

(Tham khảo)

Lưu đồ của một phân tích sự cố tới hạn



Hình A.1 - Lưu đồ của một phân tích sự cố tới hạn

THƯ MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 9102: 2011 (ISO 1907:1995) Năng lượng hạt nhân - Vật liệu phân hạch - Nguyên tắc an toàn tới hạn trong lưu trữ, thao tác và xử lý
- [2] BARBRY, F., FOUILLAUD, P., and REVERDY, L., Methodology Recommended by the CEA for Criticality Accident Studies, Transactions of the American Nuclear Society, Vol. **89**, pp 113-114, 2003
- [3] BARBRY, F., Recommendations for the safety assessment of a postulated criticality accident