

Thông tin

& Khoa học  
& Công nghệ

HẠT NHÂN

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM



**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO  
THIẾT BỊ CHỤP CẮT LỖP ĐIỆN TOẢN  
DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP**



VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM

Website: <http://www.vinatom.gov.vn>

Email: [infor.vinatom@hn.vnn.vn](mailto:infor.vinatom@hn.vnn.vn)

SỐ 49  
12/2016

## BAN BIÊN TẬP

TS. Trần Chí Thành - Trưởng ban  
TS. Cao Đình Thanh - Phó Trưởng ban  
PGS. TS Nguyễn Nhị Điền - Phó Trưởng ban  
TS. Trần Ngọc Toàn - Ủy viên  
ThS. Nguyễn Thanh Bình - Ủy viên  
TS. Trịnh Văn Giáp - Ủy viên  
TS. Đặng Quang Thiệu - Ủy viên  
TS. Hoàng Sỹ Thân - Ủy viên  
TS. Thân Văn Liên - Ủy viên  
TS. Trần Quốc Dũng - Ủy viên  
ThS. Trần Khắc Ân - Ủy viên  
KS. Nguyễn Hữu Quang - Ủy viên  
KS. Vũ Tiến Hà - Ủy viên  
ThS. Bùi Đăng Hạnh - Ủy viên

Thư ký: CN. Lê Thúy Mai  
Biên tập và trình bày: Nguyễn Trọng Trang



### Địa chỉ liên hệ:

Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam  
59 Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội  
ĐT: (04) 3942 0463  
Fax: (04) 3942 2625  
Email: infor.vinatom@hn.vnn.vn  
Giấy phép xuất bản số: 57/CP-XBBT  
Cấp ngày 26/12/2003

# THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN

## NỘI DUNG

1- Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị chụp cắt lớp điện toán dùng trong công nghiệp

NGUYỄN HỮU QUANG

6- Kết quả nghiên cứu khoa học của đề tài KC.05.26/11-15

HOÀNG SỸ THÂN và TRẦN CHÍ THÀNH

17- Thiết lập trường chuẩn liều nơtron tại Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân

TRỊNH VĂN GIÁP và cộng sự

22- Vài nét về công nghệ và an toàn nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành, Trung Quốc

LÊ ĐẠI DIỄN

29- Điều khiển và ghi nhận dữ liệu hệ quan trắc phóng xạ thông qua mạng internet

NGUYỄN THANH HÙNG và NGUYỄN XUÂN VỊNH

34- Lò công suất nhỏ kiểu module - SMR: nguồn năng lượng bền vững

LÊ VĂN HỒNG

## TIN TRONG NƯỚC VÀ QUỐC TẾ

39- Hội thảo “Công nghệ bức xạ và các ứng dụng” tại Daejeon, Hàn Quốc

41- Khai giảng Khóa bồi dưỡng cơ sở về kỹ thuật hạt nhân cho cán bộ trẻ

42- Lễ tốt nghiệp và trao bằng tiến sĩ cho các nghiên cứu sinh tại Viện Nghiên cứu hạt nhân

43- Trung tâm NDE tiếp đoàn chuyên gia IAEA về quản lý nguồn phóng xạ kín đã qua sử dụng trong khuôn khổ chương trình RAS/9/085

44- Semina định kỳ hàng tuần của Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân



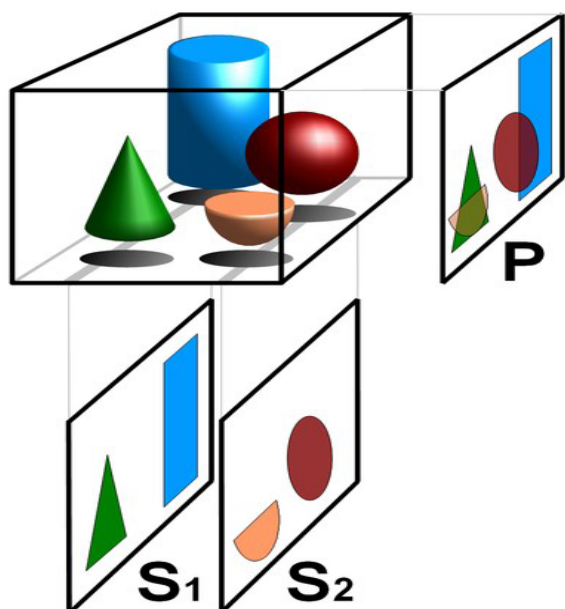
# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO THIẾT BỊ CHỤP CẮT LỚP ĐIỆN TOÁN DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP

*Chụp cắt lớp điện toán (Computed Tomography) là kỹ thuật tạo ra hình ảnh phân bố mật độ của lát cắt vật thể bằng các thuật toán tái tạo hình ảnh (Image Reconstruction Algorithm) trên cơ sở thu nhận tập hợp các chùm tia bức xạ xuyên qua lát cắt của vật thể. Hình ảnh thu được ở dưới dạng tiết diện ngang (2 chiều) đối với 1 lát cắt hoặc hình khối (3 chiều) đối với nhiều lát cắt kết hợp lại với nhau. Chụp cắt lớp lần đầu tiên được phát minh vào năm 1972 bởi Godfrey Hounsfield - một kỹ sư người Anh và Allan Cormack - một nhà vật lý người Mỹ. Hounsfield và Cormack sau đó đã được giải thưởng Nobel cho những cống hiến của họ cho khoa học và y khoa. Từ chụp cắt lớp hình ảnh mật độ vật thể bằng chùm tia truyền qua được phát minh lúc đầu, sau này đã phát triển các kỹ thuật tương tự với bức xạ phát xạ từ vật thể SPECT và PET trong y khoa. Tuy nhiên, do thói quen người ta vẫn dùng từ viết tắt “CT” để chỉ kỹ thuật chụp cắt lớp bằng phương pháp truyền qua.*

Chụp cắt lớp điện toán CT cũng khác với chụp hiện hình bức xạ (Radiography). Chụp cắt lớp cho hình ảnh phân bố mật độ của lát cắt, còn hiện hình bức xạ (thường gọi là chụp phim trong kiểm tra không phá hủy NDT) hay chụp X quang

trong y tế là hình ảnh chiếu lên tấm phim 2 chiều theo mật độ của vật thể. Nếu chụp phim chỉ cần một lần rọi tia bức xạ qua vật thể để hiện hình lên bản phim thì chụp cắt lớp cần rất nhiều tia chiếu đơn quét qua toàn bộ tiết diện của vật thể ở tất cả

các góc xoay. Thuật toán sử dụng để dựng ảnh phân bố mật độ từ tập hợp số liệu truyền qua của tất cả các tia chiếu là một trong những bí quyết công nghệ phức tạp nhất.



Hình 1. Nguyên lý của chụp phim (trên) và chụp cắt lớp (dưới).

Không chỉ được sử dụng trong y khoa, kỹ thuật CT cũng được sử dụng để nghiên cứu vật liệu và cấu trúc mẫu vật, kiểm tra không phá hủy, khảo sát ăn mòn, tắc nghẽn, theo dõi dòng chảy và phân bố các pha chất lưu trong thiết bị công nghệ...

Kỹ thuật chụp cắt lớp được đưa vào Việt Nam từ 1991 với máy CT đầu tiên tại Bệnh viện Việt - Xô. Đến nay cả nước có khoảng 6 thiết bị PET/CT và 22 thiết bị xạ hình gamma camera và SPECT, mỗi năm phục vụ hàng ngàn bệnh nhân [Thông tin Khoa học và Công nghệ hạt nhân, No.36, 9/2013]. Ngành điện quang trong y tế của Việt Nam cũng được đánh giá có tốc độ phát triển nhanh trong khu vực. Các kết quả nghiên cứu với PET/CT đã khẳng định, thiết bị này giúp chẩn đoán với độ nhạy và độ chính xác cao các loại ung thư nguyên phát, chẩn đoán phân biệt u lành

và u ác tính, di căn, tái phát, giúp đánh giá kết quả điều trị, theo dõi sau điều trị. PET/CT làm thay đổi chiến thuật điều trị ở 30-40% số bệnh nhân ung thư, giúp dự báo sớm kết quả điều trị [Khoa học và phát triển, 30/3/2016].

Tuy nhiên, hệ thống năng lực khoa học và công nghệ hạt nhân cả về nghiên cứu và đào tạo trong lĩnh vực hình ảnh hạt nhân còn chưa được phát triển tương ứng để đáp ứng nhu cầu hỗ trợ kỹ thuật trong tư vấn, vận hành và khai thác hiệu quả thiết bị.

Nhận thấy sự cần thiết phải xây dựng năng lực khoa học công nghệ trong lĩnh vực hình ảnh hạt nhân, năm 2007, hướng nghiên cứu về hình ảnh hạt nhân được Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp (thuộc Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam) được chính thức khởi động. Bằng kinh phí lấy từ Quỹ phát triển sự nghiệp của Trung tâm, sau 6 tháng tìm hiểu và thử nghiệm, mẫu thiết bị chụp cắt lớp đầu tiên đã được tạo ra với cấu hình vật thể tự xoay, nguồn gamma và detector chuẩn trực chuyển động quét tịnh tiến. Thuật toán tái tạo ảnh dựa trên phép Chiếu ngược và Chiếu ngược có lọc. Hình ảnh CT đầu tiên có độ phân giải khoảng 3,0 mm, cho phép phân biệt các vật liệu như nhôm, thép, nhựa và cát.



Hình 2. Thiết bị chụp cắt lớp công nghiệp thế hệ thứ nhất GORBIT của Trung tâm CANTI trong triển lãm dầu khí.

Phát huy kết quả ban đầu, Đề tài cấp Cơ sở 2009 được đề xuất nhằm nghiên cứu thiết kế chế tạo mẫu thiết bị CT theo nguyên lý thể hệ thứ nhất để ứng dụng trong khảo sát ăn mòn, khuyết tật đường ống. Sản phẩm của đề tài là thiết bị CT được đặt tên GORBIT, có cấu hình một nguồn một đầu dò sử dụng chùm tia gamma đơn quét tịnh tiến và xoay xung quanh vật thể. Để thích hợp với mục đích khảo sát đường ống trên hiện trường, thiết bị GORBIT có thể mở ra để gá lắp vào đường ống ở mọi góc nghiêng, đường kính ống cực đại đến 600 mm. Độ phân giải không gian 3 mm. Phần mềm điều khiển, thu nhận số liệu được viết tích hợp cho phép đồng bộ các hoạt động của thiết bị. Phần mềm tái tạo hình ảnh từ bộ số liệu thu nhận được viết trên 2 thuật toán: Lặp đại số và Chiếu ngược có lọc. Thuật toán Kỳ vọng tối đa được hoàn thiện 1 năm sau khi đề tài kết thúc. Trên thực tế, đề tài cấp Cơ sở nên kinh phí cũng khá khiêm tốn (60 triệu) so với nội dung thực hiện của đề tài. Vì vậy, Trung tâm đã hỗ trợ kinh phí từ Quỹ phát triển sự nghiệp để đề tài hoàn thành nhiệm vụ.

Thiết bị GORBIT đã được triển khai tại hiện trường khảo sát điểm nghi ngờ ăn mòn của tuyến ống ngầm dầu khí Bà Rịa. Kết quả thật khả quan. GORBIT đã được vận hành ở 2 chế độ: quét nhanh để định vị vùng có khuyết tật ăn mòn lớn nhất và chụp cắt lớp đường ống tại vị trí có mức độ ăn mòn lớn nhất. Ảnh CT cho thấy vết ăn mòn bên trong sâu tới quá nửa bề dày thành ống, mất khoảng 70% vật liệu. Kết quả được chuyển giao để Công ty xử lý gia cố đường ống. Thiết bị GORBIT được IAEA đánh giá cao về sự đơn giản trong kết cấu và thao tác lắp đặt trên hiện trường, phần mềm tái tạo dựng ảnh linh hoạt, cho độ tương phản tốt, khắc phục được nhiều nền. IAEA đã đặt hàng Trung tâm cung cấp thiết bị GORBIT và tổ chức đào tạo huấn luyện sử dụng thiết bị cho 7 phòng thí nghiệm trong và ngoài khu vực. Tại Phòng thí nghiệm Ứng dụng đồng vị của PINSTEC (Pakistan), thiết bị GORBIT

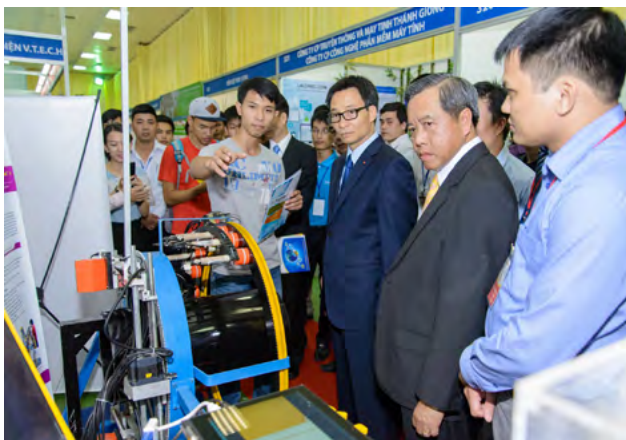
của Việt Nam được sử dụng trong chương trình nghiên cứu mô phỏng động học dòng chảy 2 pha trong hệ tải nhiệt. Kết quả từ hình chụp cắt lớp được sử dụng làm bằng chứng thực nghiệm để đánh giá kết quả tính toán mô phỏng.

Mặc dù có độ phân giải tốt nhưng thời gian tiến hành một phép chụp lát cắt vật thể bằng GORBIT như đường ống có đường kính khoảng 600 mm mất khoảng 9 giờ. Thời gian chụp ngoài hiện trường lâu như vậy gặp phải rất nhiều khó khăn do thời gian thi công bị hạn chế, sự thăng giáng nhiệt độ trong ngày, ảnh hưởng của thời tiết... Cần phải rút ngắn thời gian chụp và đảm bảo độ phân giải cần thiết của ảnh. Các thể hệ CT từ thứ hai trở đi sử dụng chùm tia phân kỳ kết hợp nhiều đầu dò xếp theo dãy có thể tăng số tia quét trong cùng một phép đo, rút ngắn thời gian chụp. Tuy nhiên chụp cắt lớp ở các thể hệ sau cũng đòi hỏi những giải pháp khá phức tạp kèm theo, liên quan đến điện tử hạt nhân như đầu dò và hệ điện tử xử lý tín hiệu và thu nhận số liệu sau đầu dò; thuật toán hiệu chỉnh chùm tia phân kỳ trong phần mềm tái tạo hình ảnh; chuẩn hóa các tín hiệu từ đầu dò và thiết kế hệ cơ khí và điều khiển chuyển động phù hợp. Nếu giải quyết thành công các vấn đề trên, xây dựng được hệ chụp cắt lớp thứ hai hay thứ ba thì rõ ràng trình độ chuyên môn và năng lực của Nhóm nghiên cứu về các lĩnh vực liên quan như vật lý hạt nhân, thuật toán, xây dựng phần mềm, điện tử hạt nhân, điều khiển tự động, thiết kế chế tạo cơ khí và trình độ tổ chức thực hiện các nhiệm vụ nghiên cứu có độ phức tạp cao sẽ được nâng lên một tầm mức mới. Một yếu tố nữa cũng phải tính đến là kinh phí thực hiện. Có thể nói, thời gian và độ phân giải ảnh chụp cắt lớp tỷ lệ nghịch với giá thành. Một máy chụp CT y tế có thời gian chụp cơ thể người trong khoảng 3 s có giá thành đến triệu đô la.

Trên cơ sở thiết bị chụp cắt lớp truyền qua GORBIT, Nhóm nghiên cứu cũng đã tạo ra thiết bị chụp cắt lớp hình ảnh phát xạ đơn quang tử (Single Photon Emission Computed Tomography

- SPECT). Trên thiết bị GORBIT, 2 đầu dò chuẩn trực được đặt đối xứng qua vật thể để ghi nhận bức xạ gamma phát ra từ vật thể. Các thí nghiệm được tiến hành trên mẫu vật có vật liệu từ đá granite và dung dịch Iode phóng xạ được bơm vào lấp đầy khoảng trống giữa các viên đá. Trước tiên, hình ảnh CT của mẫu vật được tạo ra, tiếp theo là hình ảnh SPECT ghi nhận phân bố của các chất phóng xạ. Việc kết hợp SPECT/CT được thực hiện ở khâu cuối cùng cho hình ảnh phân bố chất phóng xạ trong cấu trúc cứng của mẫu vật.

Đề tài “Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị chụp cắt lớp điện toán ứng dụng trong công nghiệp dầu khí tại Việt Nam” do Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp chủ trì thực hiện trong chương trình trọng điểm cấp Nhà nước mã số KC.05/11-15, giai đoạn 2011 - 2015 đặt vấn đề nghiên cứu chế tạo thiết bị chụp cắt lớp công nghiệp thế hệ thứ 3 nhằm cải thiện thời gian chụp và độ phân giải của ảnh chụp.



Hình 3. Thiết bị chụp cắt lớp công nghiệp thế hệ thứ ba cải tiến COMET của Trung tâm CANTI trong triển lãm TECHMART 2015.

Sản phẩm của đề tài là thiết bị chụp cắt lớp có tên COMET. Thiết bị được tích hợp 2 cấu hình của thế hệ thứ 2 và thế hệ thứ 3 cải tiến. Thế hệ thứ hai gồm dãy 8 đầu dò LYSO tích hợp thành module thu nhận và xử lý tín hiệu, thế hệ thứ 3 cải tiến gồm 12 đầu dò NaI xếp thành hình vòng cung (fan-beam). Thiết bị có thể chụp cắt lớp đường ống có đường kính tối đa 600 mm, ảnh

512 x 512 pixel, độ phân giải không gian 1 mm, thời gian thao tác chụp khoảng 2 h. Phần mềm điều khiển, thu nhận số liệu được tích hợp đồng bộ. Thuật toán tái tạo hình ảnh bao gồm 3 thuật toán: Tái tạo đại số, Chiếu ngược có lọc và Tối ưu hóa kỳ vọng. Tùy theo đối tượng và chất lượng số liệu thu được có thể lựa chọn sử dụng thuật toán phù hợp.

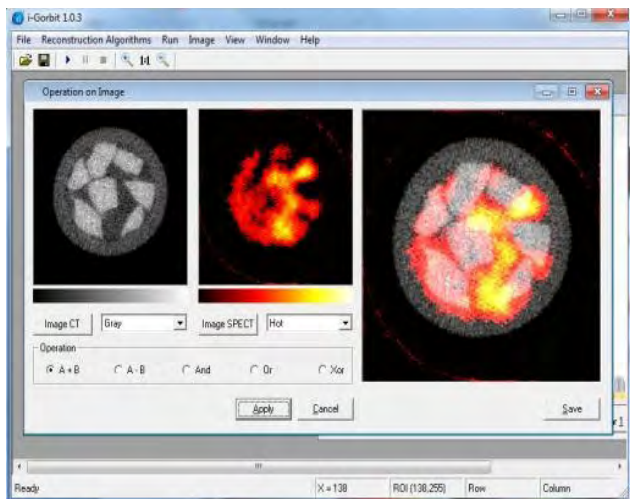
Trên thực tế có những nhu cầu khảo sát lát cắt của những vật thể lớn như tháp xử lý hóa chất hay chum cất dầu mỏ, đường kính đến vài mét. Rõ ràng, không thể chế tạo thiết bị chụp cắt lớp cho vật thể có kích thước lớn như vậy, nhất là điều kiện hiện trường của nhà máy thường phức tạp, không gian bố trí tháp và cấu kiện đường ống, giá đỡ rất chật hẹp khiến cho việc lắp đặt thiết bị khảo sát bên ngoài không khả thi. Trong trường hợp này, giải pháp là cấu hình thế hệ thứ 4 gồm hàng loạt các đầu dò được đặt xung quanh thành tháp, nguồn phóng xạ được đặt trong ống hơi cho phép chạy vòng xung quanh chu vi tháp. Một vòng chạy của nguồn cho 1 phép chụp cắt lớp. Đề tài cấp Bộ 2017-2018 đặt ra nhiệm vụ nghiên cứu xây dựng cấu hình chụp cắt lớp thế hệ thứ 4 cho vật thể kích thước lớn.

Trải qua gần 10 năm hình thành và phát triển Nhóm nghiên cứu hình ảnh hạt nhân, Trung tâm đã xây dựng được nhóm làm việc gồm các thành viên có các chuyên môn về vật lý hạt nhân, thuật toán tái tạo hình ảnh, điện tử, tự động, cơ khí chính xác. Nhóm đã tạo ra các sản phẩm đặc trưng của công nghệ chụp cắt lớp thế hệ từ thứ nhất, thứ hai đến thứ ba cải tiến. Thiết bị và thuật toán cho SPECT cũng đã được hoàn thành. Thành công này khẳng định năng lực nghiên cứu chế tạo các thiết bị CT trong ứng dụng công nghiệp của Trung tâm.

Ở các nước công nghiệp, các thiết bị CT được sử dụng khá phổ biến trong các phòng thí nghiệm nghiên cứu về vật liệu, động học dòng chảy và phân bố pha trong phản ứng hóa học. Ở

Việt Nam nhu cầu sử dụng thiết bị CT cho nghiên cứu hầu như chưa có, vì thế hạn chế khả năng ứng dụng của thiết bị.

đầu tư cơ sở vật chất đáng kể cho Nhóm nghiên cứu để có những bước phát triển tiếp theo./.



*Hình 4. Thiết bị chụp SPECT công nghiệp của Trung tâm CANTI (trên) và ảnh SPECT/CT (dưới).*

Tuy nhiên, nhu cầu sử dụng CT và các thiết bị hình ảnh hạt nhân trong nghiên cứu, đào tạo vật lý y sinh lại rất lớn. Để phục vụ nhu cầu này, cần phải tạo ra các thiết bị CT chụp vật thể sinh học, giá thành vừa phải, thân thiện với người dùng và có độ an toàn cao để trang bị cho các Trung tâm đào tạo vật lý y sinh. Trước đây, các thiết bị CT công nghiệp đã được tạo ra dựa trên nguồn gamma và các đầu dò NaI thì để chuyển sang mục tiêu mới trong y tế cần phải trang bị các máy phát tia X và detector mảng thích hợp. Cần

*Nguyễn Hữu Quang*

*Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân  
trong công nghiệp*



## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CỦA ĐỀ TÀI KC.05.26/11-15

**“Nghiên cứu công nghệ điện hạt nhân được đề xuất cho dự án nhà máy ĐHN Ninh Thuận 1 và dự án nhà máy ĐHN Ninh Thuận 2 nhằm hỗ trợ thẩm định thiết kế cơ sở cho hai dự án”**

Đề tài nghiên cứu khoa học mã số KC.05.26/11-15 được triển khai trong 2 năm 2014-2015, ngay sau khi Nghiên cứu khả thi (FS) của nhà máy điện hạt nhân (NM ĐHN) Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2 được hoàn thành và các Tư vấn E4 (Nga) và JAPC (Nhật Bản) đã nộp báo cáo cho Tập đoàn Điện lực Việt Nam - EVN (JAPC nộp báo cáo lần thứ nhất tháng 5/2013, sau đó đã nhiều lần nộp cho EVN các báo cáo chỉnh sửa trong thời gian từ giữa 2013 đến nay, E4 nộp báo cáo lần thứ nhất tháng 12/2013, lần thứ hai - phiên bản sửa đổi vào tháng 10/2014).

Việc tiến hành nghiên cứu đánh giá về thiết kế điện hạt nhân (ĐHN), về phân tích an toàn, đề xuất các thay đổi cần thiết đối với thiết kế ngoài việc nâng cao hiểu biết về công nghệ ĐHN, tính toán đánh giá phân tích an toàn, còn nâng cao năng lực tư vấn, thẩm định của đội ngũ cán bộ Việt Nam. Đặc biệt, việc đề xuất thay đổi (nếu có) trong thiết kế nhằm đáp ứng yêu cầu an toàn hậu Fukushima, yêu cầu đặc thù của Việt Nam cần phải được thực hiện trước khi ký hợp đồng EPC với các đối tác và thực hiện thiết kế kỹ thuật (Technical Design - TD) của các dự án.



## Tổng quan các nghiên cứu trong nước và triển khai nhiệm vụ đề tài

Về tình hình nghiên cứu công nghệ, thiết kế, an toàn trong nước, năm 2011, Viện Năng lượng (Bộ Công thương) đã thực hiện đề tài nghiên cứu cấp Bộ với chủ đề “Nghiên cứu tính toán truyền nhiệt và diễn biến sự cố nặng xảy ra trong lò phản ứng hạt nhân VVER-1000 của Nga” [1]. Đề tài nghiên cứu về diễn biến sự cố nặng trong lò VVER-1000. Trong khuôn khổ đề tài này, một số tính toán phân tích thủy nhiệt đã được thực hiện, sử dụng chương trình mô tả dòng chảy Fluent (ANSYS) và mô hình đối lưu hiệu quả có chuyển đổi pha PECM (Phase-change Effective Convectivity Model). Kết quả nghiên cứu của đề tài này hoàn toàn có thể được sử dụng cho các nghiên cứu tính toán diễn biến sự cố nặng VVER-1000, cũng như các nghiên cứu khác về VVER sau này.

Năm 2011, Bộ Khoa học và Công nghệ đã cho phép triển khai thực hiện đề tài cấp Nhà nước về thiết kế lò VVER của Nga với tên gọi “Nghiên cứu, phân tích, đánh giá và so sánh các hệ thống công nghệ phản (đào) hạt nhân của lò áp lực VVER so với lò PWR của phương Tây” [2]. Đề tài này có một số nhiệm vụ liên quan đến sử dụng chương trình tính toán (code) RELAP tính toán một số sự cố liên quan đến lò VVER. Trong khuôn khổ của đề tài, đơn vị tư vấn nghiên cứu của Bulgaria đã cung cấp tài liệu thiết kế sơ bộ các loại lò AES-91, AES-92 và AES2006 cho Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam (NLNTVN). Ngoài các tài liệu, phía Bulgaria đã tổ chức khóa học về báo cáo phân tích an toàn, đánh giá thiết kế cho nhóm cán bộ Viện NLNTVN với thời gian 1,5-2 tháng. Tài liệu và kinh nghiệm, kiến thức có được của đề tài này là bổ ích và quý giá để sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo về công nghệ và thiết kế. Năng lực tính toán sử dụng RELAP đối với lò VVER (AES-92) của Nga được nâng

cao, hình thành đội ngũ cán bộ có thể thực hiện tính toán phân tích diễn biến sự cố.

Trước đó, năm 2013 Viện NLNTVN đã thực hiện một đề tài cấp Bộ về lựa chọn công nghệ cho NM ĐHN Ninh Thuận 2 [3], và thực hiện một nhiệm vụ Thiết lập tiêu chí lựa chọn công nghệ ĐHN cho EVN. Kết quả các nghiên cứu này đã cho thấy đối với NM ĐHN Ninh Thuận 1, công nghệ VVER1200/AES2006 (V491) là thiết kế phù hợp nhất. Đối với NM ĐHN Ninh Thuận 2, thiết kế AP1000 (Westinghouse Electric Company - WEC) là thiết kế phù hợp đáp ứng yêu cầu hiện đại, đảm bảo an toàn, cũng như tính kiểm chứng trong thiết kế (được cấp chứng chỉ của Cơ quan Pháp quy hạt nhân Hoa Kỳ - US NRC), trong xây dựng và được phổ biến trên thế giới (đang xây dựng tại Trung Quốc, Mỹ và được lựa chọn để xây dựng ở một số nước khác).

Dự án NM ĐHN Ninh Thuận 1 đã chính thức lựa chọn công nghệ VVER1200 (V491) của Viện Thiết kế nguyên tử Sankt Peterburg (Sankt Peterburg AtomEnergoProject – SPbAEP) và thể hiện trong báo cáo FS. Với NM ĐHN Ninh Thuận 2, có 2 công nghệ mà Tư vấn JAPC đề xuất là ATMEA-1 (của AREVA/Pháp và Mitsubishi Heavy Industry - MHI/Nhật Bản) và AP1000. Dựa trên cơ sở kết quả nghiên cứu trước đó của mình về lựa chọn công nghệ, nhóm thực hiện đề tài đã triển khai các nghiên cứu liên quan đến 2 công nghệ được xếp hạng số 1 trong các công nghệ do Tư vấn đề xuất là VVER1200/V491 cho dự án NM ĐHN Ninh Thuận 1 và AP1000 cho dự án NM ĐHN Ninh Thuận 2.

Trong hơn 2 năm triển khai thực hiện đề tài, các nhiệm vụ nghiên cứu sau đây đã được thực hiện:

- Nghiên cứu các tài liệu thiết kế, tính toán, phân tích được trình bày trong báo cáo Nghiên cứu khả thi (FS) và báo cáo phân tích an

toàn (SAR) của NM ĐHN Ninh Thuận 1 với công nghệ VVER1200/AES2006/V491 của SPbAEP và NM ĐHN Ninh Thuận 2 với công nghệ AP1000 của Westinghouse Electric Company (WEC), Hoa Kỳ;

- Nghiên cứu tài liệu về thiết kế an toàn, các bài học từ sự cố, các yêu cầu an toàn của IAEA, Châu Âu (EU), Hoa Kỳ, Nhật Bản;

- Nghiên cứu các tài liệu có được về 2 công nghệ này bao gồm: tài liệu từ các hội thảo, seminars khoa học, các báo cáo được thực hiện bởi các công ty, cơ quan nghiên cứu, các bài báo khoa học được đăng tải trên các tạp chí quốc tế;

- Tổ chức các hội thảo, seminars tại Viện NLNTVN để các đối tác cung cấp công nghệ (ROSATOM và các đơn vị nghiên cứu thiết kế trực thuộc, Westinghouse, General Electric - GE của Mỹ, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi Heavy Industry - MHI của Nhật Bản, AREVA) trình bày và thảo luận về 2 công nghệ nói trên, cũng như công nghệ khác có liên quan;

- Trao đổi với các đơn vị nghiên cứu, thiết kế ĐHN của Liên bang Nga như: Viện Thiết kế GIDROPRESS, Moscow AtomEnergoproject (MAEP), SPbAEP, Viện Nghiên cứu hạt nhân Kurchatov, Nhà máy ĐHN Kudan Kulam (Ấn Độ) qua các đợt công tác có được (ngoài khuôn khổ đề tài này);

- Tìm và nghiên cứu các kinh nghiệm của Czech, Slovakia;

- Mời các chuyên gia về ĐHN của các nước sang Việt Nam trình bày, cung cấp thông tin và góp ý về nghiên cứu an toàn, phương pháp tiếp cận, lựa chọn công nghệ, thiết kế điện hạt nhân...;

- Thực hiện các tính toán, mô phỏng về diễn biến sự cố nặng dùng các công cụ như chương trình tính toán MELCOR, MAAP4 đối

với VVER1200 và AP1000, nhằm kiểm tra các biện pháp phòng chống sự cố nặng, cũng như các tính toán cực đoan khác nhằm khẳng định mức độ đảm bảo an toàn của các thiết kế NM ĐHN mà ta dự định xây dựng tại Ninh Thuận;

- Trao đổi thảo luận, phân tích các kết quả, đánh giá về công nghệ, đánh giá về khả năng ứng phó với các sự cố cực đoan (ví dụ như Fukushima) của các thiết kế quan tâm;

- Thực hiện nghiên cứu chuyên sâu, viết báo cho hội nghị khoa học trong nước và quốc tế;

- Đào tạo đội ngũ cán bộ trẻ về lĩnh vực công nghệ, an toàn ĐHN;

- Đánh giá báo cáo FS và SAR của 2 dự án ĐHN Ninh Thuận, góp ý về tính đầy đủ của các báo cáo (về công nghệ, an toàn), về các công cụ tính toán, mô phỏng mà Tư vấn đã sử dụng và tính kiểm chứng của các chương trình tính toán v.v. nhằm hỗ trợ cho việc thẩm định các báo cáo FS và SAR của NM ĐHN Ninh Thuận 1 và NM ĐHN Ninh Thuận 2;

- Đề xuất các thay đổi cần thiết trong các thiết kế nhằm đáp ứng các yêu cầu đặc thù, yêu cầu mới về đảm bảo an toàn hậu Fukushima;

- Thực hiện viết các báo cáo chuyên đề, các báo cáo khoa học và báo cáo tổng hợp về thiết kế ĐHN Ninh Thuận.

Về khía cạnh khoa học, khía cạnh nghiên cứu và phát triển (R&D) hỗ trợ cho nghiên cứu về an toàn ĐHN, qua đề tài này, ngoài nhóm an toàn hạt nhân đã có tại Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân đã hình thành thêm các nhóm nghiên cứu về an toàn tại Viện NLNTVN, về thủy nhiệt, cơ học dòng chảy, đánh giá phân tích cơ thủy nhiệt tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, liên kết phối hợp nghiên cứu với Viện Cơ học (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam), với Đại học Quốc tế Tp. Hồ Chí Minh để nghiên cứu về dòng 2 pha. Một

nhóm nghiên cứu về vật liệu đã hình thành tại Viện Công nghệ Xạ hiếm, phối hợp nghiên cứu với Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Khoa học vật liệu (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam). Các nhóm nghiên cứu này sẽ dần dần xây dựng năng lực, phát triển nhằm hướng tới R&D hỗ trợ cho đảm bảo an toàn ĐHN.

Trong khuôn khổ đề tài, các nhóm nghiên cứu đã thực hiện các tính toán, nghiên cứu và viết 2 bài báo được đưa vào kỷ yếu của Hội nghị Thủy nhiệt lò hạt nhân NURETH-16 được tổ chức tháng 9/2015 tại Chicago (Mỹ). Có nhiều bài báo đã được trình bày tại Hội nghị toàn quốc Khoa học công nghệ hạt nhân lần thứ 11 tại Đà Nẵng, tháng 8/2015 và đăng trên tạp chí “Nuclear Science and Technology” của Hội Năng lượng nguyên tử Việt Nam. Trong số các bài báo đã gửi cho hội nghị trong nước và quốc tế, có 2 bài báo có kết quả tốt về nghiên cứu thủy nhiệt, tính toán mô phỏng, các bài báo này có thể bổ sung, chỉnh sửa để gửi cho các tạp chí quốc tế (ISI có Impact Factor) chuyên ngành ĐHN và an toàn.

### **Tình hình phát triển công nghệ ĐHN và nghiên cứu an toàn hậu Fukushima**

Công nghệ ĐHN đã có nhiều thay đổi trong mấy chục năm gần đây, đặc biệt sau sự cố Chernobyl năm 1986 ở Ukraine (Liên Xô). Hiện nay trên thế giới có 444 tổ máy ĐHN đang vận hành tại 30 nước, với tổng công suất phát điện 386.276 MW (e), chiếm khoảng 11% sản lượng điện của thế giới (tháng 5/2016) [4]. Số lượng tổ máy ĐHN đang xây dựng hiện nay là 65, chủ yếu tập trung ở các nước Châu Á. Trong các tổ máy đang vận hành, phổ biến là công nghệ thế hệ II được xây dựng trước khi xảy ra sự cố Chernobyl, và lò nước áp lực chiếm tỷ lệ lớn hơn (khoảng 2/3). Những năm 90 của thế kỷ trước, do yêu cầu an toàn cao hơn sau sự cố hạt nhân 1986, các thiết kế ĐHN thế hệ III được hình thành, điển

hình là lò nước áp lực tiên tiến (APWRs) bao gồm cả VVER của Nga, và lò nước sôi tiên tiến (ABWRs), một số thiết kế đã được xây dựng và vận hành tại các nước (Nhật Bản, Nga, Hàn Quốc, Trung Quốc). Vào những năm cuối thế kỷ XX, các nước như Mỹ, Châu Âu, Nga và Hàn Quốc vẫn tiếp tục tăng cường nghiên cứu về an toàn, và cải tiến thiết kế, các thế hệ lò III+ được ra đời như AP600/AP1000, ESBWR (Mỹ), EPR1600 (Châu Âu), VVER1200 (Nga), APR1400 và APR+ (Hàn Quốc), đáp ứng cao hơn các yêu cầu an toàn rất khắt khe, đặc biệt đối phó với diễn biến sự cố nặng. Cần chú ý rằng trong số các nước đưa ra thế hệ lò III+, không có Nhật Bản. Nhật Bản đã đầu tư nhiều vào thiết kế APWR và ABWR, và trước 2011, Nhật Bản không đưa ra yêu cầu thiết kế an toàn đối phó với sự cố nặng (trong các hồ sơ cấp phép xây dựng các NM ĐHN, Nhật Bản không bắt buộc phân tích diễn biến sự cố nặng). Có lẽ chính vì lý do này, Nhật Bản hiện nay vẫn chưa xuất khẩu được công nghệ ĐHN của mình. Đây là thông tin quan trọng để đánh giá năng lực các nước trong vấn đề an toàn.

Sự cố Fukushima đã gây tác động lớn đến ĐHN của thế giới, đồng thời thay đổi nhận thức của nhiều nước trong vấn đề đảm bảo an toàn. Nhật Bản đã phải cải tổ cơ quan Pháp quy hạt nhân, nhận thức được tầm quan trọng của thiết kế đối phó với sự cố nặng. Tuy nhiên, việc đưa ra được thiết kế mới với yêu cầu an toàn cao, đáp ứng việc đối phó với sự cố nặng không đơn giản thực hiện được trong vài năm, mà cần hàng chục năm. Nhật Bản đã chậm hơn các nước như Mỹ, Nga, Hàn Quốc trong thiết kế ĐHN, và họ cần có thời gian để quay lại và nâng cao năng lực liên quan đến vấn đề này. Năm 2010, Nhật Bản ký Thỏa thuận với Việt Nam về xây dựng NM ĐHN Ninh Thuận 2. Nếu không có Fukushima xảy ra, có lẽ các thiết kế của Nhật Bản đã được chấp nhận một cách dễ dàng. Fukushima đã thúc đẩy

nghiên cứu an toàn, cải tiến nâng cấp các thiết kế ĐHN, bắt buộc các nước muốn phát triển ĐHN phải xem lại các vấn đề về an toàn NM ĐHN. Và Việt Nam không là ngoại lệ.

Mặc dù đã có Thỏa thuận với Nga và Nhật Bản năm 2010 về xây dựng 2 NM ĐHN tại Ninh Thuận, đội ngũ cán bộ khoa học, chuyên gia ĐHN Việt Nam (số lượng rất khiêm tốn) đã nghiên cứu và đánh giá lại toàn bộ các thiết kế ĐHN, và các vấn đề an toàn liên quan. Các yêu cầu an toàn cao hơn được đề xuất, các thiết kế tiên tiến, hiện đại được đặt ra thành yêu cầu đối với NM ĐHN Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2. Sau khi ký kết với các Tư vấn nước ngoài thực hiện Nghiên cứu khả thi (FS) cho NM ĐHN Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2, ban đầu các Tư vấn đã đề xuất các công nghệ VVER thế hệ III đối với NM ĐHN Ninh Thuận 1, là AES-91 và AES-92, đã xây dựng tại Trung Quốc và Ấn Độ. Đối với NM ĐHN Ninh Thuận 2, công nghệ ABWR của Toshiba/Hitachi và PWR của MHI được đề xuất xây dựng. Từ sau 2011, với nỗ lực lớn từ các đơn vị nghiên cứu, đơn vị triển khai, chủ đầu tư của Việt Nam, vượt qua nhiều khó khăn từ đối tác nước ngoài, phía Việt Nam đã đặt ra yêu cầu đối với các Tư vấn nước ngoài (E4 và JAPC) cần đưa các công nghệ mới, hiện đại vào trong đề xuất cho NM ĐHN Ninh Thuận 1 và 2 để xem xét, đánh giá và lựa chọn. Chính vì vậy, từ 2012, Tư vấn E4 đã đưa 4 công nghệ vào NM ĐHN Ninh Thuận 1 xem xét lựa chọn (AES-91, AES-92, AES2006/V491 và AES2006/V392M), và Tư vấn Nhật Bản cũng đưa ra 4 phương án đối với NM ĐHN Ninh Thuận 2, là ABWR, MPWR+ (của MHI), AP1000 và ATMEA-1. Cần chú ý rằng ATMEA-1 là thiết kế “lai” (hybrid) giữa 2 công nghệ, thiết kế ý tưởng từ 2008 sau khi công ty ATMEA được hình thành (là sự hợp tác giữa MHI và AREVA) Thiết kế chi tiết ATMEA-1 được thực hiện sau 2011. Thiết kế ATMEA-1 là

sự “kết hợp” giữa PWR của MHI (Tomari NPP) và EPR1600 của AREVA đang được xây dựng tại Phần Lan, Pháp và Trung Quốc (chậm tiến độ nhiều năm và đội vốn lên nhiều lần). Có thể nói ATMEA-1 là kết quả của sự nỗ lực của Nhật Bản (MHI) sau sự cố Fukushima để “có được thiết kế mới, hiện đại” xuất xứ Nhật Bản. ATMEA-1 có bể nhiên liệu nóng chảy được đặt phía dưới thùng lò, có chức năng gom nhiên vật liệu nóng chảy thoát ra từ thùng lò trong diễn biến sự cố nặng. Đây là phiên bản thiết kế lấy từ thiết kế của EPR1600. Các hệ thống an toàn dựa trên nguyên lý an toàn chủ động, tuy nhiên tuân thủ chặt chẽ “bảo vệ theo chiều sâu”, là tăng cường tính dư thừa, đa dạng. Việc đánh giá về ATMEA-1 cần thêm thời gian, mặc dù ATMEA-1 là thiết kế mới, có tính hiện đại, thế hệ III+, vì thiết kế này cho đến thời điểm hiện nay chưa được cấp chứng chỉ/hay cấp phép của cơ quan Pháp quy hạt nhân Pháp / hay Nhật Bản, hay 1 cơ quan Pháp quy hạt nhân khác có uy tín quốc tế trên thế giới. Hiện nay ATMEA-1 mới có được “đánh giá thiết kế sơ bộ” (Generic Design Review) của IAEA về đáp ứng các yêu cầu an toàn mới, được thể hiện trong 1 báo cáo khoảng 100 trang.

Có thể thấy, các thiết kế tiên tiến (ABWRs, APWRs thế hệ III) chủ yếu dựa trên cải tiến, tăng độ tin cậy của thiết bị, củng cố và tăng cường các hệ thống an toàn, tăng tính đa dạng, dư thừa, độc lập v.v... nhưng chưa có đột phá về triết lý thiết kế các hệ thống an toàn. Chỉ những thiết kế thế hệ III+ sau này mới mang tính đột phá, là đưa an toàn thụ động vào đối với một số thiết kế mới. Thế hệ lò III chưa chú trọng đối phó với diễn biến sự cố nặng, chính vì vậy, các thiết kế tiên tiến hiện nay được xây dựng trên cơ sở bổ sung khá nhiều vào hệ thống an toàn đối phó với diễn biến sự cố nặng. Ví dụ Toshiba (Nhật Bản) và General Electric (GE, Mỹ) đưa thêm hệ thống bể nhiên liệu nóng chảy vào thiết kế,

MHI (Nhật Bản) đang có những nghiên cứu cải tiến APWR công suất lớn áp dụng cho thị trường Mỹ và Châu Âu, bổ sung hệ thống phòng chống với tương tác nhiên liệu nóng chảy với sàn bê tông (Molten Core Concrete Interaction - MCCI). Nhiều thiết kế mới thế hệ III+ cũng đưa hệ thống bể nhiên liệu nóng chảy vào, ví dụ như ESBWR của GE, EPR1600 của AREVA (Pháp và Đức), VVER1200 của Nga, APR1400 (hay APR+) của Hàn Quốc, hay ATMEA-1 của AREVA và MHI (như đã nêu ở trên).

Như vậy, thiết kế ĐHN ngày càng được cải tiến và tăng cường an toàn, triệt để áp dụng nguyên lý “bảo vệ theo chiều sâu”, bắt đầu từ cải tiến thiết bị, đến tăng độ dự phòng, tính dư thừa, tính đa dạng của các hệ thống an toàn, sau đó bổ sung các hệ thống phòng chống sự cố nặng, và sau cùng, mang tính cách mạng là áp dụng nguyên lý an toàn thụ động (không cần nguồn điện) trong các thiết kế mới, hiện đại, tiên tiến.

Sự cố Fukushima xảy ra như một lần nữa cảnh báo thế giới về nguy cơ mất an toàn, chủ quan, đặc biệt là cần đề yếu tố con người trong quản lý an toàn. Về vấn đề an toàn ĐHN một lần nữa lại được đưa ra xem xét, nghiên cứu kỹ lưỡng thời kỳ hậu Fukushima. Nhật Bản trước mắt đóng cửa các tổ máy ĐHN, cho đến nay chỉ mới tái khởi động được một vài lò, đi đôi với cải tổ toàn bộ hệ thống quản lý pháp quy hạt nhân. Hàn Quốc cũng cải tổ pháp quy hạt nhân, xem lại các vấn đề an toàn của các tổ máy ĐHN đang vận hành và các thiết kế mới. Các nước Châu Âu thực hiện đánh giá lại an toàn của các tổ máy ĐHN đang vận hành, tương tự cũng xảy ra ở Mỹ. An toàn hậu Fukushima chú trọng đến vấn đề cấp điện dự phòng đa dạng, ổn định, cấp nước làm mát đủ thời gian làm mát lò lâu dài. Ngoài ra, các hệ thống phục vụ cho đối phó với sự cố nặng cũng được nghiên cứu, bổ sung. Đặc biệt, các biện pháp, hệ thống đối phó với diễn biến sự cố nặng

được xem xét và bổ sung đối với một số lò đang vận hành. Ví dụ Czech sau khi tiến hành kiểm tra Stress Test đã đưa ra Kế hoạch hành động quốc gia để củng cố, tăng cường an toàn, sẵn sàng đối phó với diễn biến kịch bản cực đoan nhất, sự cố nặng. Trong khuôn khổ đề tài này, các bài học kinh nghiệm, các biện pháp tăng cường an toàn cũng sẽ được giới thiệu, như là bài học tốt cho Việt Nam tham khảo khi thực hiện các nhiệm vụ phân tích, đánh giá thiết kế, an toàn các tổ máy ĐHN.

Đối với các thiết kế mới thế hệ III+ sau này, nhìn chung đều đảm bảo được an toàn ở mức độ cao. Các tính toán, phân tích về khả năng đối phó với các sự cố tương tự Fukushima của các thiết kế này cũng đã được thực hiện. Các biện pháp bổ sung nguồn cung cấp điện, bổ sung nguồn nước dự phòng để làm mát lò, tải nhiệt dư lâu dài cũng đã được bổ sung vào các thiết kế mới. Trong khuôn khổ đề tài này, tập thể tác giả sẽ trình bày giới thiệu 2 công nghệ được đề xuất cho NM ĐHN Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2 là VVER1200 và AP1000.

Để có thể tăng cường an toàn của các thiết kế ĐHN, nghiên cứu sự cố nặng là vấn đề quan trọng của khoa học thế giới. Các vấn đề của sự cố nặng có thể tóm tắt như sau:

- Vấn đề Hi-đrô: Hi-đrô sinh ra do phản ứng hóa học của Zr với hơi nước, sẽ gây ra cháy nổ và có thể ảnh hưởng đến Containment. Do đó nghiên cứu tính toán về lượng hi-đrô sinh ra là các chủ đề đặc thù đối với mỗi loại nhiên liệu, mỗi loại lò, phụ thuộc vào kịch bản, diễn biến sự cố đặc thù của thiết kế [5,6]. Ngoài ra, do cấu trúc bên trong mỗi Containment đều khác nhau nên việc phát tán hi-đrô trong tòa nhà lò trong môi trường nhiệt độ, áp suất cao, nhiều hơi nước và các loại khí không ngưng tụ khác là những nội dung nghiên cứu hiện nay. Bố trí các loại thiết bị khử hi-đrô, đốt hi-đrô trong tòa nhà lò cũng là

những tính toán mô phỏng đặc thù đối với từng loại lò.

- Vấn đề đốt nóng trực tiếp tòa nhà lò (Direct Containment Heating - DCH): Khi nhiên vật liệu nóng chảy trong thùng lò có áp suất cao, nếu thùng lò, nhiên vật liệu sẽ phóng ra thâm nhập vào các khoảng không gian tòa nhà lò, do đó có thể tương tác với tòa nhà lò và làm hỏng nó do nhiệt độ của chất nóng chảy rất cao. Đây là một trong các vấn đề của sự cố nặng. Quá trình này cũng phụ thuộc vào từng loại lò và diễn biến sự cố. Tuy nhiên do quá trình tương tác, diễn biến phức tạp nên có ít nghiên cứu về DCH [7,8]. DCH và HPME (High Pressure Melt Ejection) là 2 nội dung của một quá trình.

- Giữ nhiên vật liệu nóng chảy trong thùng (lò, bể nhiên liệu): Là In-Vessel Retention (IVR), nói lên quá trình làm mát thành thùng lò hoặc bể nhiên liệu từ bên ngoài bằng nước để giữ nhiên vật liệu nóng chảy nhiệt độ cao bên trong. Đây là biện pháp mong muốn (để giảm thiểu hậu quả diễn biến sự cố) được áp dụng trong các thiết kế ĐHN như VVER-440, AP600/AP1000 [9]. Một số lò như APR1400 cũng đã thực hiện tính toán áp dụng IVR, tuy nhiên do công suất lò cao nên không giữ được nhiên vật liệu nóng chảy bên trong. Đối với bể nhiên liệu cũng tương tự, các tính toán mô phỏng cần thực hiện để chứng minh khả năng IVR của thiết kế. IVR là một hướng nghiên cứu cho đến nay đã có nhiều kết quả, tuy nhiên do sự phức tạp của diễn biến sự cố nên vẫn còn nhiều vấn đề cần nghiên cứu.

- Nổ hơi (Steam Explosion - SE): Hiện tượng nổ lớn xảy (có thể làm hỏng tòa nhà lò - Containment) ra do nhiên vật liệu nóng chảy đổ vào nước. Xảy ra trong lò nếu bể nhiên vật liệu nóng chảy hình thành trong vùng hoạt, sau đó bị phá vỡ và chất nóng chảy (Melt) rơi xuống nước ở đáy thùng lò. Xảy ra ngoài lò nếu thùng lò thùng do tương tác nhiệt của nhiên vật liệu

nóng chảy, rơi xuống một thể tích nước bên dưới [10]. SE cho đến nay vẫn là một hiện tượng chưa được hiểu kỹ, đặc biệt mô phỏng về SE là một thách thức lớn của khoa học đương đại, từ mô hình đến phương pháp tính và tốc độ máy tính. Nổ hơi phân tầng (Stratified SE = SSE) là hiện tượng mới được phát hiện gần đây ở Châu Âu khi làm các thí nghiệm đổ Melt kim loại xuống nước.

- Tương tác nhiên liệu nóng chảy với bê tông (MCCI = Molten Core Concrete Interaction): Khi nhiên vật liệu nóng chảy do lò thùng phóng ra ngoài, nếu không có nước bên dưới, sẽ rơi xuống và tương tác với sàn bê tông. Quá trình tương tác sẽ tạo ra các loại khí, và quá trình này phức tạp do nếu không có làm mát thích hợp, Melt sẽ tiếp tục nóng chảy, thâm nhập sâu xuống dưới, và làm hỏng cấu trúc tòa nhà lò. MCCI thách thức ở khả năng làm mát [11]. Nếu có 1 lớp Melt dày 10 mm - 20 mm, việc đổ nước lên trên sẽ không làm mát được lớp Melt. Do đó trong các thiết kế hiện đại hiện nay, để tránh MCCI, các nhà thiết kế ĐHN phải thiết kế bể nhiên liệu, để ngăn ngừa tương tác MCCI. Ví dụ VVER1200, hay ESBWR, APR1400 (APR+), ATMEA-1, hay một số VVER1000 (AES91, AES92) xây ở Trung Quốc và Ấn Độ đều có bể nhiên liệu. Các thiết kế thế hệ III như ABWRs hay APWRs đều không có bể nhiên liệu, nên vấn đề MCCI đối với các thiết kế này là chưa giải quyết được. Đây là điểm yếu của các thiết kế này (thế hệ III) mà hiện nay các công ty ĐHN đang tiếp tục nghiên cứu, nâng cấp các thiết kế.

### Kết luận

Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước, mã số KC.05.26/11-15 “Nghiên cứu công nghệ ĐHN được đề xuất cho dự án nhà máy ĐHN Ninh Thuận 1 và dự án nhà máy ĐHN Ninh Thuận 2 nhằm hỗ trợ thẩm định thiết kế cơ sở cho hai dự án” đã thực hiện nghiên cứu, tổng kết các yêu cầu thiết kế mới hậu Fukushima của IAEA

và các nước, các yêu cầu đặc thù của Việt Nam, trên cơ sở đó đánh giá công nghệ ĐHN được lựa chọn cho dự án NM ĐHN Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2. Một số tính toán mô phỏng thực hiện bằng chương trình MELCOR đã được triển khai để hỗ trợ cho các đánh giá, đề xuất thay đổi liên quan đến thiết kế cơ sở ĐHN. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng hướng đến nâng cao hiểu biết, năng lực đánh giá, tính toán phục vụ công tác thẩm định các thiết kế ĐHN được lựa chọn. Hai công nghệ ĐHN là VVER1200 phiên bản AES2006/V491 của Viện Thiết kế năng lượng nguyên tử Sankt Peterburg (SPbAEP), thuộc Tập đoàn Nhà nước về năng lượng nguyên tử (ROSATOM), Liên bang Nga và AP1000 của Công ty Điện lực Westinghouse (WEC), Mỹ đã được nghiên cứu, đánh giá trong đề tài. Một số kết quả nghiên cứu đạt được qua quá trình thực hiện đề tài cho phép đề xuất một số thay đổi và góp ý, kiến nghị chính liên quan đến báo cáo Nghiên cứu khả thi (FS) và Báo cáo phân tích an toàn (SAR) như sau.

### ***Dự án ĐHN Ninh Thuận 1:***

- Về thiết kế tổng thể bố trí nhà máy, giải pháp kỹ thuật, đề xuất xem xét phương án lấy nước làm mát kênh hở (xây dựng kè), để tránh tổn kém cũng như các vấn đề liên quan đến thời tiết khí hậu cực đoan như siêu bão, đảm bảo hiệu quả làm mát liên quan đến đặc thù khí hậu và hệ sinh thái biển khu vực Ninh Thuận.

- Về thiết kế hệ thống sản xuất điện năng, đề xuất sử dụng tuốc-bin tốc độ thấp 1500 vòng/phút (hiện nay Nga đang liên doanh với Công ty ALSTOM của Pháp để chế tạo tuốc-bin ARABELLA).

- Về thiết kế hệ thống đảm bảo an toàn, thiết kế AES2006/V491 hiện nay là thiết kế tốt, có khả năng đảm bảo an toàn ở mức độ cao, đối phó với các sự kiện cực đoan kiểu Fukushima, cũng như đối phó với diễn biến sự cố nặng. Tuy

nhien trong khả năng ứng phó với sự cố nặng, do chỉ có hệ thống bình tích nước cao áp giai đoạn 1 là HA1 (có 4 bình 50 m<sup>3</sup>), nên thời gian giữ nhiên liệu trong vùng hoạt khối nóng chảy và sau đó là thời gian thùng lò thùng quá ngắn, chỉ khoảng hơn 2,5 h, có thể không đủ thời gian để đưa ra các giải pháp ứng phó sự cố nặng. Do đó, nhóm thực hiện đề tài đề xuất ngoài hệ thống HA1, bổ sung hệ thống bình tích nước cao áp giai đoạn 2 là HA2 cho thiết kế V491, giống như hệ thống HA2 của thiết kế AES2006/V392M của Viện Thiết kế năng lượng nguyên tử Moscow (MAEP), bao gồm 8 bình tích nước cao áp thể tích 120 m<sup>3</sup>.

- Cần bổ sung hệ thống nước làm mát dự phòng, dài hạn để làm mát lâu dài, có nghĩa là cần có 1 bể nước dự phòng cho nhà máy được đặt cao hơn so với mức của lò hạt nhân và tòa nhà lò.

- Về FS và SAR, nhiều góp ý bổ sung liên quan đến các báo cáo cũng như bổ sung thông tin liên quan, làm rõ các vấn đề vào báo cáo. Chi tiết của các góp ý bổ sung chủ yếu liên quan đến yêu cầu an toàn hậu Fukushima, và khả năng đối phó với diễn biến sự cố nặng.

- Trong báo cáo SAR hiện nay, các chương trình tính toán (Codes) là chương trình của Nga, từ tính toán vật lý lò đến tính toán nhiên liệu, an toàn thủy nhiệt dòng 2 pha, sự cố thiết kế cơ bản, cơ học dòng chảy, quá trình vận chuyển trong tòa nhà lò và diễn biến sự cố nặng. Đội ngũ cán bộ Việt Nam hiện nay chưa được làm quen và sử dụng các chương trình của Nga. Trong khuôn khổ đề tài này, một số tìm hiểu và nghiên cứu về tính kiểm chứng các chương trình tính toán đã được thực hiện, tuy nhiên chỉ dừng lại ở mức độ nghiên cứu các bài báo tạp chí, báo cáo hội nghị, các bài trình bày do phía Nga cung cấp và tìm kiếm được từ IAEA, Internet... Đặc biệt, trong thời gian khoảng 10 năm lại nay, Nga đã làm rất nhiều thí nghiệm để kiểm chứng các mô hình (kiểm tra các hiệu ứng riêng rẽ), các chương trình tính toán

(kiểm tra các hiệu ứng tích hợp), mặc dù vậy, các thông tin liên quan đều không thể có được để đánh giá tính kiểm chứng của các mô hình và chương trình. Việt Nam cần đề xuất với Nga (ROSATOM và các Viện Thiết kế hạt nhân) để có thông tin liên quan đến kiểm chứng các chương trình tính toán sử dụng cho NM ĐHN Ninh Thuận 1. Việc nghiên cứu về tính kiểm chứng các chương trình tính toán là việc rất cần thiết và bổ ích cho đội ngũ cán bộ Việt Nam, đặc biệt là đội ngũ cán bộ của Cơ quan pháp quy hạt nhân.

- Một số tổng kết thực tiễn từ việc thiết kế, xây dựng các nhà máy nhiệt điện ở Việt Nam đã được thực hiện trong đề tài, liên quan đến phương án, giải pháp kỹ thuật, vật liệu xây dựng... Vật liệu thép hợp kim cũng đã bắt đầu được tìm hiểu để có thể định hướng nghiên cứu trong thời gian tiếp theo, vì vật liệu thép hợp kim, hóa nước, ăn mòn, lão hóa là các vấn đề trực tiếp liên quan đến đánh giá an toàn NM ĐHN.

- Về đo lường và điều khiển (C&I), các bài học gần đây cho thấy cần thiết kế hệ thống đo và điều khiển, thiết bị để có thể vận hành được trong điều kiện diễn biến sự cố nặng, mặc dù xác suất là vô cùng nhỏ.

### ***Dự án ĐHN Ninh Thuận 2:***

- Về thiết kế hệ thống đảm bảo an toàn, cần bổ sung hệ thống cấp nước làm mát dài hạn trong diễn biến sự cố nặng (tương tự như yêu cầu đối với NM ĐHN Ninh Thuận 1). Các tính toán phân tích cho thấy, khi không đủ nước làm mát lâu dài để tưới lên vỏ thép tòa nhà lò, nhiệt độ và áp suất trong tòa nhà lò sẽ tăng cao và có thể vượt quá giới hạn, tòa nhà lò sẽ bị hỏng, chất phóng xạ có thể phát tán ra môi trường.

- Do AP1000 là thiết kế mới, mang tính cách mạng, chủ yếu dựa trên an toàn thụ động, do đó tính kiểm chứng là vấn đề quan trọng cần tập trung nghiên cứu, đặc biệt đối với các hiện tượng

đổi lưu tự nhiên, ngưng hơi trong tòa nhà lò... Trong báo cáo SAR của NM ĐHN Ninh Thuận 2, vấn đề kiểm chứng các mô hình, chương trình tính toán chưa được đề cập. Chỉ có một số thông tin sơ bộ, khái quát từ một số nguồn trên Internet. Các chương trình tính toán do các công ty điện lực sử dụng để thực hiện tính toán phân tích an toàn hầu như không được phổ biến rộng với lý do bản quyền thương mại, vì thế Việt Nam hầu như không có khả năng tiếp cận. Do đó, cần đưa ra các yêu cầu để có số liệu, thông tin cần thiết, đầy đủ hơn để có thể kiểm tra đánh giá toàn bộ tính kiểm chứng của các chương trình tính toán sử dụng trong phân tích an toàn NM ĐHN Ninh Thuận 2.

- Đề nghị bổ sung các thông tin liên quan đến hệ thống thiết bị đảm bảo ứng phó với diễn biến sự cố nặng, đặc biệt là hệ thống cung cấp điện dự phòng, hệ thống ác quy... theo các yêu cầu tăng cường an toàn hậu Fukushima đã được các nước Châu Âu nghiên cứu và áp dụng hiện nay.

- Vấn đề liên quan đến thiết kế các hệ thống, thiết bị C&I đáp ứng yêu cầu vận hành trong điều kiện diễn biến sự cố nặng (tương tự như đề xuất đối với NM ĐHN Ninh Thuận 1).

Trên đây là một số đề xuất thay đổi, góp ý chính cho FS và SAR của NM ĐHN Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2. Như vậy, có thể thấy rằng để hỗ trợ tốt và thực hiện tốt các nhiệm vụ liên quan đến phát triển ĐHN tại Việt Nam, cần chú trọng xây dựng năng lực, đào tạo đội ngũ cán bộ, trước mắt nên tập trung một vài định hướng như sau:

- Đối với nâng cao hiểu biết, xây dựng năng lực R&D hỗ trợ ĐHN: Viện NLNTVN là đơn vị nghiên cứu chính, phối hợp với một số đơn vị, nhóm nghiên cứu khác ở Bách Khoa Hà Nội (HUST), Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam (VAST), tập trung tìm hiểu về các hệ thống đảm



ào an toàn của các thiết kế ĐHN, vận hành của các hệ thống an toàn, đối lưu tự nhiên, dòng 2 pha, diễn biến sự cố nặng, sử dụng thành thạo các chương trình tính toán (RELAP, MELCOR, MAAP cũng như bắt đầu tìm kiếm và nghiên cứu các chương trình tính toán của Nga), xây dựng Input Decks cho thiết kế NM ĐHN Ninh Thuận 1 và Ninh Thuận 2, và xây dựng các hệ thí nghiệm thủy nhiệt về các vấn đề liên quan này (năng lực thí nghiệm). Năng lực tính toán, năng lực thực nghiệm, cũng như các kiến thức về toán cao cấp để hiểu rõ mô hình là cần thiết đối với các nhóm triển khai nghiên cứu (R&D). Nghiên cứu về nhiên liệu, vật liệu, hóa nước cũng là nhiệm vụ cần thiết, tuy nhiên giai đoạn này do chưa có nhiều cán bộ chuyên môn, và mới bắt đầu, nên tập trung tìm hiểu về lý thuyết (mô hình, mô phỏng).

- Đối với cán bộ Cơ quan pháp quy hạt nhân, cần tập trung vào tìm hiểu các yêu cầu thiết kế, yêu cầu an toàn, đặc biệt yêu cầu nâng cao hậu Fukushima, và tập trung nghiên cứu về tính kiểm chứng của các chương trình tính toán (của Phương Tây, đặc biệt của Nga). Hướng đến nhiệm vụ cấp phép cho NM ĐHN. Cần có 2 nhóm, một nhóm nghiên cứu thiết kế của Nga, một nhóm nghiên cứu thiết kế của Nhật Bản, Mỹ.

Qua việc triển khai thực hiện đề tài, ngoài việc hoàn thành các nhiệm vụ đặt ra, nâng cao năng lực nghiên cứu, đào tạo cán bộ, một số nhóm nghiên cứu mới về các vấn đề liên quan nêu trên đã được hình thành. Đề tài nghiên cứu đã thực sự góp phần nâng cao năng lực của Viện NLNTVN và các đơn vị liên quan (HUST) và đào tạo cán bộ một cách hiệu quả./.

***Hoàng Sỹ Thân và Trần Chí Thành***  
***Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam***

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Trần Chí Thành và cộng sự, “Nghiên cứu tính toán truyền nhiệt và diễn biến sự cố nặng xảy ra trong lò phản ứng hạt nhân VVER-1000 của Nga”, Đề tài nghiên cứu Bộ Công thương, Viện Năng lượng, 2011.

[2] Lê Văn Hồng và cộng sự, “Nghiên cứu, phân tích, đánh giá và so sánh các hệ thống công nghệ phân (đảo) hạt nhân của lò áp lực VVER so với lò PWR của phương Tây”, Đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước 2012-2014, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, 2014.

[3] Trần Chí Thành và cộng sự, “Nghiên cứu đánh giá, lựa chọn công nghệ đề xuất cho dự án ĐHN Ninh Thuận 2”, Đề tài nghiên cứu Bộ Khoa học và Công nghệ, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, 2013.

[4] IAEA, “Regional Distribution of Nuclear Power Plants”, Power Reactor Information System (PRIS), May 2016.

[5] F.J. Valdes-Parada, H. Romeo - Paredes, G. Espinosa-Paredes, “Numerical analysis of hydrogen generation in a BWR during a severe accident”, J. Chemical Engineering Research and Design, Vol. 91 (4), pp. 614-624, April 2013.

[6] L.L. Tong, “Hydrogen risk for advanced PWR under typical severe accidents induced by DVI line break”, J. Annals of Nuclear Energy, Vol. 94, pp. 325-331, August 2016.

[7] J.L. Binder, B.W. Spencer, “Investigations into the physical phenomena and mechanisms that effect direct containment heating loads”, J. Nuclear Engineering and Design, Vol. 164 (1-3), pp. 175-199, August 1996.

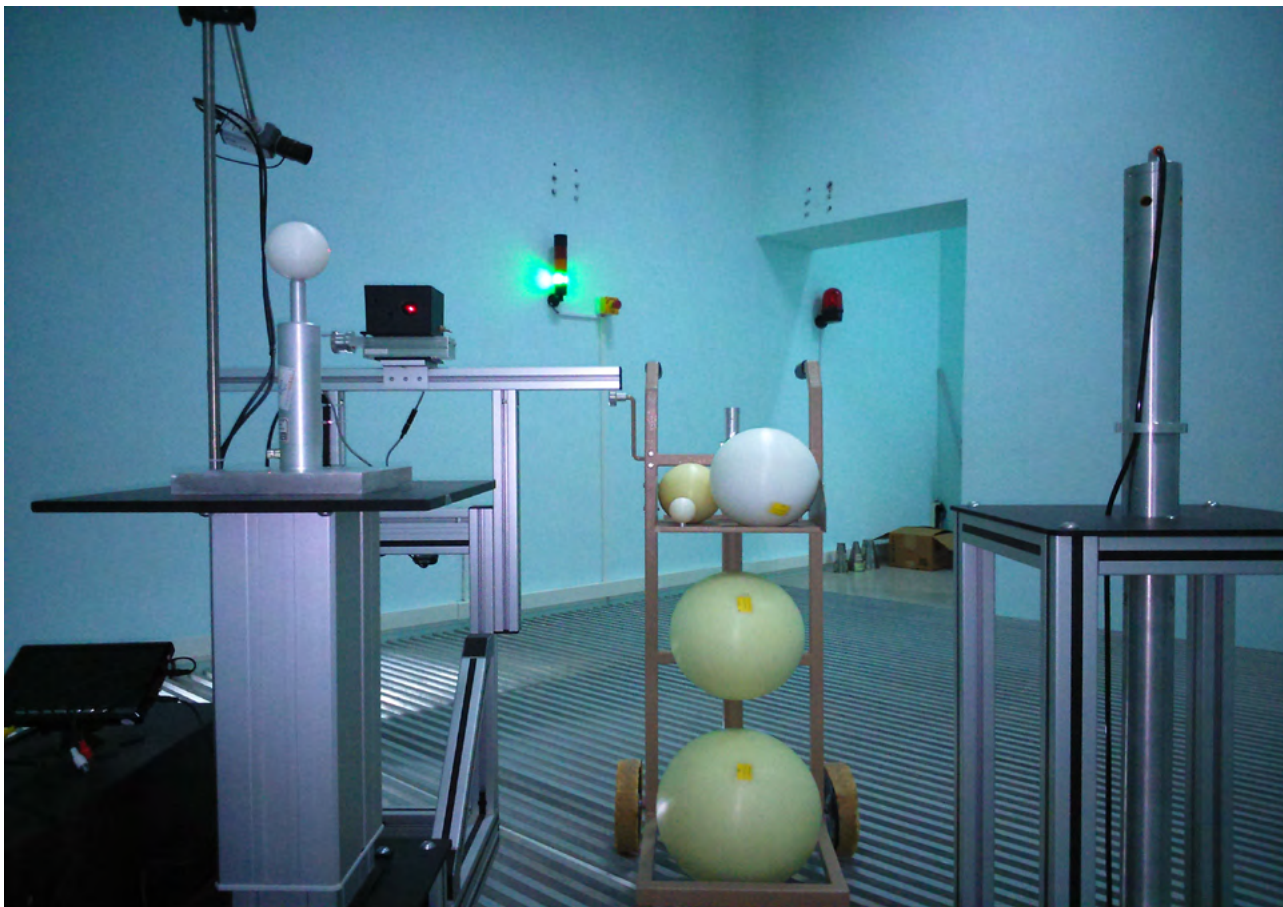
[8] L. Meyer, G. Albrecht, C. Caroli, I.

Ivanov, “Direct containment heating integral effects tests in geometries of European nuclear power plants”, J. Nuclear Engineering and Design, Vol. 239 (10), pp. 2070-2084, October 2009.

[9] T.G. Theofanous, C. Liu, S. Additon, S. Angelini, O. Kymalainen, T. Salmassi, “In-vessel Coolability and Retention of a Core Melt”, DOE/ID-1046, November 1994.

[10] R.C. Hansson, “An Experimental Study on the Dynamics of a Single Droplet Vapor Explosion”, PhD Thesis, Division of Nuclear Power Safety (NPS), Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, 2010.

[11] J.-P. Van Dorsselaere, A. Auvinen, D. Beraha, P. Chatelard, L.E. Herranz, C. Journeau, W. Klein-Hessling, I. Kljenak, A. Miassoedov, S. Paci, R. Zeyen, “Recent severe accident research synthesis of the major outcomes from the SARNET network”, J. Nuclear Engineering and Design, Vol. 291, pp. 19-34, September 2015.



## THIẾT LẬP TRƯỜNG CHUẨN LIỀU NƠTRON TẠI VIỆN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT HẠT NHÂN

*Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân (KH&KTHN) là cơ quan duy nhất ở Việt Nam vận hành phòng chuẩn liều bức xạ ion hóa nằm trong mạng lưới phòng chuẩn cấp 2 của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) và Tổ chức Y tế thế giới (WHO). Phòng chuẩn có nhiệm vụ kiểm tra sự hoạt động chính xác của các thiết bị đo liều bức xạ ion hóa (ví dụ như các máy đo liều bức xạ cầm tay, liều kế cá nhân, ...) nhằm đánh giá an toàn bức xạ cho các cán bộ làm việc trong môi trường bức xạ. Mặc dù, phòng chuẩn đã được thành lập từ vài thập niên trước, tuy nhiên hoạt động của phòng chuẩn cũng mới chỉ nằm trong khuôn khổ chuẩn liều bức xạ photon cho các máy đo liều photon cầm tay mà chưa đáp ứng được việc chuẩn các thiết bị đo liều neutron. Đây cũng là thực trạng chung của các nước trong khu vực Đông Nam Á (chưa chuẩn được các thiết bị đo liều neutron cầm tay). Để khắc phục tình trạng này, trong năm 2015 Viện KH&KTHN đã đầu tư xây dựng một phòng chuẩn liều bức xạ neutron với những tiêu chuẩn được khuyến cáo bởi các tài liệu kỹ thuật quốc tế [1][2]. Điều này có ý nghĩa quan trọng góp phần vào công tác đảm bảo an toàn bức xạ neutron theo quy định của pháp luật Việt Nam [3]. Bài báo này giới thiệu tổng quan về quy trình thiết lập một trường chuẩn liều bức xạ neutron của nguồn  $^{241}\text{Am-Be}$  tại Viện dùng cho mục đích chuẩn máy đo liều bức xạ neutron cầm tay.*

## I. Giới thiệu

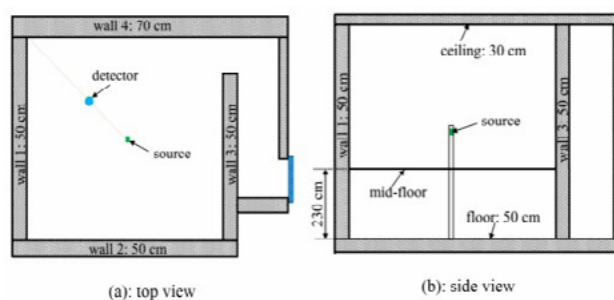
Trong những năm qua, việc sử dụng và ứng dụng bức xạ trong nghiên cứu, công nghiệp và y tế ngày càng tăng. Trong đó, rất nhiều các thiết bị bức xạ, các nguồn phóng xạ được sử dụng gây ra trường bức xạ hỗn hợp gamma và neutron. Do đó, việc kiểm soát liều chiếu ngoài nghề nghiệp, liều chiếu ngoài công chúng cũng cần phải được đánh giá đối với tất cả các loại bức xạ trên. Để đáp ứng được nhu cầu này, bên cạnh phòng chuẩn liều bức xạ gamma đang có, Viện KH&KTHN đã xây dựng phòng chuẩn liều bức xạ neutron theo tiêu chuẩn quốc tế ISO 8529 [1].

Theo quy định của pháp luật, tất cả các thiết bị đo liều bức xạ ion hóa nói chung và đo liều bức xạ neutron nói riêng cần phải được hiệu chuẩn trước khi đưa vào sử dụng trong thực tế [4]. Điều này nhằm mục đích kiểm tra độ tin cậy của các thiết bị đo liều bức xạ neutron. Việc hiệu chuẩn cần phải được thực hiện trong trường bức xạ chuẩn, nơi mọi đặc tính của bức xạ tại mọi vị trí đều được xác định. Trong không gian phòng chuẩn thường có rất nhiều các thành phần bức xạ khác nhau tác động vào số đọc của thiết bị đo liều xách tay, cụ thể: thành phần trực tiếp là thành phần gây bởi trường bức xạ trong đó tia bức xạ đi đến thiết bị đo liều mà không tương tác với các vật chất khác có trong phòng chuẩn, ngoài ra còn có thành phần tán xạ của trường bức xạ là thành phần mà trước khi đi đến thiết bị đo chúng đã tác dụng với các vật chất có trong phòng thí nghiệm, tổng của hai thành phần trên ta gọi là thành phần tổng cộng. Trong quá trình chuẩn một thiết bị đo liều bức xạ neutron cầm tay thì thành phần của trường bức xạ neutron trực tiếp là quan trọng nhất, vì chúng có đặc tính cụ thể - không chịu ảnh hưởng của môi trường phòng chuẩn. Nói một cách khác, công việc thiết lập trường chuẩn liều bức xạ neutron là việc xác định đặc tính của trường bức xạ mà trong đó sự đóng góp của

các thành phần tổng cộng, trực tiếp và tán xạ phải được phân tách cụ thể.

## II. Trang thiết bị của phòng chuẩn

Phòng chuẩn liều neutron được xây dựng với kích thước 700 cm x 700 cm x 700 cm, đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế về một phòng chuẩn [1]. Tại chính giữa phòng chuẩn được lắp đặt một nguồn chuẩn  $^{241}\text{Am-Be}$  với cường độ phát neutron là  $1.299 \times 10^7$  vào ngày 23 tháng 1 năm 2015. Nguồn chuẩn này được cung cấp bởi tập đoàn Hopewell Design (Mỹ) và được hiệu chuẩn bởi Phòng thí nghiệm chuẩn quốc gia Hoa Kỳ (NIST-USA). Hình 1 mô tả cấu tạo của phòng chuẩn và vị trí tương đối của nguồn chuẩn.

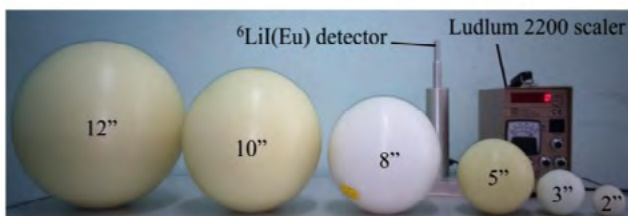


Hình 1: Sơ đồ phòng chuẩn liều neutron.

Quá trình xác định phổ thông lượng neutron thông qua hệ cầu Bonner truyền thống với đầu dò neutron nhiệt  $^6\text{Li(Eu)}$  do hãng Ludlum chế tạo. Trong hệ đo, có 06 quả cầu làm chậm khác nhau đi kèm với đầu dò neutron nhiệt, đường kính các quả cầu lần lượt là 2, 3, 5, 8, 10 và 12 inch. Đây là phương pháp được sử dụng rộng rãi hơn cả trong quá trình đo phổ thông lượng neutron so với các phương pháp khác bởi những ưu điểm như: hàm đáp ứng đẳng hướng, có thể đo được ở dải năng lượng rộng...[5]. Hình 2 mô tả hệ cầu Bonner và các thiết bị đi kèm.

Hệ cầu Bonner có nhiều ưu điểm, tuy nhiên yếu điểm lớn nhất là khó khăn trong quá trình tách phổ. Quá trình tách phổ yêu cầu cần có chương trình tách phổ với các yếu tố đầu vào là

số đọc của đầu dò đi kèm với các quả cầu khác nhau, hàm đáp ứng của hệ đầu dò và các quả cầu và phổ thông lượng neutron dự đoán ban đầu. Nếu không được tính toán cẩn thận, sai số của phổ neutron thu được sẽ rất lớn và rất khó để đánh giá.



Hình 2: Hệ cầu Bonner và các thiết bị đi kèm.

Vì vậy, trong nghiên cứu của mình, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm MAXED [6] cho quá trình tách phổ cùng với phần mềm mô phỏng MCNP5 cho quá trình dự đoán phổ thông lượng neutron ban đầu. Phần mềm MAXED là phần mềm tách phổ thương mại được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu về xác định phổ neutron trên thế giới. Hàm đáp ứng của hệ cầu Bonner và đầu dò  ${}^6\text{Li}(\text{Eu})$  được lấy trong tài liệu kỹ thuật quốc tế [7]. Phần mềm mô phỏng MCNP5 là một trong những phần mềm mô phỏng khá phổ biến được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới cho mục đích mô phỏng quá trình vận chuyển bức xạ trong vật chất [8].

### III. Phương pháp thực nghiệm

Theo tiêu chuẩn ISO [2], chúng ta có nhiều phương pháp khác nhau để tách biệt thành phần trực tiếp của trường bức xạ khỏi số đếm của thành phần tổng cộng. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã sử dụng 02 phương pháp khớp hàm được khuyến cáo, đó là: phương pháp khớp hàm tổng quan (GFM) và phương pháp khớp hàm bán thực nghiệm (SEM). Quá trình thực nghiệm và phương pháp áp dụng có thể được khái quát theo các quá trình sau:

1. Đo đạc suất thông lượng neutron tổng

cộng bởi các quả cầu khác nhau từ khoảng cách 60 cm đến 250 cm với bước chạy 10 cm trong không gian phòng chuẩn.

2. Suất thông lượng neutron tổng cộng đo đạc được trong bước 1 được sử dụng làm số liệu đầu vào cho phần mềm tách phổ UMG (ký hiệu UF) để xác định phổ thông lượng neutron tổng cộng tại từng khoảng cách. Sau đó suất tương đương liều neutron được tính toán tương ứng với từng khoảng cách đó.

3. Suất thông lượng neutron tổng cộng ghi nhận được trong bước 1 sẽ được khớp hàm theo các tiêu chuẩn khuyến cáo bởi ISO để phân tách được thành phần trực tiếp và tán xạ khỏi thành phần tổng cộng. Suất thông lượng neutron tại các khoảng cách đo được bởi từng quả cầu sẽ được khớp theo hàm của khoảng cách. Do vậy, thành phần trực tiếp của trường chuẩn được xác định.

4. Mô phỏng Monte Carlo, MCNP5, được thực hiện để xác định phổ thông lượng neutron tổng cộng tại các khoảng cách khác nhau như đề cập ở bước 1. Khi đó, suất tương đương liều neutron tương ứng được tính toán. Ngoài ra, phổ thông lượng neutron tính toán bởi MCNP5 được sử dụng như dự đoán ban đầu cho phần mềm tách phổ UMG.

5. Suất thông lượng neutron trực tiếp xác định trong bước 3 được sử dụng làm số liệu đầu vào cho phần mềm tách phổ UMG để xác định phổ thông lượng neutron trực tiếp. Khi đó suất tương đương liều neutron trực tiếp được xác định.

6. Suất tương đương liều neutron tổng cộng được đo đạc bởi thiết bị đo liều neutron cầm tay Aloka. Sau đó các số liệu này được làm khớp theo hàm của khoảng cách dựa trên khuyến cáo của tiêu chuẩn ISO. Do đó, cũng như trên ta tách biệt được các thành phần suất tương đương liều neutron trực tiếp và tán xạ khỏi suất thông lượng neutron đo đạc bằng Aloka.

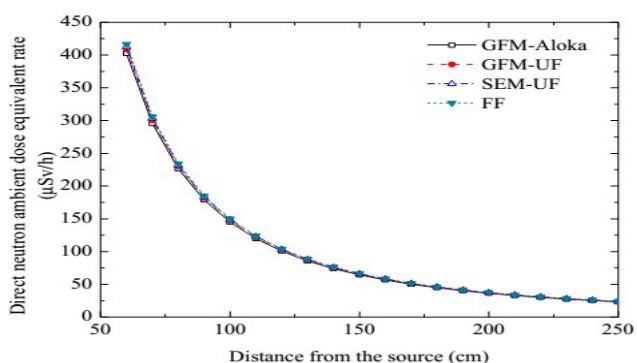
7. Mặt khác, phổ thông lượng neutron trực tiếp và suất tương đương liều neutron trực tiếp trong trường bức xạ tự do (ký hiệu FF) được xác định và tính toán bởi các tài liệu quốc tế (dựa trên cường độ nguồn bức xạ neutron).

8. So sánh phổ thông lượng neutron và suất tương đương liều neutron theo các thành phần xác định bởi các phương pháp khác nhau để đánh giá độ tin cậy của quá trình xác định đặc trưng của trường chuẩn.

#### IV. Kết quả và thảo luận

Các kết quả nghiên cứu có được sau khi thực hiện các phương pháp xử lý số liệu như đề cập ở trên. Những kết quả thu được trong nghiên cứu này được tóm tắt như sau:

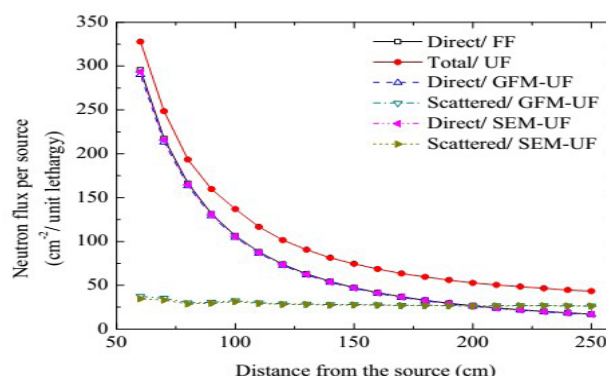
Thông lượng neutron biến thiên theo khoảng cách sinh ra bởi các thành phần khác nhau của trường bức xạ (xem Hình 3). Theo kết quả này ta thấy, thành phần thông lượng neutron tán xạ gần như không thay đổi trong không gian phòng chuẩn. Các phương pháp khác nhau dùng để tách biệt thành phần trực tiếp của trường bức xạ có kết quả phù hợp với nhau trong khoảng 2%.



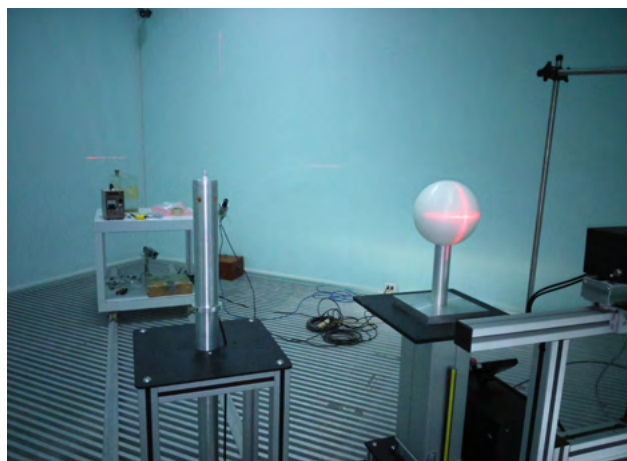
Hình 3: Thông lượng neutron theo các thành phần được xác định bởi các phương pháp khác nhau.

Tương đương liều neutron môi trường của thành phần trực tiếp được xác định theo hàm của khoảng cách (xem Hình 4). Kết quả cho thấy sự khác biệt trong khoảng <2% nhận được bởi các

phương pháp khác nhau, điều này cho thấy quá trình xác định đặc trưng của trường chuẩn liều neutron là có thể tin cậy được.



Hình 4: Thông lượng neutron của thành phần trực tiếp được xác định bởi các phương pháp khác nhau.



Hình 5: Một số hình ảnh phòng chuẩn liều bức xạ neutron

## V. Kết luận

Trường chuẩn neutron đã được thiết lập thành công tại Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân dựa trên những tiêu chuẩn quốc tế hiện hành. Đây là phòng chuẩn liều neutron đầu tiên tại Việt Nam được phát triển, do đó nó mang ý nghĩa tích cực thúc đẩy quá trình nghiên cứu cũng như đáp ứng nhu cầu thực tiễn trong lĩnh vực chuẩn thiết bị đo liều neutron cầm tay. Những nghiên cứu liên quan trong lĩnh vực này sẽ tiếp tục được triển khai tại Viện trong thời gian tới./.

*Trịnh Văn Giáp và cộng sự*

*Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân*

476 12-20, 2002

6. M. Reginatto and P. Goldhagen, “MAXED, A Computer Code For Maximum Entropy Deconvolution Of Multisphere Neutron Spectrometer Data”, Health Phys. 77, 579, 1999.

7. IAEA Technical Reports Series, Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation, Supplement to Technical Reports Series No.318. No. 403, p.276 (1996)

8. X-5 Monte Carlo Team, “MCNP – A General N-Particle Transport Code, Version 5”, 2003

## Tài liệu tham khảo

1. ISO 8529-1:2001 (E), Reference neutron radiations - part 1: Characteristics and methods of production, p.32, Switzerland (2001)

2. ISO 8529-2:2001 (E), Reference neutron radiations - part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field, Switzerland (2000)

3. Quốc hội, Luật Năng lượng Nguyên tử (2008).

4. Bộ Khoa học Công nghệ - Bộ Y tế; Thông tư liên tịch số 13/2014/ TTLT-BKH-CN-BYT; Quy định về đảm bảo an toàn bức xạ trong y tế; 2014.

5. D.J. Thomas, A.V. Alevra. “Bonner sphere spectrometers – a critical review”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A,



## VÀI NÉT VỀ CÔNG NGHỆ VÀ AN TOÀN NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN PHÒNG THÀNH, TRUNG QUỐC

Trước việc ba nhà máy điện hạt nhân Trung Quốc vừa đi vào hoạt động ở gần Việt Nam, báo chí và công luận đã có nhiều thông tin lo ngại về an toàn và các vấn đề liên quan khác. Để hiểu rõ hơn về công nghệ và an toàn của một trong các nhà máy này, bài viết này sẽ trình bày một số đặc trưng chủ yếu liên quan đến an toàn và công nghệ của các lò phản ứng CPR-1000 đang vận hành và HPR-1000 dự kiến xây dựng tại nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành, cách biên giới nước ta khoảng 50 km.

### 1. Sơ lược về dự án nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành

Nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành nằm ở phía đông bán đảo Qisha, thành phố Phòng Thành, tỉnh Quảng Tây, cách biên giới nước ta (tỉnh Quảng Ninh) khoảng 50km. Đây là dự án điện hạt nhân đầu tiên ở miền nam Trung Quốc.

Dự án bao gồm việc xây dựng sáu lò phản ứng hạt nhân, với tổng công suất 6 GW, theo từng giai đoạn. Các tổ máy số 1 và 2, thuộc giai đoạn I, bắt đầu xây dựng vào tháng 7-2010 và tháng 12-2010. Trong khi các công trình xây dựng cho tổ máy số 3, kết hợp với tổ máy số 4 được thực

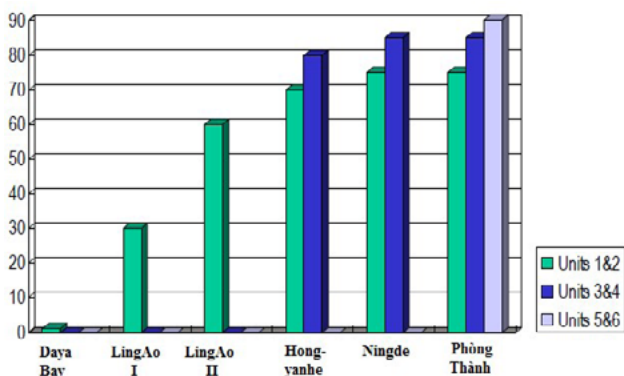
hiện ở giai đoạn II, đã được khởi công vào tháng 12-2015.

Dự án nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành giai đoạn II với sự tham gia của liên doanh Tổng công ty Điện hạt nhân Trung Quốc (CGN) và Tập đoàn Đầu tư Quảng Tây, phối hợp với công ty Ratchaburi - công ty điện lực tư nhân lớn nhất của Thái Lan (RATCH), một công ty con của điện lực Thái Lan (EGAT). Liên doanh này sẽ phát triển, xây dựng và vận hành giai đoạn II (tổ máy 3 và 4) của nhà máy Phòng Thành.

Với sự hình thành và tham gia của nhiều tổ chức trong nước cũng như đối tác nước ngoài,



thị trường điện hạt nhân Trung Quốc thực sự sôi động. Bên cạnh những lợi ích của việc tiếp thu các chuyển giao công nghệ điện hạt nhân, những bài học về phát triển nóng của nền kinh tế và kèm theo đó là phát triển nóng của nguồn năng lượng điện than đã làm môi trường ô nhiễm vào bậc nhất nhì thế giới, thì việc ra đời nhiều thiết kế nội địa hóa cũng đặt ra nhiều vấn đề trong việc đảm bảo an toàn. Hình 1 cho thấy từ tổ máy đầu tiên của nhà máy Daya Bay, các lò phản ứng được xây dựng sau đó đã được nội địa hóa rất cao. Hai tổ máy giai đoạn I của nhà máy Phòng Thành đạt tỷ lệ nội địa hóa trên 75%, trong khi các tổ máy tiếp theo dự kiến đạt trên 80%. Vì vậy, có thể nói rằng nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành là nhà máy điện hạt nhân do Trung Quốc thiết kế, chế tạo, xây dựng và vận hành.



Hình 1. Tỷ lệ nội địa hóa các nhà máy điện hạt nhân của CGNPC (Điện hạt nhân Quảng Đông) [1]

## 2. Chi tiết xây dựng và công nghệ nhà máy điện hạt nhân Phòng thành giai đoạn I

Giai đoạn I của dự án bao gồm việc xây dựng hai lò phản ứng công suất 1.000 MW (e) mỗi tổ máy, dựa trên công nghệ lò phản ứng nước áp lực thế hệ II: Lò CPR-1000.

Việc nạp nhiên liệu cho máy số 1 đã được hoàn thành vào tháng 9 năm 2015, lò phản ứng đạt tới hạn và kết nối lưới điện vào tháng

10-2015. Tổ máy số 1 được vận hành thương mại vào tháng 1-2016 và tổ máy số 2 vào tháng 7-2016. Hai tổ máy được thiết kế để hoạt động trong 40 năm. Nhà thầu tham gia giai đoạn I của dự án Phòng Thành bao gồm:

Alstom cung cấp các máy phát điện diesel khẩn cấp 6 MW PA6-B và một số thiết bị phụ trợ khác cho hai tổ máy 1 và 2.

Các hệ thống tự động hóa và điều khiển cho hai lò phản ứng được Hollysys Automation Technologies cung cấp, dựa trên nền tảng HOLLiAS-N độc quyền của hãng. Các hệ thống thiết bị đo lường và điều khiển kỹ thuật số (hệ thống I&C) do công ty điện lực Mitsubishi và công ty Techenergy, Trung Quốc cung cấp.

Công ty chế tạo bơm và van hạt nhân SEC-KSB Thượng Hải cung cấp các máy bơm và van chính cho nhà máy, trong khi van phụ trợ được cung cấp bởi công ty Dresser Masoneilan (Các dòng sản phẩm Masoneilan một phần của Dresser, Inc., gần đây đã được GE mua lại) và các van cách ly đường hơi chính (MSIVs) do công ty Flowserve cung cấp.

Vật liệu thép không gỉ austenit tinh khiết được dùng chế tạo các thiết bị bên trong lò phản ứng được cung cấp bởi công ty thép Tata (TISCO).

Viện Nghiên cứu Công nghệ điện hạt nhân Trung Quốc, một công ty con của CGN, phát triển hai robot thay đảo nhiên liệu cho dự án.

Thiết kế CPR-1000 phát triển bởi Công ty Thiết kế điện hạt nhân Trung Quốc, một công ty con của CGNPC. Dự án nhà máy điện hạt nhân LingAo giai đoạn 2 là dự án trình diễn cho thiết kế CPR-1000.

CPR-1000 là một phiên bản nâng cấp của thiết kế lò PWR 900 MW (e) của Pháp với mã hiệu M310.

Bảng 1. Các thông số nhà máy điện hạt nhân CPR-1000 [1].

Thông số chung	
Kiểu lò phản ứng	PWR 3 nhánh (3-Loop)
Thời gian vận hành	40 (+20) năm
Thiết kế chống động đất	0,2 g
Công suất điện	1.080 MW
Chu kỳ thay đảo nhiên liệu	18 tháng
Hệ số công suất thiết kế	87%
Hiệu suất nhà máy	35%
Chế độ vận hành	Theo tải
Hệ thống tải nhiệt	
Công suất nhiệt	2905 MW (t)
Áp suất vận hành	15,5 MPa
Nhiệt độ nước lỏi vào thùng lò	292,4 °C
Nhiệt độ nước lỏi ra thùng lò	327,6 °C
Vùng hoạt lò phản ứng	
Bó nhiên liệu	17x17 AFA 3G
Số thanh nhiên liệu / bó	264
Tổng số bó nhiên liệu trong vùng hoạt	157
Chiều cao vùng hoạt	365,3 cm
Độ giàu nhiên liệu	4,5%
Mật độ công suất tuyến tính trung bình	186 W/cm
Thừa số đỉnh công suất	2,25
Độ sâu cháy nhiên liệu	52 GWd/T
Số chùm thanh điều khiển	61
Hệ thống an toàn (ECCS)	
Hệ phun cao áp	
- Số nhánh	3
- Áp suất / Nhiệt độ	21,2 MPa/120 °C
- Tốc độ dòng phun (thiết kế / cực đại)	34/160 m <sup>3</sup> /h
Hệ phun thấp áp	
- Số nhánh	2
- Áp suất / Nhiệt độ	2,2 MPa/150 °C
- Tốc độ dòng phun	850 m <sup>3</sup> /h

Bình tích nước cao áp (Acc)	
- Áp suất vận hành / Nhiệt độ	4,93 MPa/120 °C
- Dung tích mỗi bình	33 m <sup>3</sup>
Bình sinh hơi	
Phần sơ cấp	
- Số ống trao đổi nhiệt (U-Tube)	4.474
- Đường kính ngoài / độ dày U-Tube	19,05 mm/1,09 mm
- Vật liệu ống	Inconel 690
- Diện tích trao đổi nhiệt	5.430 m <sup>2</sup>
Phần thứ cấp	
- Tốc độ dòng hơi	1.613 kg/s
- Áp suất hơi lỏi ra	6,71 MPa
- Nhiệt độ hơi	283 °C
Nhà lò	
Áp suất / nhiệt độ thiết kế	0,52 MPa / 145 °C
Đường kính trong	37 m
Chiều cao	56 m
Độ dày thành	0,9 m
Thể tích	49.400 m <sup>3</sup>
Tốc độ rò rỉ thiết kế	0,3%/ngày
Bơm phun nhà lò	2
Tốc độ dòng phun	850 m <sup>3</sup> /h
Số bộ tái tổ hợp khí hidro	30
Hệ thống trích và lọc khí	Chung cho 2 tổ máy

Lò phản ứng với công nghệ ba nhánh tải nhiệt nhập khẩu cho nhà máy điện hạt nhân Daya Bay trong những năm 1980 và cũng được xây dựng tại nhà máy Ling-Ao. Các tổ máy tại Daya Bay lấy tham chiếu từ các tổ máy 5 và 6 của nhà máy điện hạt nhân Gravelines, Pháp của EDF. Hiện tại có 28 lò đang vận hành tại Pháp từ năm 1980, và một số tổ máy tại Bỉ, Nam Phi và Hàn Quốc.

CPR-1000 được xếp vào loại lò thế hệ II+, được trang bị hệ đo lường và điều khiển ( I&C) số hóa và tuổi thọ thiết kế là 40 năm và có thể kéo dài đến 60 năm nhờ những nỗ lực làm giảm

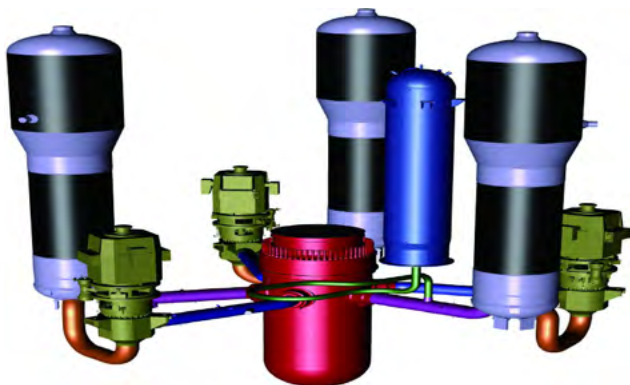
tạp chất (như đồng, lưu huỳnh và phốt pho) trong vật liệu thùng lò phản ứng (RPV). Những thay đổi khác với thiết kế ban đầu M310 bao gồm giảm số đường hàn trong RPV, rút ngắn thời gian chế tạo và loại bỏ sự cần thiết phải kiểm tra các mối hàn trong khi vận hành.



Hình 2. Nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành giai đoạn I



Hình 3. Lắp đặt thùng lò phản ứng tổ máy I nhà máy Phòng Thành (2013).



Hình 4. Lò phản ứng với ba nhánh tải nhiệt tại nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành.

### 3. Dự án xây dựng và công nghệ nhà máy Phòng Thành giai đoạn II

Hai lò phản ứng thuộc giai đoạn II sẽ có công suất lắp đặt 1170 MW (e) mỗi lò. Dự án lên kế hoạch lắp đặt các lò phản ứng HPR1000 (Hualong-1), lò phản ứng thế hệ III.

Công nghệ lò phản ứng HPR1000 được đồng phát triển bởi CGN và Tập đoàn Hạt nhân quốc gia Trung Quốc (CNNC). Vùng hoạt của lò phản ứng bao gồm 177 bó nhiên liệu, ba hệ thống an toàn tách biệt, boongke lò dạng kép (hai lớp).

Giai đoạn II đang được phát triển như là một tham chiếu cho các dự án hạt nhân Bradwell B đề xuất tại Anh. CGN có kế hoạch phát triển các dự án sau này trong sự hợp tác với EDF.

Các bình sinh hơi cho các lò phản ứng thuộc giai đoạn II sẽ được cung cấp bởi Công ty Điện lực Đông Phương (DEC) và Công ty chế tạo máy Đông Phương DFHM (Dongfang Electric Heavy Machinery Corporation), Quảng Châu.



Hình 5. Ảnh chụp (Google Earth) nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành với hai tổ máy giai đoạn I (phải) và tổ máy đang xây dựng giai đoạn II (trái).

### 4. Thiết kế lò phản ứng Hualong One (HPR1000)

Dựa trên thiết kế CPR-1000 và những kinh nghiệm thiết kế của các lò thế hệ III, các thiết kế ACP1000 và ACPR1000 đã được phát

triển. Thiết kế ACPR1000 có mười cải tiến kỹ thuật so với lò CPR-1000, theo CGN, theo đó lò có công suất lớn hơn, đơn giản hóa hệ thống điều khiển thể tích và hóa chất, tối ưu hóa hệ thống điều khiển, nâng cao năng lực giảm thiểu sự cố của hệ thống cung cấp hơi hạt nhân, kéo dài đời sống nhà máy và cải thiện khả năng đề kháng với các sự kiện bên ngoài.

Vùng hoạt của ACPR1000 bao gồm 157 bó nhiên liệu. Các thiết bị đo lường được đưa vào từ phía trên thùng lò (RPV). Trong hệ thống cung cấp hơi hạt nhân diện tích trao đổi nhiệt của các bình sinh hơi lớn hơn 28% so với CPR-1000 và thể tích bình điều áp tăng 26%. Lớp vỏ kim loại phản xạ giúp kéo dài tuổi thọ thùng lò phản ứng tới 60 năm.

Thiết kế tiên tiến có ba hệ thống an toàn độc lập, hệ thống phun an toàn áp thấp kết hợp với hệ thống loại bỏ nhiệt dư và bể chứa nước thay đảo nhiên liệu nằm bên trong nhà lò. Thiết kế này cũng đã được cải thiện khả năng địa chấn (0,3 g so với 0,2 g).

Các biện pháp quản lý tai nạn nghiêm trọng bao gồm các bộ tái tổ hợp khí hydro xúc tác thụ động, và bể vùng hoạt. Không giống như các CPR-1000, ACPR1000 có nhà lò kép có khả năng chịu được tác động của máy bay thương mại lớn đâm vào.

Từ năm 2011 CNNC và CGN đã “hợp nhất” các thiết kế ACP1000 và ACPR1000 theo yêu cầu của Cục Năng lượng Quốc gia (NEA). Cả hai đều là những thiết kế ba nhánh tải nhiệt dựa trên phiên bản M310 của Pháp, nhưng với vùng hoạt khác nhau: Thiết kế vùng hoạt lò ACP1000 có 177 bó nhiên liệu dài 3,66 m, trong khi vùng hoạt ACPR1000 chỉ gồm 157 bó nhiên liệu dài 4,3 m. Một số tính năng của ACPR1000 được kết hợp, ít nhất là trong phiên bản của CGN, được gọi là HPR1000 hay Hoa Long - 1 (HuaLong One).

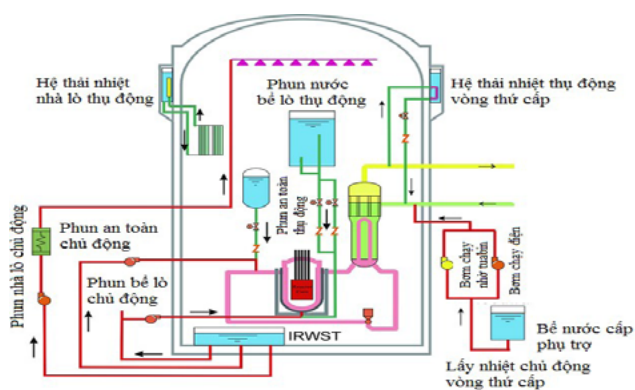
Thiết kế Hualong One hay HPR1000 với vùng hoạt gồm 177 bó nhiên liệu dài 3,66 m, khoảng thời gian thay đảo nhiên liệu từ 18-24 tháng, với 72 bó thay nạp có độ giàu nhiên liệu 4,45%. Nó có ba nhánh tải nhiệt, boongke lò kép và hệ thống an toàn chủ động với một số phần tử thụ động, và thiết kế 60 năm. Phiên bản này của CGN có công suất 3.150 MW (t), 1.150 MW (e), trong khi phiên bản của CNNC cho công suất 1.161 MW (e). Độ sâu cháy nhiên liệu trung bình đạt 45 GWd/T. Khả năng chịu động đất là 300 Gal (0,3 g). Hệ thống thiết bị đo lường và điều khiển do Areva-Siemens cung cấp, tỷ lệ nội địa hóa đạt 90%.

Các phiên bản của CNNC và CGN là tương tự nhưng không giống nhau hoàn toàn, do các thiết kế hệ thống an toàn khác nhau. Phiên bản của CNNC thiên về an toàn thụ động hơn dưới ảnh hưởng của thiết kế AP1000 với việc tăng thể tích boongke lò, còn phiên bản của CGN với ảnh hưởng của Pháp lại có một số nhánh an toàn chủ động. Ngoài ra mỗi công ty sẽ duy trì nhiều chuỗi cung ứng riêng của mình. Thiết kế mới khác nhau được gọi là Hualong 1000 hay HL1000 theo CGN, ACP1000 theo CNNC, và gọi chung là Hualong One hay HPR1000 (Hualong Pressurised Reactor 1000).

Xét trên một số phương diện, thiết kế Hualong ban đầu được đặt ra cho mục tiêu xuất khẩu nhưng trong thực tế và với những khó khăn của AP1000 trong những năm gần đây, đặc biệt là việc sử dụng các bơm tải nhiệt động cơ đóng hộp gắn liền với bình sinh hơi, thiết kế này đang nổi lên như một đối thủ cạnh tranh trong nước và xem như một thay thế cho các lò AP1000.

Phiên bản Hualong One của CNNC sẽ là mô hình lò phản ứng chủ yếu xây dựng trong nước với mục đích hạ thấp giá thành của lò phản ứng. Thiết kế Hualong One cũng được quảng bá trên thị trường quốc tế, được gọi là HPR1000 cho

các nước như Anh và Nam Phi. Nó sẽ dựa trên phiên bản của CGN, với nhà máy Phòng Thành như một tham chiếu, và CGN cũng có kế hoạch xây dựng HPR1000 tại nhà máy điện hạt nhân Ningde (tổ máy 5 và 6). Tháng 10-2015 CGN đã nộp thiết kế HPR1000 để xin chứng nhận phù hợp với yêu cầu châu Âu (EUR), và tháng 3-2016 CGN đã ký một thỏa thuận với Skoda Praha để tạo điều kiện cho quá trình xin chứng nhận này. Hiện tại EUR đã chấp nhận sẽ xem xét cấp giấy chứng nhận vào năm 2017 và quá trình sẽ kéo dài khoảng hơn 3 năm.



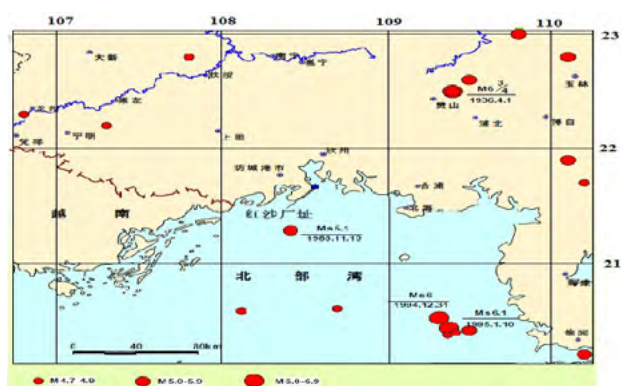
Hình 6. Các hệ thống an toàn chủ động và thụ động của HPR1000.

Bảng 2. Các thông số nhà máy lò HPR1000.

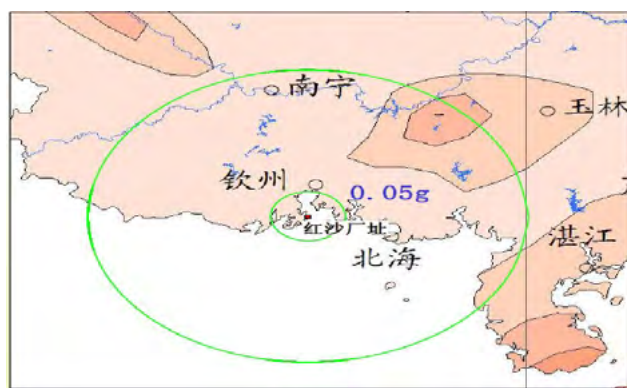
Thông số	Giá trị
Công suất nhiệt	3.050 MW (th)
Công suất điện	~ 1170 MW (e)
Hiệu suất nhà máy	~ 36%
Kiểu vận hành	Chạy đáy và theo tải
Thời gian vận hành	60 năm
Hệ số khả dụng	90%
Chu kỳ thay đảo nhiên liệu	18 tháng
Động đất dừng lò an toàn (SSE)	0,3 g
Tần suất hư hỏng vùng hoạt (CDF)	$<10^{-6}$ / lò - năm
Tần suất phát thải lớn (LRF)	$<10^{-7}$ / lò - năm
Liều phơi nhiễm nghề nghiệp	$<0,6$ người-Sv/lò - năm

Các hệ thống an toàn của nhà máy điện hạt nhân lò HPR1000 phản ánh những tiếp thu từ các thiết kế các hệ thống an toàn lò AP1000 của Westinghouse và VVER-1200 của Nga. Tuy cũng đã có những thực nghiệm nhằm kiểm chứng các tính năng an toàn [2], song dễ dàng nhận thấy tính kiểm chứng của công nghệ là chưa thuyết phục. Các thông số kỹ thuật chung của HPR1000 được cho trong bảng 2.

### 5. Nghiên cứu địa chấn khu vực nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành



Hình 7. Phân bố các nguồn tâm chấn động đất khu vực đảo Hải Nam và vịnh Bắc Bộ gần nhà máy Phòng Thành [3].



Hình 8. Bản đồ phân vùng chuyển động nền địa điểm nhà máy Phòng Thành [3].

Theo các nghiên cứu [3], từ năm 1653 các trận động đất được ghi nhận xung quanh khu vực có cường độ từ M4 đến M6,7. Theo bản đồ (hình 7) các trận động đất cấp M6,7 xảy ra năm 1936, cấp M6,1 năm 1995, cấp M5,1 năm 1988. Tuy

nhiên, cũng theo báo cáo này, địa điểm Phòng Thành nằm trong vùng có thông số chuyển động nền (ground motion) 0,05g (Hình 8). Đứt gãy gần địa điểm nhất là các đứt gãy Hepu-Beiliu cách 26 km và Fangcheng - Lingshan, cách 27 km.

## 5. Nhận xét

Hai tổ máy đầu tiên đang vận hành tại nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành thuộc thế hệ II với tham chiếu là các tổ máy vận hành tại Pháp được xây dựng trong những năm 70 - 80 của thế kỷ trước với cấu trúc nhà lò một lớp. Do đã trang bị hệ đo lường và điều khiển số hóa nên được gọi là thế hệ II+. Tỷ lệ nội địa hóa trên 75%. Hệ thống an toàn bao gồm hai nhánh. Xét theo các yêu cầu an toàn hiện nay là chưa hoàn hảo.

Khắc phục những yếu điểm của thế hệ II và học tập các thiết kế của các đối tác như Westinghouse và Rosatom, thiết kế HPR1000 đã bổ sung các hệ thống an toàn thụ động và cải thiện mức độ an toàn với nhà lò kết cấu kép, ba nhánh an toàn 3x100%, áp dụng công nghệ IVR giữ chất nóng chảy bên trong thùng lò trong trường hợp sự cố nghiêm trọng với hệ phun bể lò thụ động. Thiết kế này cần được cộng đồng hạt nhân quốc tế đánh giá trong những năm sắp tới.

Trong một phân tích đánh giá về lựa chọn lò phản ứng chuẩn của các tác giả từ Princeton Univ. và MIT [4] trong chính sách phát triển điện hạt nhân của Trung Quốc đã có nhận xét về việc xây dựng hàng loạt các lò phản ứng có thiết kế khác nhau là một câu đố (puzzle) cho việc chuẩn hóa thiết kế. Viện Năng lượng nguyên tử của Hoa Kỳ, một diễn đàn công nghiệp đã khẳng định: “Thiết kế tiêu chuẩn mang lại những lợi ích đáng kể. Tiêu chuẩn hóa sẽ giảm chi phí xây dựng và vận hành, và dẫn đến hiệu quả cao hơn và đơn giản hơn trong vận hành nhà máy hạt nhân, bao gồm cả an toàn, bảo trì, đào tạo và mua sắm phụ tùng. Kinh nghiệm quốc tế đã cho thấy những lợi

ích của tiêu chuẩn hoá” [5]. Do đó, sự đa dạng của các thiết kế lò phản ứng và hệ thống an toàn trong các nhà máy điện hạt nhân của Trung Quốc cũng đặt ra nhiều vấn đề về bảo trì, thay thế thiết bị trong tương lai./.

*Lê Đại Diễn*

*Trung tâm Đào tạo*

## Tài liệu tham khảo

1. CPR1000 Design, Safety Performance and Operability.( <http://www.cgnpc.com.cn/>)
2. Ji Xing, Daiyong Song, Yuxiang Wu. HPR1000: Advanced Pressurized Water Reactor with Active and Passive Safety. Engineering, Vol.2 2016. Chinese Academy of Engineering & Engineering Sciences Press
3. Xu Jing, Rong Pan. Recent Practice on Seismic Hazard Analysis for NPPs in China. 1st Kashiwazaki International Symposium on Seismic Safety of Nuclear Installations. 24-26 Nov 2010. Niigata, Japan
4. M.V. Ramana, Eri Saikawa. Choosing a standard reactor: International competition and domestic politics in Chinese nuclear policy. Energy 36 (2011) 6779-6789.
5. NEI. Licensing new nuclear power plants. Fact sheet. Washington, D. C: Nuclear Energy Institute; 2010.



## ĐIỀU KHIỂN VÀ GHI NHẬN DỮ LIỆU HỆ QUAN TRẮC PHÓNG XẠ THÔNG QUA MẠNG INTERNET

Hệ thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường được sử dụng trong việc giám sát, cảnh báo những sự cố bất thường của phóng xạ đối với môi trường. Dữ liệu quan trắc được thiết bị ghi nhận và điều khiển thông qua mạng internet kết nối với trung tâm điều hành. Với khả năng xử lý theo thời gian thực, tốc độ cao và chính xác, phần mềm tại trung tâm cung cấp một cái nhìn tổng quan về dữ liệu của toàn hệ quan trắc, từ đó đưa ra những cảnh báo kịp thời với những biến động phóng xạ trong môi trường. Thông qua việc thực hiện đề tài cấp nhà nước mã số KC05.16/11-15, nhóm đề tài đã làm chủ được việc điều khiển và ghi nhận dữ liệu qua mạng internet. Thành công này mở ra khả năng làm chủ thiết bị, giải quyết vấn đề nội địa hóa thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ, đồng thời góp phần vào quá trình xây dựng và phát triển mạng lưới quan trắc cảnh báo phóng xạ quốc gia.

### Đặt vấn đề

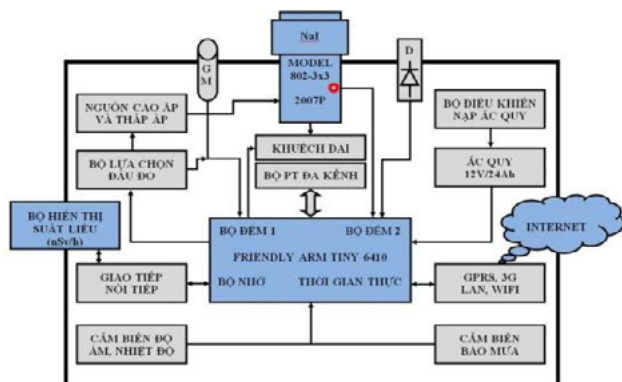
Thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường được xây dựng với mục tiêu là có thể kết nối thành mạng lưới để góp phần vào việc xây dựng mạng quan trắc phóng xạ quốc gia. Do đó, yêu cầu tiên quyết là phải truyền dẫn được dữ liệu qua internet. Việc lựa chọn phương án truyền

dẫn dữ liệu hệ quan trắc qua mạng internet và xây dựng phần mềm điều khiển cho trung tâm điều khiển là khâu quan trọng cuối cùng trong thiết kế chế tạo thiết bị cảnh báo phóng xạ môi trường. Lựa chọn phương án truyền tốt sẽ đảm bảo việc liên kết giữa thiết bị và phần mềm điều khiển tại trung tâm điều hành, tận dụng tối đa cơ sở hạ

tầng mạng tại vị trí lắp đặt, tối giản chi phí duy trì hoạt động, tạo điều kiện thuận lợi trong việc bảo dưỡng thiết bị. Phần mềm điều khiển tại trung tâm có nhiệm vụ điều khiển thu nhận và chỉ thị kết quả toàn hệ quan trắc theo thời gian thực, qua đó mà đưa ra những cảnh báo kịp thời với những biến động phóng xạ trong môi trường.

### Nội dung nghiên cứu

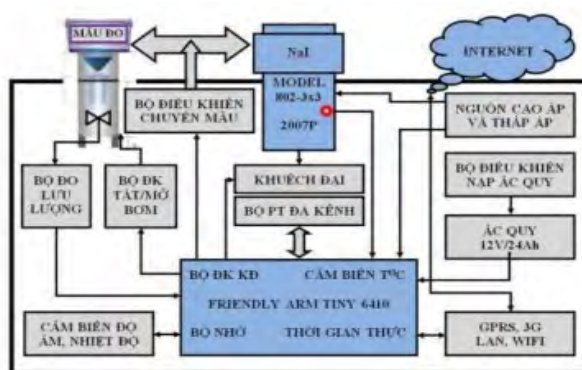
Hệ thiết bị quan trắc phóng xạ môi trường nằm trong đề tài nhà nước mã số KC.05-16/11-15 bao gồm hai thiết bị chính: một là thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường; hai là thiết bị tự động hút bụi khí và đo phổ tự động. Hai thiết bị này đều phục vụ cho mục đích quan trắc phóng xạ, tuy nhiên, thiết bị tự động hút bụi khí và đo phổ tự động được sử dụng chủ yếu khi xảy ra các sự cố liên quan đến hạt nhân, còn thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường hoạt động 24/7 tại vị trí lắp đặt nhằm quan trắc tình hình biến động phóng xạ trong môi trường.



Hình 1: Sơ đồ khối hệ thiết bị quan trắc cảnh báo phóng xạ.

Đối với thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường, khi khởi động, bộ lựa chọn đầu đo sẽ mặc định bật đầu đo GM (hoặc Photodiode nếu thiết bị sử dụng) và tắt đầu đo NaI để kiểm tra ngưỡng suất liều phóng xạ. Nếu giá trị suất liều cao hơn một ngưỡng nào đó được đặt trước, hệ thống vi xử lý sẽ phát cảnh báo và

truyền về trung tâm điều hành. Ngược lại nếu giá trị suất liều thấp hơn ngưỡng đó, đầu đo GM sẽ tắt và bật đầu đo NaI để đo suất liều môi trường, ghi nhận phổ năng lượng, tính toán suất liều và truyền về trung tâm điều hành. Ngoài ra, thiết bị còn ghi nhận các dữ liệu về môi trường từ các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, truyền về trung tâm điều hành. Trong trường hợp mất điện, hệ thống sẽ được nuôi bằng nguồn ắc-quy dự phòng, khi có điện trở lại ắc-quy sẽ tự động được sạc đầy.



Hình 2: Sơ đồ khối thiết bị tự động hút bụi khí và đo phổ tự động.

Về cấu tạo của thiết bị tự động hút bụi khí và đo phổ tự động về cơ bản là giống với thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường, thiết bị này được trang bị thêm động cơ hút và hệ thống chuyển mẫu tự động. Bụi khí được thiết bị hút qua tấm lọc PM10, khi đạt được lượng khí hút đã định trước, thiết bị tự động chuyển tấm lọc qua buồng đo để ghi nhận phổ phóng xạ.

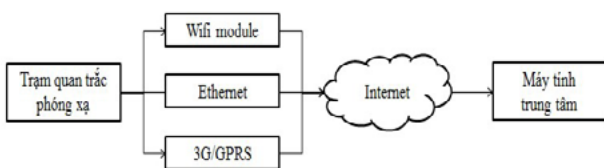
Cả hai hệ thiết bị này đều được nhóm đề tài phát triển trên nền máy tính nhúng LINUX (ARM TINY6410), đây là một hệ thống được tích hợp cả phần cứng và phần mềm để phục vụ cho các bài toán chuyên dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp, tự động hóa điều khiển, quan trắc và truyền thông. Việc kết nối internet tương đối dễ dàng với sự hỗ trợ mặc định trên bo mạch phát triển ARM TINY6410 (ethernet, wifi, GPRS/3G). Do đó, vấn đề chỉ còn là dữ liệu sẽ được truyền



về trung tâm điều hành thông qua hình thức nào.

Hiện tại có rất nhiều phương pháp kết nối và truyền dữ liệu qua mạng internet có thể kể đến như: thuê kênh riêng, mạng riêng ảo, sử dụng IP tĩnh,... Các phương pháp nói trên đều có ưu điểm là tốc độ rất cao nhưng lại phụ thuộc vào hạ tầng mạng kết nối cũng như phải duy trì chi phí hoạt động hàng tháng cho thiết bị. Với mục tiêu vừa đảm bảo tốc độ kết nối, chi phí hợp lý, khả năng hoạt động 24/7, tối giản các bước bảo trì, bảo dưỡng thiết bị, nhóm thực hiện tiến hành nghiên cứu và sử dụng một phương pháp truyền rất đang được ưa chuộng nhất hiện nay, đó là mô hình điện toán đám mây.

Với sự phát triển mạnh mẽ của internet, mô hình điện toán đám mây ngày càng được ưa chuộng, được các doanh nghiệp, tổ chức và người dùng cá nhân sử dụng rất rộng rãi. Thực tế, mô hình này chỉ là một bước tiến trong cách mạng công nghệ thông tin, là mô hình điện toán sử dụng công nghệ máy tính dựa vào sự phát triển của internet. Có thể hiểu đơn giản, mô hình điện toán đám mây chỉ là sự ảo hóa các tài nguyên tính toán và ứng dụng, các dữ liệu có thể lưu trữ và tải về từ nguồn trên internet cũng giống như các trang mạng xã hội trực tuyến: Facebook, Youtube, ...



Hình 3: Mô hình ghép nối internet truyền về trung tâm.

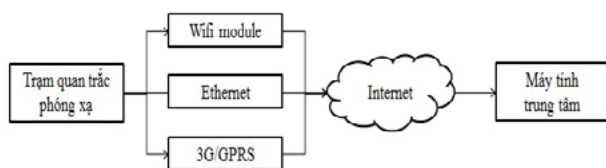
Ưu điểm lớn nhất của việc sử dụng mô hình này so với các phương pháp truyền dẫn thông thường (IP tĩnh, thuê kênh riêng, mạng riêng ảo, ...) là chi phí. Chi phí ở đây là chi phí về thiết bị truyền dẫn đầu cuối, chi phí duy trì và chi phí về bảo dưỡng. Đặc biệt hơn cả, với một số

hãng cung cấp dịch vụ, họ sẽ hoàn toàn miễn phí với một dung lượng nhất định khi lưu trữ trên hệ thống đám mây (Google - 15 GB; Microsoft - 5 GB;...). Qua khảo sát thực tế, hệ thiết bị quan trắc trong một ngày sẽ sử dụng khoảng 10 MB, như vậy, với dung lượng miễn phí lên đến hàng GB, kết hợp với phần mềm điều khiển quản lý dữ liệu tại trung tâm thì con số thiết bị quan trắc có thể ghép nối lên đến hàng trăm thiết bị, đây là một thuận lợi rất lớn trong việc duy trì hoạt động cho hệ.

Thiết kế phần mềm điều khiển: Phần mềm với nhiệm vụ thu thập dữ liệu của hệ quan trắc qua mạng internet, chỉ thị các kết quả theo thời gian thực. Phần mềm được nhóm thiết kế với hai giao diện chính và ba chế độ hoạt động khác nhau. Về giao diện, bao gồm giao diện bản đồ vị trí với nhiệm vụ cung cấp cho người sử dụng thông tin tổng quan về vị trí và giá trị suất liều tức thời của toàn hệ quan trắc; tiếp theo là giao diện về việc chỉ thị kết quả chi tiết cho từng thiết bị cụ thể: phổ phóng xạ, biểu đồ suất liều, biểu đồ nhiệt độ - độ ẩm, kèm theo đó là việc thể hiện các mức cảnh báo phóng xạ. Về chế độ hoạt động, ngoài việc chỉ thị các kết quả theo thời gian thực, phần mềm cũng cung cấp chế độ làm việc ngoại tuyến, nghĩa là chỉ thị lại các kết quả theo thời gian tùy chọn bởi người sử dụng.

Dữ liệu mà hệ quan trắc gửi về là tập hợp các mảng số thực: mảng giá trị suất liều, nhiệt độ, độ ẩm và mảng giá trị phổ năng lượng. Với kinh nghiệm từ trước về chế tạo các thiết bị điện tử hạt nhân, phần mềm điều khiển được nhóm thực hiện trên phần mềm LabVIEW của National Instruments (G) kết hợp với việc sử dụng công cụ Microsoft Visual Studio 2015 (C#). Mỗi phần mềm có thể mạnh riêng, LabVIEW rất đơn giản trong việc thể hiện giao diện đồ thị trực quan, Visual Studio lại hỗ trợ trong việc thể hiện bản đồ phóng xạ. Việc kết hợp hai phần mềm nhằm đơn

giản hóa công việc thiết kế và viết mã chương trình. Dưới đây là mô hình hoạt động của phần mềm điều khiển:



Hình 4: Mô hình hoạt động của phần mềm ERMS KC05.

Chương trình sau khi được khởi động sẽ tiến hành khởi tạo các dữ liệu trong bộ nhớ và tiến hành đọc danh sách thiết bị. Danh sách này do người sử dụng quản lý, có thể thêm hoặc bớt bất kỳ một thiết bị nào nếu không muốn hiển thị. Dữ liệu hệ quan trắc sau đó sẽ được tải vào bộ nhớ chương trình, tiến hành khởi tạo vị trí theo danh sách đã đọc, hiển thị và lưu trữ dữ liệu. Mặc định, khi khởi động, chương trình sẽ nhảy vào giao diện tổng quan chi tiết với bản đồ vị trí. Nếu có lệnh từ người sử dụng, chương trình sẽ nhảy vào giao diện hiển thị kết quả chi tiết hay không. Quá trình này sẽ được lặp lại cho đến khi người sử dụng thoát khỏi chương trình phần mềm.

## Kết quả và thảo luận

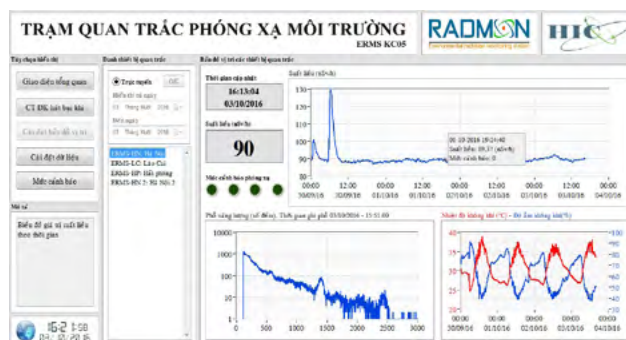
Độ ổn định của phương pháp truyền: Hệ thiết bị quan trắc cảnh báo phóng xạ môi trường bắt đầu hoạt động chính thức từ đầu năm 2016. Trong vận hành, thiết bị đôi khi bị mất kết nối internet do đường truyền, còn việc lưu trữ dữ liệu trực tuyến thì vẫn hoạt động tốt. Theo như cam kết nhà cung cấp dịch vụ lưu trữ trực tuyến thì hệ thống máy chủ hoạt động 24/7 nên việc truyền dữ liệu về trung tâm luôn được đảm bảo. Dưới sự điều phối dữ liệu thông qua phần mềm mà nhóm thực hiện thiết kế, dung lượng lưu trữ trên internet luôn luôn được tối ưu, đảm bảo băng thông truyền tối đa và không mất phí cho việc truyền dữ liệu, đây là một thuận lợi rất lớn trong việc duy trì hoạt động của thiết bị.



Hình 5: Giao diện chính chương trình phần mềm điều khiển.

Phần mềm điều khiển: Hiện tại, hệ máy tính quan trắc kèm phần mềm điều khiển mà nhóm thực hiện thiết kế được đặt tại Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân. Phần mềm gọn nhẹ (~4 MB), tiêu tốn ít tài nguyên máy tính và khả năng tự đồng bộ dữ liệu với thiết bị khi có sự kiện dữ liệu từ hệ quan trắc gửi về. Phần mềm thiết kế hoạt động với các chức năng chính như sau:

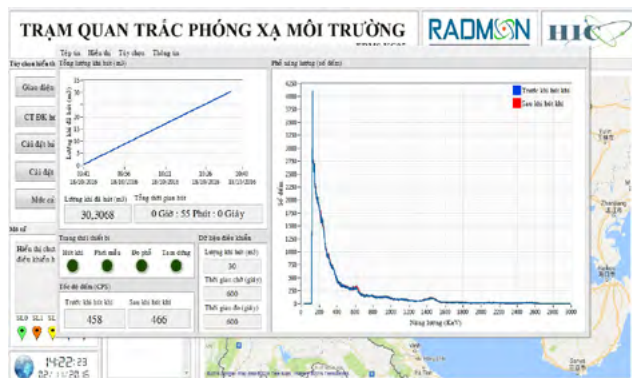
- Điều khiển thu nhận và quản lý số liệu toàn hệ quan trắc,
- Biểu diễn phổ phóng xạ và chỉ thị số liệu toàn hệ,
- Cảnh báo phóng xạ.



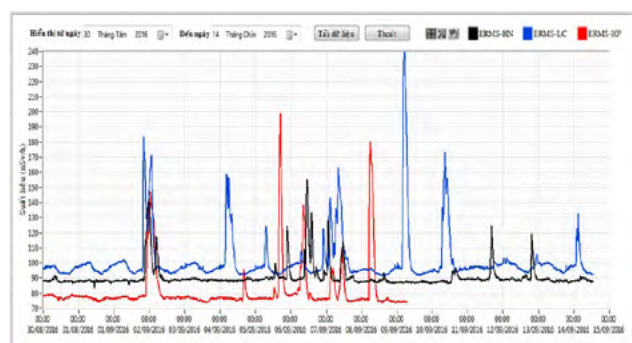
Hình 6: Giao diện chi tiết chương trình phần mềm điều khiển.

Dữ liệu ghi nhận được giữa hai thiết bị ghi nhận được có đáng điệu và kết quả tương đối trùng khớp nhau. Tuy nhiên, tại vị trí xuất hiện đỉnh, do hai thiết bị có cấu tạo khác nhau, thiết bị của Hàn Quốc được làm từ nhựa, còn thiết bị do nhóm thực hiện chế tạo làm từ inox nên mức

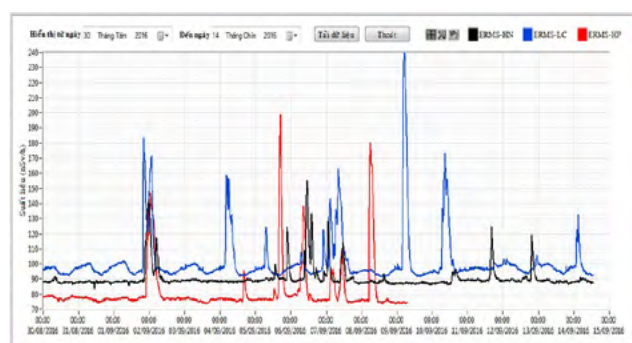
độ suy giảm bức xạ gamma khi đến đầu dò sẽ lớn hơn, nhưng sự chênh lệch này là không đáng kể. Tính chính xác của kết quả mà hệ thiết bị quan trắc do nhóm thực hiện thiết kế, chế tạo hoàn toàn tin tưởng và chấp nhận được.



Hình 7: Giao diện chương trình điều khiển hút bụi khí và đo phổ tự động.



Hình 8: Kết quả ghi nhận suất liều tại ba vị trí: Hà Nội, Lào Cai và Hải Phòng.



Hình 9: Tương quan dữ liệu suất liều của hai thiết bị Việt Nam và Hàn Quốc.

### Kết luận

Với thời gian lưu trữ dữ liệu trên internet như hiện tại, việc sử dụng phương thức truyền dữ liệu thông qua lưu trữ điện toán đám mây, hệ

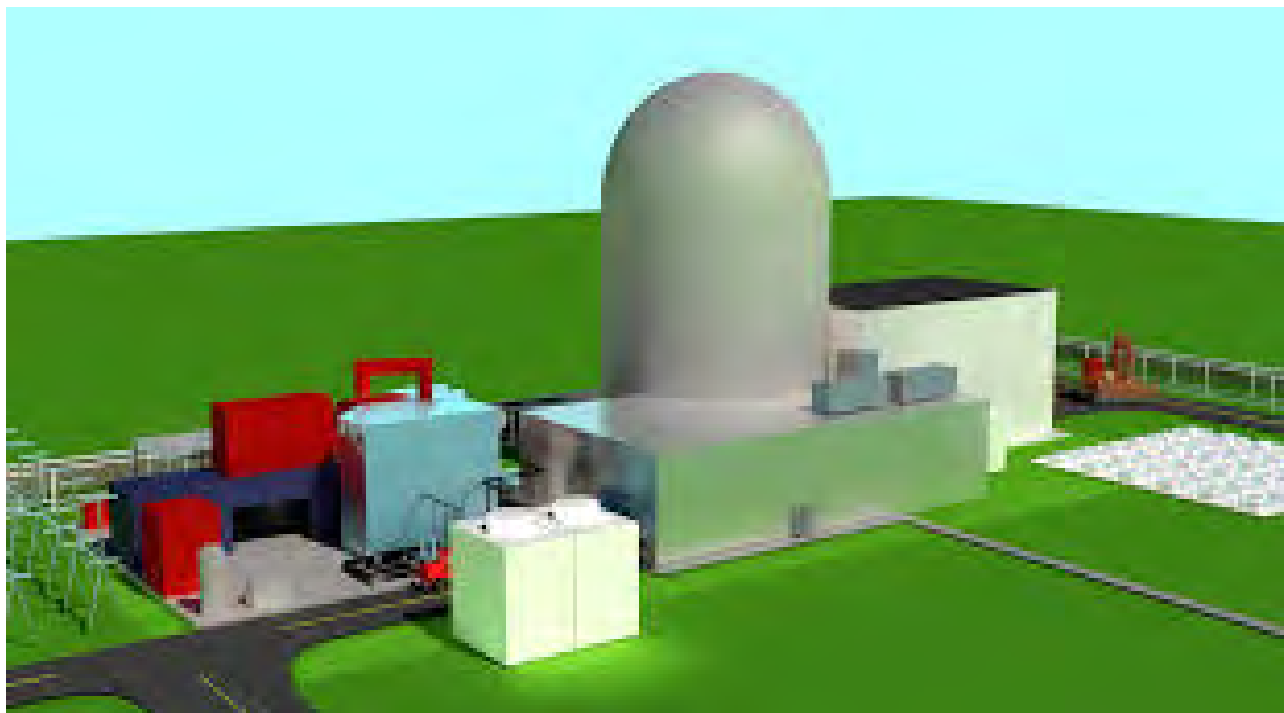
quan trắc có thể ghép nối với hơn 200 thiết bị (~2 GB) mà không mất phí. Số lượng này có thể tăng gấp đôi thông qua việc cài đặt điều khiển thu nhận dữ liệu dưới phần mềm trung tâm.



Hình 10: Một vài hình ảnh triển khai thực tế hệ thiết bị quan trắc cảnh báo phóng xạ.

Với khả năng làm việc theo thời gian thực, phần mềm tại trung tâm điều khiển cung cấp một cái nhìn tổng quan về tình hình biến động phóng xạ trong môi trường. Thiết kế, chế tạo thành công hệ thiết bị mang thương hiệu Việt Nam, mở ra khả năng làm chủ thiết bị, giải quyết vấn đề nội địa hóa thiết bị, góp phần xây dựng mạng lưới quan trắc cảnh báo phóng xạ quốc gia.

**Nguyễn Thanh Hùng và Nguyễn Xuân Vịnh**  
**Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội**



## LÒ CÔNG SUẤT NHỎ KIỂU MODULE - SMR NGUỒN NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG

*Song hành với xu hướng phát triển các loại lò phản ứng công suất lớn là xu hướng phát triển các loại lò công suất nhỏ kiểu module (Small Modular Reactor - SMR) với thiết kế đổi mới. Hiện nay, có 15 nước thành viên của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) đang nghiên cứu phát triển các loại lò công suất nhỏ và trung bình với trên 50 thiết kế khác nhau đang được nghiên cứu phát triển từ thiết kế khái niệm đến thiết kế cơ sở.*

### Hai xu hướng phát triển công nghệ

Hiện nay, các nhà máy điện hạt nhân xây mới chủ yếu sử dụng loại công nghệ lò cải tiến dùng nước làm mát công suất lớn (Advanced Large Water Cooled Reactors). Loại lò này thường được kết hợp giữa công nghệ đã được kiểm chứng với những cải tiến đột phá của các hệ thống an toàn. Kết quả đã cho ra đời nhiều công nghệ lò cải tiến công suất lớn thế hệ 3+ với độ an toàn cao và cạnh tranh tốt về mặt kinh tế [1]. Ví dụ, RosAtom (LB Nga) hiện tại có thể cung cấp các loại lò nước áp lực (PWR) công suất lớn kiểu VVER-1000 AES-92 và VVER-1200 AES-2006. AREVA (Pháp) có công nghệ EPR-1600

hiện đang được xây dựng tại Phần Lan, Pháp và Trung Quốc. Mitsubishi Heavy Industries (MHI - Nhật Bản) có 3 loại: JP-APWR, US-APWR, và EU-APWR thiết kế phù hợp với yêu cầu đặc thù của từng nước, dải công suất từ 1538 MW điện đến 1700 MW điện. Toshiba-Westinghouse (Nhật - Mỹ) có AP-1000 với điểm nhấn là an toàn thụ động. ATMEA là công ty liên doanh giữa AREVA và Mitsubishi Heavy Industries đang giới thiệu với thị trường công nghệ lò ATMEA1 công suất 1100 MW điện. Korea Electric Power Company (KEPCO - Hàn Quốc) thiết kế và xây dựng loại APR-1400. Ngoài ra, còn có các loại lò nước sôi cải tiến như ABWR-1400, ESBWR-1500 của GE - Hitachi (Nhật Bản) và KERENA-1250 của

AREVA... cũng đang được đưa ra thị trường.

Song hành với xu hướng phát triển các loại lò công suất lớn là xu hướng phát triển các loại lò công suất nhỏ kiểu module (Small Modular Reactor - SMR) với thiết kế đổi mới. Hiện nay, có 15 nước thành viên của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) đang nghiên cứu phát triển các loại lò công suất nhỏ và trung bình với trên 50 thiết kế khác nhau đang được nghiên cứu phát triển từ thiết kế khái niệm đến thiết kế cơ sở [2,3,4]. Các loại thiết kế mới này đều tiến tới thỏa mãn các yêu cầu cơ bản của IAEA, đó là: đảm bảo an toàn cao nhất; bảo vệ môi trường cho phát triển bền vững và đảm bảo cạnh tranh kinh tế với các nguồn năng lượng khác [3]. Đồng thời, để thuận lợi cho các nước sử dụng, các loại thiết kế mới còn đảm bảo có chu trình sử dụng nhiên liệu kéo dài nhiều năm (2 năm đến 10 năm) và có thể xây dựng ở nhiều nơi: trên mặt đất; đặt trên các con tàu hoặc đặt dưới lòng đất [4]. Những thiết kế đổi mới này có thể được đưa vào thực tiễn trong giai đoạn từ năm 2015 đến năm 2030. Trên hình 1 biểu diễn khoảng thời gian có thể đưa vào khai thác sử dụng của 2 loại lò công suất nhỏ kiểu module: loại thay nhiên liệu tại chỗ theo phương pháp truyền thống và loại không thay nhiên nhiên liệu tại chỗ.

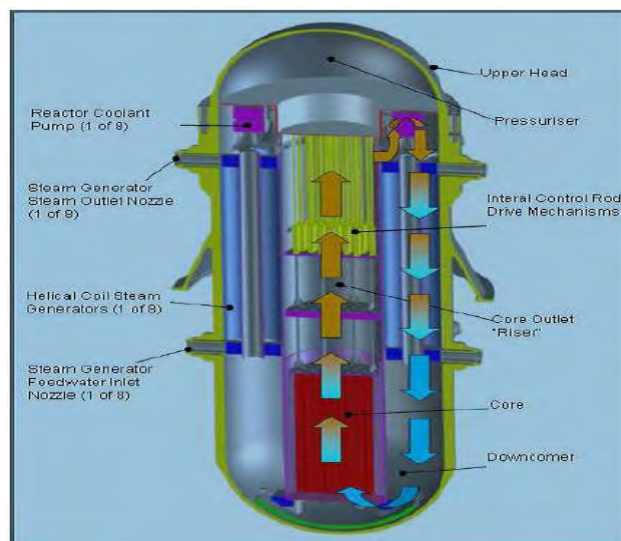


Hình 1. Khoảng thời gian có thể đưa vào khai thác sử dụng của 2 loại lò công suất nhỏ kiểu module - SMR [3,4].

### Triết lý an toàn của lò công suất nhỏ kiểu module - SMR

Triết lý an toàn của lò công suất nhỏ kiểu module - SMR là “an toàn bởi thiết kế” (“safety by design”) với mục tiêu là loại trừ đến mức tối đa có thể các sự kiện khởi phát gây ra sự cố, với phần còn lại sẽ kết hợp một cách hợp lý giữa các hệ thống an toàn chủ động với an toàn thụ động [4,5]. Để đạt được mục tiêu này, các nhà thiết kế sử dụng cách tiếp cận thiết kế tích hợp (integral design).

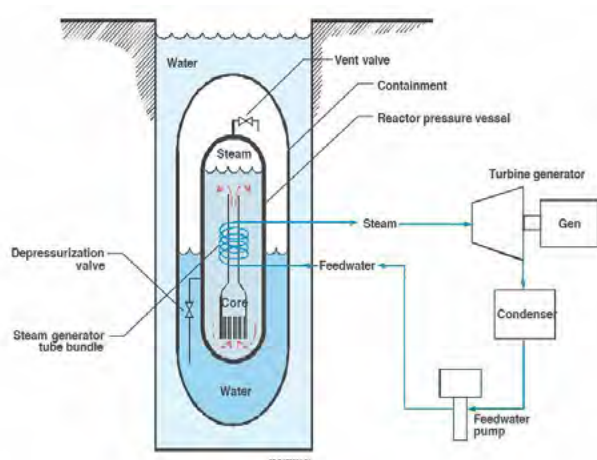
Với thiết kế tích hợp, toàn bộ hệ thống vòng tuần hoàn sơ cấp bao gồm vùng hoạt, thiết bị sinh hơi, thiết bị điều áp và bơm tuần hoàn đều được đặt trong thùng lò phản ứng. Cách tiếp cận này được sử dụng trong thiết kế CAREM-25, SMART, IRIS, Westinghouse SMR, IMR, mPower, NuScale... Trên hình 2 mô tả sơ đồ điển hình của loại lò có thiết kế tích hợp.



Hình 2. Sơ đồ điển hình của loại lò có thiết kế tích hợp [4,5].

Thiết kế tích hợp không cần đến hệ thống ống dẫn tuần hoàn chất tải nhiệt, như vậy, khả năng xảy ra sự cố LOCA lớn (do vỡ ống dẫn tuần hoàn) bị loại trừ, đồng thời làm giảm hậu quả của các loại sự cố LOCA khác (nếu xảy ra), từ đó, làm giảm và đơn giản hóa hệ thống an toàn.

Tất cả các lò SMR có thiết kế tích hợp đều đảm bảo được khả năng tải nhiệt dư sau khi khi dừng lò bằng đối lưu tự nhiên. Một số thiết kế như CAREM-25 (Argentina), ABV-6E (LB Nga), NuScale (Hoa Kỳ), SMR-160 (Hoa Kỳ)... thậm chí còn sử dụng cả đối lưu tự nhiên trong chế độ làm việc có công suất nghĩa là không cần đến bơm tuần hoàn chính. Không có bơm tuần hoàn đã loại trừ được khả năng xảy ra sự cố LOFA (sự cố mất dòng chất tải nhiệt) do hỏng bơm hoặc mất điện cấp cho máy bơm.



Hình 3. Sơ đồ đối lưu tự nhiên đối lưu tự nhiên trong mọi chế độ hoạt động của lò MASLWR [4].

Một số lò SMR thiết kế tích hợp như CAREM-25, IRIS, IMR, mPower... còn đưa cả hệ thống dẫn động thanh điều khiển vào trong thùng lò. Thiết kế như vậy đã loại trừ được khả năng xảy ra sự cố RIA (sự cố tăng bất ngờ độ phản ứng dương do bật thanh điều khiển ra ngoài).

Thiết kế tích hợp với việc đưa thiết bị sinh hơi vào trong thùng lò và áp lực phía trong ống nhỏ hơn áp lực bên ngoài đã loại trừ được khả năng xảy ra sự cố SGTR (sự cố làm vỡ ống trao đổi nhiệt của thiết bị sinh hơi). Sự cố này trong các lò PWR công suất lớn dễ làm thoát xạ ra môi trường.

Như vậy, với thiết kế tích hợp, lò công

suất nhỏ kiểu module - SMR (thuộc dòng nước áp lực - PWR) đã loại trừ được 4 nhóm sự kiện khởi phát cơ bản: RIA, LOFA, LOCA và SGTR. Đây là những nhóm sự kiện khởi phát được sử dụng làm cơ sở thiết kế của các hệ thống an toàn trong các lò PWR công suất lớn. Loại trừ được các nhóm sự kiện khởi phát này làm tăng lên đáng kể mức độ an toàn của lò SMR, đồng thời làm giảm nhẹ mức độ phức tạp trong thiết kế hệ thống an toàn để khống chế những sự kiện khởi phát còn lại.

Theo kết quả tính toán phân tích an toàn, lò công suất nhỏ kiểu module - SMR có xác suất nóng chảy vùng hoạt CDF rất thấp ( $10^{-6}$  -  $10^{-8}$ ) nghĩa là ngang bằng hoặc nhỏ hơn một bậc so với lò PWR công suất lớn tốt nhất hiện nay. Xác suất phát xạ lớn LERF thường là nhỏ hơn CFD 10 lần.

### Khả năng cạnh tranh kinh tế của lò SMR

Hiện nay, các chuyên gia đã công bố một số công trình chuyên đề cập tới khả năng cạnh tranh kinh tế của lò SMR. Trong [6], tác giả đã phân tích 4 mô hình thị trường điện tại khu vực châu Âu. Kết quả tính toán có tính tới thuế carbon cho thấy, lò SMR có thể cạnh tranh được trong thị trường điện tương lai nếu chi phí đầu tư được kiểm soát và nguồn tài chính có thể thu xếp được. Trong [7], các tác giả đã phân tích toàn diện tính kinh tế của lò SMR so với lò công suất lớn cũng như các dạng năng lượng khác với việc chi tiết hóa các thành phần của vốn đầu tư. Các tác giả đã kết luận rằng, lò SMR là lĩnh vực công nghiệp quan trọng của Hoa Kỳ và sẽ đưa Hoa Kỳ trở lại vai trò dẫn đầu trong lĩnh vực công nghệ lò phản ứng, đặc biệt là nâng cao vai trò dẫn đầu thế giới trong an toàn hạt nhân, an ninh hạt nhân, không phổ biến vũ khí hạt nhân và xử lý chất thải phóng xạ. Trong [8,9,10], các tác giả cũng đã phân tích một cách toàn diện tính kinh tế của lò SMR so với lò công suất lớn cũng như các dạng năng lượng khác.

Trên cơ sở các kết quả tính toán, các tác giả đã kết luận:

- Lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ kiểu module - SMR thông thường có chi phí sản xuất điện năng quy dẫn - LUEC cao hơn so với loại lò công suất lớn.

- Một số loại lò công suất nhỏ kiểu module - SMR có thể cạnh tranh được với các nguồn năng lượng khác, đặc biệt là so với năng lượng tái tạo như điện gió, điện mặt trời.

- Lò công suất nhỏ kiểu module - SMR sẽ trở nên cạnh tranh hơn nếu tính cả thuế carbon trong chi phí sản xuất điện.

- Lò công suất nhỏ kiểu module - SMR có tính cạnh tranh cao đối với các vùng xa xôi, hẻo lánh, vùng đảo biển, nơi lưới điện quốc gia không thể kết nối được.

### **Bài toán SMR cho Việt Nam**

Với những ưu thế vượt trội về mặt an toàn và khả năng cạnh tranh về mặt kinh tế, lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ kiểu module - SMR đang được xem xét như một lựa chọn khôn ngoan trong chiến lược phát triển năng lượng bền vững của nhiều nước trên thế giới, trong đó có các nước khu vực ASEAN [11].

Hiện tại, việc cung cấp năng lượng cho các vùng biển đảo của các quốc gia có nhiều lựa chọn khác nhau tùy thuộc vào năng lực kỹ thuật và điều kiện cụ thể của từng nước, đó là cấp điện bằng cáp ngầm (nếu gần đất liền), cấp điện bằng máy phát diesel hoặc bằng nguồn năng lượng tái tạo như điện gió, điện mặt trời... Trong tương lai không xa, một số quốc gia như Nga, Mỹ, Nhật, Trung Quốc, Hàn Quốc... thậm chí là cả Ấn Độ sẽ dùng năng lượng hạt nhân với lò công suất nhỏ kiểu module - SMR để cung cấp năng lượng cho các vùng biển đảo.

Việt Nam là quốc gia biển với hàng nghìn

hòn đảo lớn nhỏ và một vùng rộng lớn lãnh hải thuộc đặc quyền kinh tế. Diện tích phần lãnh hải lớn hơn rất nhiều so với phần diện tích đất liền. Do đó, cần phải nhận thức được và có tư duy chiến lược rằng, đây là một không gian sinh tồn quan trọng của cả dân tộc. Với nhận thức và tư duy đó, việc đảm bảo cung cấp nguồn năng lượng bền vững cho phát triển kinh tế - xã hội tại các hòn đảo và về lâu dài, việc đảm bảo cung cấp nguồn năng lượng bền vững cho các đoàn tàu thuyền khai thác kinh tế ngoài khơi là một nhiệm vụ chiến lược quan trọng quốc gia./.

**Lê Văn Hồng**

**Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam**

### **Tài liệu tham khảo**

1. Advanced Large Water Cooled Reactors. A supplement to the IAEA's Advanced Reactor Information System (ARIS), IAEA 2015.
2. IAEA-TECDOC-1451 "Innovative small and medium sized reactors: Design features, safety approaches and R&D trends", Austria, May 2005.
3. IAEA-TECDOC-1485 "Status of innovative small and medium sized reactor designs With conventional refuelling schemes", Austria, March 2006.
4. IAEA-TECDOC-1536 "Status of Small Reactor Designs Without On-Site Refuelling", Austria, January 2007.
5. Iraj Mahmoudzadeh Kani, Mehdi Zandieh, Saeed Kheirollahi HosseinAbadi "Design Characteristics for Pressurized Water Small Modular Nuclear Power Plants with Focus on Safety Aspects", International Journal of Review in Life Sciences ISSN 2231-2935,

Research Article.

6. David Shropshire, “Economic viability of small to medium-sized reactors deployed in future European energy markets”. *Progress in Nuclear Energy* 53 (2011), 299-307.

7. Robert Rosner and Stephen Goldberg, “Small Modular Reactors – Key to Future Nuclear Power Generation in the U.S. Energy Policy Institute at Chicago. The Harris School of Public Policy Studies. Technical Paper, Revision 1, November, 2011.

8. Giorgio Locatelli, Chris Bingham, Mauro Mancini, “Small modular reactors: A comprehensive overview of their economics and strategic aspects”. *Progress in Nuclear Energy* 73 (2014) 75-85.

9. Mark Cooper, “Small modular reactors and the future of nuclear power in the United States”. *Energy Research & Social Science* 3 (2014) 161–177.

10. Current Status, Technical Feasibility and Economic of Small Nuclear Reactors, Nuclear Energy Agency, June 2011.

11. Victor Niana, John Baulya, “Nuclear Power Developments: Could Small Modular Reactor Power Plants be a “Game Changer”? – The ASEAN Perspective”. The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014.



# TIN TRONG NƯỚC VÀ QUỐC TẾ

## HỘI THẢO “CÔNG NGHỆ BỨC XẠ VÀ CÁC ỨNG DỤNG” TẠI DAEJEON, HÀN QUỐC

Hội thảo “Công nghệ bức xạ và các ứng dụng” được tổ chức tại Trung tâm đào tạo - Viện Nghiên cứu năng lượng nguyên tử Hàn Quốc - KAERI từ ngày 10/10 đến 21/10/2016 tại thành phố Daejeon, Hàn Quốc trên tinh thần chia sẻ và hợp tác giữa các nước trong lĩnh vực ứng dụng công nghệ bức xạ.

Hội thảo có sự tham gia của 15 thành viên đến từ 13 quốc gia bao gồm: Bangladesh (1), Trung Quốc (1), Indonesia (1), Lào (2), Malaysia (1), Mongolia (1), Myanmar (1), Nepal (1), Pakistan (1), Philipines (1), Sri Lanka (1), Thái Lan (2) và Việt Nam (1).

Các thành viên tham dự đã có cơ hội tìm hiểu về công nghệ bức xạ, ứng dụng công nghệ bức xạ trong các lĩnh vực: công nghiệp, nông nghiệp, sinh học, y học và vật liệu học, ... cũng như tình hình phát triển công nghệ bức xạ của Hàn Quốc từ những năm 1959 đến thời điểm hiện tại. Bên cạnh đó, Hàn Quốc còn cho thấy các quy tắc an toàn an ninh, kiểm soát phóng xạ cũng đã được quan tâm đúng mức, qua đó thể hiện vai trò của một quốc gia lớn mạnh về công nghệ bức xạ.

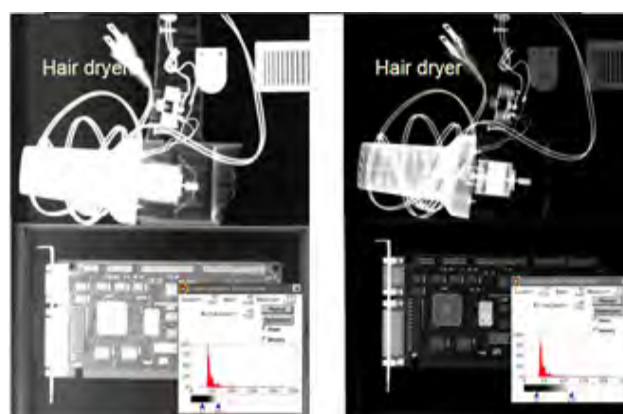
Cùng với sự phát triển của các ngành công nghệ khác, công nghệ bức xạ được Hàn Quốc đầu tư và đưa vào chiến lược của mình nhằm nâng cao chất lượng cuộc sống trong các lĩnh vực chăm sóc

sức khỏe, cải tiến chất lượng nông nghiệp, trong quy trình kiểm định, công nghệ cao, công nghiệp, xử lý môi trường, ...

### 1. Ứng dụng trong công nghiệp, kiểm định công nghiệp và công nghệ cao

Công nghệ bức xạ được ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu như tăng cường sức chịu lực, chịu nhiệt, độ nhớt của vật liệu; Nghiên cứu vật liệu polymer vật liệu composite, công nghệ xử lý bề mặt ...

Với khả năng truyền qua mà không làm thay đổi nhiều đến đặc tính của đối tượng khảo sát, công nghệ bức xạ ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực chuẩn đoán trong y khoa, soi đối tượng, kiểm tra không phá hủy (NDT) mà chất lượng càng ngày càng được cải thiện rõ rệt.



Hình 1: Ứng dụng NDT và NDT cải tiến

Trong lĩnh vực công nghệ cao, neutron nhanh được áp dụng để tăng cường hiệu suất cho các thiết bị sản sinh năng lượng, tái sinh năng lượng và các công nghệ liên quan đến IGBT.

## 2. Ứng dụng trong nông nghiệp

Để tăng hiệu suất của các giống cây trồng và tạo giống mới, công nghệ bức xạ được áp dụng để tạo các đột biến có lợi như: tăng khả năng chống côn trùng, tạo giống cao sản, đột biến màu sắc cho hoa, ... và đặc biệt từ những năm trở lại đây, Hàn Quốc đã nghiên cứu chiếu xạ proton để cải tiến giống cây trồng và bước đầu thu được nhiều kết quả khả quan (ARTI).



Hình 2: Tạo các giống hoa cúc mới bằng công nghệ bức xạ tại ARTI

Ngoài ra, công nghệ chiếu xạ cũng được áp dụng để xử lý sản phẩm sau thu hoạch như làm chậm quá trình chín, chống nảy mầm, xử lý thanh trùng...

## 3. Xử lý môi trường

Bức xạ electron được dùng để phân hủy PCBs có trong dầu biến thế, xử lý bùn thải kết hợp với sao biển để tạo phân sử dụng lại cho nông nghiệp, một phần giảm tác động đến môi trường và tạo sản phẩm hữu ích.



Hình 3: Hình ảnh xử lý dầu cao thế của ARTI

Để tăng tính cơ động trong quá trình xử lý nước thải tại các các nhà máy, Viện ARTI

(KAERI) đã phát triển các xe lưu động để xử lý chất kháng sinh, chất gây rối loạn tiết tố, kiểm soát các dạng vi sinh Coli, tảo và các độc tính có trong nước thải bằng chùm tia điện tử.



Hình 4: Xe lưu động xử lý nước thải bằng chùm điện tử

## 4. Chẩn đoán và điều trị trong y học

Ngày nay, công nghệ bức xạ đã phát triển mạnh trong lĩnh vực chẩn đoán và điều trị y học nói chung; Tại Hàn Quốc, Viện NNC và KIRAM là những trung tâm áp dụng công nghệ bức xạ trong điều trị ung thư hàng đầu của thế giới. Các công nghệ chuẩn đoán và kỹ thuật chuẩn đoán tiên tiến nhất được đưa vào áp dụng, các thiết bị chuẩn đoán, điều trị hiện đại được trang bị nhằm cung cấp dịch vụ tốt nhất cho bệnh nhân như cyclotron, cyberknife, PET, CT,... và đặc biệt là phương pháp trị liệu bằng các hạt nặng như proton, carbon,... cũng đã được áp dụng rộng rãi.

**Cao Văn Chung**

**Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai công nghệ bức xạ**

## KHAI GIẢNG KHÓA BỒI DƯỠNG CƠ SỞ VỀ KỸ THUẬT HẠT NHÂN CHO CÁN BỘ TRẺ

Ngày 07/11/2016, Trung tâm Đào tạo hạt nhân (Viện NLNTVN) đã khai giảng “Khóa bồi dưỡng cơ sở về kỹ thuật hạt nhân cho cán bộ trẻ, cán bộ mới tuyển dụng” của Viện NLNTVN tại hội trường 140 Nguyễn Tuân, Hà Nội.

Đến dự khai giảng có TS. Nguyễn Hào Quang, Phó Viện trưởng Viện NLNTVN, bà Nguyễn Thị Thu Trang, Phó Cục trưởng Cục Năng lượng nguyên tử, Lãnh đạo Trung tâm Đào tạo hạt nhân, Lãnh đạo 1 số đơn vị trực thuộc Viện NLNTVN. Học viên tham gia gồm 40 cán bộ nghiên cứu đến từ Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân; Viện Công nghệ xạ hiếm; Viện NCHN Đà Lạt; Trung tâm Ứng dụng Kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp; Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội; Trung tâm NDE; Trung tâm Đào tạo hạt nhân và Cục An toàn bức xạ và hạt nhân. Giảng viên của khóa bồi dưỡng là các cán bộ của Viện NLNTVN và Viện Vật lý - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.



*Các đại biểu và học viên chụp ảnh kỷ niệm*

Chương trình khóa học năm nay kéo dài trong khoảng 02 tháng bao gồm các môn học: cơ sở vật lý hạt nhân; vật lý lò phản ứng; công nghệ

nhà máy điện hạt nhân; cơ sở về an toàn bức xạ; cơ sở hóa phóng xạ; đồng vị phóng xạ; các phương pháp phân tích dụng cụ; kỹ thuật phân tích hạt nhân; chu trình nhiên liệu và xử lý thải phóng xạ; kỹ thuật máy gia tốc, máy X-quang; ghi đo bức xạ và xử lý số liệu thực nghiệm. Trong khóa đào tạo này có chương trình thực tập, tham quan cho các học viên tại các cơ sở của Viện NLNTVN.

Trong khóa học, học viên phải viết các chuyên đề về: Lò phản ứng; Hóa phân tích; Xử lý thải xạ và Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong kinh tế. Cũng trong thời gian này tại Trung tâm Đào tạo cũng tổ chức một khóa học chuyên sâu nhằm cho nhóm chuyên môn với chủ đề “Phương pháp tính số trong cơ học chất lỏng”.

Phát biểu tại lễ khai giảng, TS. Nguyễn Hào Quang nhấn mạnh về học viên tham dự khóa bồi dưỡng năm nay tuy là cán bộ mới tuyển dụng vào làm việc tại Viện NLNTVN và Cục ATBX & HN nhưng cũng đã có thời gian công tác và kinh nghiệm trong lĩnh vực năng lượng nguyên tử thuộc các chuyên ngành hẹp của Viện. Thông qua khóa học, học viên có cơ hội làm quen các giảng viên – những người có kinh nghiệm lâu năm trong ngành, truyền đạt các kiến thức cơ bản về kỹ thuật hạt nhân, hoá phóng xạ .... Có thể những kiến thức này không nằm trong lĩnh vực hẹp của học viên hoặc học viên đã thành thạo lĩnh vực chuyên môn mà khóa học đề cập tới, song việc trao đổi với các giảng viên để củng cố, hệ thống lại kiến thức đã biết, đồng thời nắm bắt được các hướng chuyên môn khác là rất cần thiết.

Về phía Cục NLNT, Phó Cục trưởng Nguyễn Thị Thu Trang phát biểu chia sẻ chặng đường đầy khó khăn mà 3 đơn vị: Cục NLNT, Viện NLNTVN, Cục ATBX phối hợp triển khai kế hoạch đào tạo nhân lực năng lượng nguyên tử của Bộ Khoa học và Công nghệ. Bà nhấn mạnh rằng, Cục NLNT luôn sẵn sàng và có trách nhiệm

hướng dẫn, trao đổi cụ thể với Viện để cùng nhau giải quyết, hỗ trợ thật tốt cho các khóa bồi dưỡng. Bên cạnh đó, cũng không thể đòi hỏi sự hoàn hảo mà sau mỗi khóa học, mới có thể đúc rút kinh nghiệm để thay đổi, điều chỉnh, để thiết kế gần với thực tiễn hơn, đáp ứng được những mong mỏi của các cán bộ trong lĩnh vực có nhiều đặc thù và đòi hỏi chuyên môn cao.

Khép lại buổi lễ, TS. Phạm Ngọc Đồng thay mặt Ban tổ chức lớp học gửi lời cảm ơn đến các lãnh đạo các cơ quan, đơn vị, các giảng viên tham gia giảng dạy cùng lời chúc sức khỏe và thành công tới toàn thể học viên.

*Phạm Thị Thu Trang*

*Trung tâm Đào tạo hạt nhân*

## LỄ TỐT NGHIỆP

### VÀ TRAO BẰNG TIẾN SĨ NĂM 2016

Ngày 31/10/2016, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam (NLNTVN) đã tổ chức “Lễ tốt nghiệp và trao bằng tiến sĩ” cho các nghiên cứu sinh tại Viện Nghiên cứu hạt nhân (Đà Lạt).

Tham dự buổi lễ có TS. Phan Sơn Hải - Viện trưởng và TS. Nguyễn Trọng Ngọ - Phó Viện trưởng Viện Nghiên cứu hạt nhân; ThS. Nguyễn Mạnh Hùng - Phó Giám đốc Trung tâm Đào tạo hạt nhân; PGS. TS Nguyễn Mộng Sinh - Liên hiệp các hội Khoa học và Công nghệ tỉnh Lâm Đồng; PGS. TS Phạm Đức Khuê - Viện Vật lý; ông Trần Thanh Hoài - Phó Giám đốc Sở Nội vụ tỉnh Lâm Đồng; ông Lê Bá Lộc - Phó Hiệu trưởng Trường Cao đẳng nghề Đà Lạt; tập thể giáo viên hướng dẫn, cán bộ Trung tâm đào tạo, bạn bè và người thân của các tân tiến sĩ. Các tiến sĩ được trao bằng đợt này gồm:

1. Trần Tuấn Anh, Viện Nghiên cứu hạt nhân, với đề tài: Nghiên cứu phát triển các ứng dụng chùm neutron phin lọc ở lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt.

2. Phùng Thị Thu Hà với đề tài: Nghiên cứu cấu trúc pha trong một số mô hình vật lý không lục hồi đối xứng Chiral.

3. Nguyễn Văn Hải, Trường Cao đẳng nghề Đà Lạt, với đề tài: Nghiên cứu ứng dụng chương trình MCNP và kỹ thuật hạt nhân liên quan để định liều, tính toán che chắn và đảm bảo an toàn bức xạ cho các cơ sở y tế có sử dụng máy gia tốc điện từ.

4. Phạm Ngọc Sơn, Viện Nghiên cứu hạt nhân, với đề tài: Nghiên cứu xác định số liệu tiết diện bắt bức xạ neutron bằng phin lọc neutron.

Phát biểu khai mạc, ông Nguyễn Mạnh Hùng, Phó Giám đốc Trung tâm Đào tạo hạt nhân đã tổng kết sơ bộ kết quả hợp tác về đào tạo giữa Viện NLNTVN với các trường đại học trong cả nước cũng như đào tạo nghiên cứu sinh trong năm 2016. Ông chúc mừng các nghiên cứu sinh được công nhận học vị tiến sĩ và nhận bằng tiến sĩ lần này, và tin tưởng với những kiến thức, kỹ năng được trang bị trong quá trình học tập, nghiên cứu, các tân tiến sĩ sẽ phát huy những thế mạnh của mình để cống hiến cho nền khoa học công nghệ và sự nghiệp giáo dục của nước nhà.

Trong không khí hân hoan, các tân tiến sĩ đã vinh dự được TS. Phan Sơn Hải - đại diện cho Viện NCHN - trao bằng và tặng hoa. TS. Phan Sơn Hải đã chúc mừng sự thành công của các tân tiến sĩ và ghi nhận sự nỗ lực hết mình trong học tập cũng như nghiên cứu của các tân tiến sĩ trong thời gian qua. Ông khẳng định học vị tiến sĩ là học vị cao quý trong hệ thống giáo dục nhà nước, là dấu mốc quan trọng trong sự nghiệp nghiên cứu của mỗi người và ông cũng hy vọng các tân tiến sĩ sẽ tiếp tục học tập, nghiên cứu để cống

hiện hơn nữa cho sự nghiệp khoa học và công nghệ của đất nước.

Tại buổi lễ các tân tiến sĩ đã được vinh dự giao lưu cùng với PGS. TS Nguyễn Mộng Sinh và được nghe ông chia sẻ về những khó khăn, vất vả mà những người làm nghiên cứu khoa học phải vượt qua cùng với niềm hạnh phúc khi những kết quả nghiên cứu đã thu “trái ngọt” góp phần vào sự nghiệp phát triển khoa học và công nghệ của đất nước.

Các tân tiến sĩ đã bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới các Giáo sư, Tiến sĩ, các thầy cô giáo và các cấp lãnh đạo Viện NLNTVN, Viện Nghiên cứu hạt nhân, Trung tâm Đào tạo hạt nhân; Ban Giám hiệu các trường đại học cùng gia đình và đồng nghiệp đã đồng hành, giúp đỡ và chia sẻ những khó khăn, vất vả trong quá trình học tập và nghiên cứu. Các tân tiến sĩ cũng xin hứa sẽ đem những kiến thức, kinh nghiệm đã tích lũy để truyền đạt cho các cán bộ kế cận và sẽ không ngừng học hỏi, nghiên cứu để đóng góp cho hoạt động nghiên cứu khoa học.

*Nguyễn Thúy Hằng*

*Trung tâm Đào tạo hạt nhân*

### **TRUNG TÂM ĐÁNH GIÁ KHÔNG PHÁ HỦY TIẾP ĐOÀN CHUYÊN GIA IAEA VỀ QUẢN LÝ NGUỒN PHÓNG XẠ KÍN ĐÃ QUA SỬ DỤNG TRONG KHUÔN KHỔ CHƯƠNG TRÌNH RAS/9/085**

Trong khuôn khổ chương trình hợp tác RAS/9/085 về “Tăng cường cơ sở hạ tầng quản lý chất thải phóng xạ trong khu vực Châu Á - Thái Bình Dương” (Enhancing the Radioactive Waste Management Infrastructure in the Asia - Pacific Region), Cục An toàn bức xạ và hạt nhân (VARANS) và Trung tâm Đánh giá không

phá hủy (NDE) đã tổ chức tuần làm việc từ 07-11/11/2016 với đoàn chuyên gia đến từ IAEA.

Đoàn chuyên gia IAEA gồm có ông Benitez Navarro Juan Carlos, bà Ya-anat Nanthavan và ông Maleki Farsani Ali. Phía Việt Nam gồm có ông Lê Quang Hiệp - Phó cục trưởng Cục an toàn bức xạ và hạt nhân - điều phối viên chương trình, ông Đinh Chí Hưng - Phó giám đốc Trung tâm NDE, ông Nguyễn Hữu Quyết - Phó viện trưởng Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân, cùng các chuyên gia cán bộ đến từ Cục An toàn bức xạ và hạt nhân, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân và các cán bộ của Trung tâm NDE.

Mục đích làm việc của đoàn chuyên gia IAEA tại Việt Nam lần này là tìm hiểu về tình trạng nguồn phóng xạ kín đã qua sử dụng tại Việt Nam, qua đó tư vấn kế hoạch thu hồi/quản lý và đào tạo và hướng dẫn minh họa phương pháp điều kiện hóa nguồn phóng xạ kín đã qua sử dụng thuộc nhóm 3-5.

Trong một tuần làm việc, đoàn chuyên gia đã khảo sát hai kho lưu giữ nguồn phóng xạ tại Hà Nội là kho nguồn của Trung tâm NDE và Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân. Dựa trên kết quả khảo sát, đoàn chuyên gia đã tư vấn phương án quản lý và thu hồi 207 nguồn tại phóng xạ đã qua sử dụng tại hơn 70 cơ sở trên khắp cả nước.

Các cán bộ tham gia tuần làm việc cũng được trang bị tăng cường kiến thức về cơ sở hạ tầng quản lý chất thải phóng xạ. Song song với đào tạo lý thuyết, các cán bộ tham gia cũng được tham gia thực hành công tác chuẩn bị điều kiện hóa nguồn phóng xạ cũng như tháo dỡ và điều kiện hóa nguồn phóng xạ đã qua sử dụng bao gồm nguồn gamma và nguồn neutron. Quá trình thực hành diễn ra tại kho lưu trữ nguồn phóng xạ của Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân với sự tham gia và hỗ trợ tích cực của các cán bộ của Viện.

Trong quá trình làm việc, đoàn chuyên gia và các cán bộ tham gia phía Việt Nam đã thảo luận thẳng thắn và cởi mở nhiều khía cạnh cụ thể của công tác quản lý/thu hồi và điều kiện hóa để lưu giữ nguồn phóng xạ đã qua sử dụng cũng như về bước tiếp theo trong khuôn khổ chương trình RAS/9/085.



*Thảo luận giữa các chuyên gia IAEA và các cán bộ chuyên gia Việt Nam.*



*Các chuyên gia IAEA và các cán bộ NDE đo đạc khảo sát khối che chắn bằng Uranium nghèo.*

Kết thúc tuần làm việc, trưởng đoàn chuyên gia IAEA là ông Benitez Navarro Juan Carlos đánh giá cao kết quả đã thu được trong tuần làm việc vừa qua và gửi lời cảm ơn đến ban tổ chức là Trung tâm NDE. Ông Đinh Chí Hưng, thay mặt ban tổ chức đã gửi lời cảm ơn đến các chuyên gia của IAEA và mong muốn các chuyên gia sớm trở lại hỗ trợ Việt Nam điều kiện hóa các nguồn phóng xạ sẽ thu gom theo kế hoạch.

### **Trung tâm Đánh giá không phá hủy**

## **SEMINA ĐỊNH KỲ HÀNG TUẦN CỦA VIỆN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT HẠT NHÂN**

Vào thứ Năm hàng tuần, Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân đều tổ chức hội thảo chuyên môn liên quan đến các lĩnh vực mà Viện đang triển khai thực hiện. Buổi sinh hoạt khoa học thường kỳ vừa qua có 4 báo cáo, trong đó có 3 báo cáo của các nghiên cứu viên đến từ Trung tâm Năng lượng hạt nhân và một báo cáo thuộc Trung tâm Vật lý hạt nhân.

Báo cáo “Nghiên cứu tính toán cháy vùng hoạt lò phản ứng VVER-1000 trong điều kiện boron tới hạn” trình bày kết quả tính toán cháy vùng hoạt lò phản ứng VVER-1000 khi nồng độ Boron trong chất làm chậm được thay đổi để lò phản ứng luôn đạt trạng thái tới hạn. Các tính toán được thực hiện bằng chương trình SRAC với 2 modul là PIJ và COREBN. Một chương trình con được xây dựng để thực hiện vòng lặp hiệu chỉnh nồng độ Boron sao cho lò phản ứng đạt tới hạn ở mọi bước cháy. Kết quả thu được gồm hệ số nhân hiệu dụng, phân bố công suất, phân bố độ sâu cháy ở cuối chu trình, thời gian vận hành của lò phản ứng và nồng độ boron tới hạn trong quá trình cháy. Các kết quả này được so sánh với các trường hợp tính cháy khi không hiệu chỉnh nồng độ boron tới hạn để hiểu rõ hơn ảnh hưởng của nồng độ boron tới các đặc trưng vật lý của lò trong quá trình vận hành.

Báo cáo “Xây dựng cấu hình nạp tải vùng hoạt cho lò phản ứng VVER-1200/V491” giới thiệu phương pháp xây dựng cấu hình nạp tải vùng hoạt lò phản ứng VVER-1200/V491. Dựa trên thông số vật lý của các loại bó nhiên liệu, cấu hình nạp tải vùng hoạt được thiết lập bằng hai cách: (1) suy luận từ cấu hình vùng hoạt của lò phản ứng VVER-1000/V392 và (2) xây dựng từ chương trình tính toán tối ưu vùng hoạt LPO-V. Cuối cùng, các thông số vật lý và an toàn cho

vùng hoạt lò phản ứng như: Hệ số nhân neutron hiệu dụng, phân bố công suất, hệ số neutron trễ hiệu dụng, hệ số phản hồi độ phản ứng theo nhiệt độ nhiên liệu và chất làm chậm được tính toán và kiểm nghiệm bằng chương trình SRAC.



hạt nhân được xây dựng dựa trên mẫu folding sử dụng tương tác nucleon-nucleon hiệu dụng G-matrix. Thế folding được đưa vào nghiên cứu tán xạ đàn hồi proton lên các bia khác nhau tại năng lượng 65 MeV. Kết quả của tiết diện tán xạ đàn hồi theo phân bố góc và độ phân cực sử dụng tương tác G-matrix được so sánh với các kết quả sử dụng tương tác JLM.

### *Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân*

Báo cáo “Development of an MCNP5-ORIGEN2 Coupling Scheme for Burnup Calculation of VVER-1000 Fuel Assemblies”:  
Mục đích của bài báo là phát triển một chương trình tính toán cháy kết hợp giữa MCNP5 và ORIGEN2. Cụ thể, chương trình tính toán Monte Carlo (MCNP5) và chương trình tính toán cháy (ORIGEN2) được kết hợp với nhau bằng vòng lặp dựa trên ngôn ngữ lập trình PERL. Bài toán chuẩn tính cháy cho bó nhiên liệu độ giàu thấp lò VVER-1000 được dùng để kiểm tra mô hình và tính ứng dụng của chương trình kết hợp MCNP5 và ORIGEN2. Kết quả tính toán giá trị  $k_{\text{inf}}$  có độ phù hợp tốt với kết quả được đưa ra trong bài toán chuẩn, với sai số nhỏ hơn 600 pcm. Ngoài ra, mật độ các đồng vị ở bước cháy cuối cùng 40 MWd/kgHM cũng được so sánh với bài toán chuẩn với sai số nhỏ hơn 6.5%. Chương trình tính toán kết hợp cũng đã xem xét tới hiệu ứng che chắn của thanh nhiên liệu chứa Gadolinium và tính toán khá chính xác sự cháy của các đồng vị như một hàm phân bố theo bán kính thanh nhiên liệu.

Báo cáo đến từ Trung tâm Vật lý hạt nhân có tựa đề “Sử dụng mẫu folding xác định thế quang học phi định xứ trong nghiên cứu tán xạ nucleon-hạt nhân”. Thế quang học nucleon-

**THỨ TRƯỞNG BỘ KHCN TRẦN VIỆT THANH  
THĂM GIAN TRƯNG BÀY CỦA VIỆN NLNTVN  
TẠI CHỢ CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ BIOTECHMART 2016**



**LỄ CẮT BĂNG KHAI MẠC CHỢ CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ  
CHUYÊN NGÀNH SINH HỌC BIOTECHMART 2016**

