# LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN CÔNG SUẤT NHỎ KHÔNG PHẢI THAY NHIÊN LIỆU TẠI CHỖ

**ĐÀM XUÂN HIỆP, HÀ VĂN THÔNG, ĐỖ THỊ NGUYỆT MINH**
*Trường Đại học Điện lực*

**Sau sự cố xảy ra đối với một số nhà máy điện hạt nhân, các nhà khoa học công nghệ hạt nhân hàng đầu thế giới đã nghiên cứu, đề xuất loại lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ không phải thay nhiên liệu tại chỗ. Loại lò phản ứng này đơn giản trong cấu trúc thiết kế và vận hành, hoạt động rất an toàn và phù hợp với các nước đang phát triển. Bài báo giới thiệu khái quát loại lò này, nhằm giúp các nhà quản lý, nhà khoa học có cái nhìn toàn diện về loại lò mà các cường quốc hạt nhân trên thế giới đã và đang sử dụng.**

Năng lượng hạt nhân, nguồn "năng lượng sạch" đã và đang là lựa chọn của nhiều quốc gia trên thế giới. Hiện nay, có 438 lò phản ứng hạt nhân công suất đang hoạt động ở 31 quốc gia, cung cấp điện cho gần một tỷ người và chiếm khoảng 17% tổng sản lượng điện trên toàn thế giới. Điện hạt nhân chiếm tỷ trọng 17,6 % ở Nga và 22% ở Mỹ so với tổng năng lượng điện của mỗi nước; Pháp là nước sử dụng năng lượng hạt nhân nhiều nhất thế giới, với tỷ trọng 75-80%. Thụy Điển có tỷ trọng năng lượng hạt nhân là 50%, Hàn Quốc là 34,6%… Lịch sử phát triển của các nhà máy điện hạt nhân trên thế giới bắt đầu từ lò phản ứng công suất vài chục MW tiến tới những lò phản ứng với công suất 1.000 MW và lớn hơn 1.000 MW. Lò phản ứng công suất lớn đã mang lại hiệu quả kinh tế cao nhưng cũng đòi hỏi nguồn vốn lớn và công nghệ phải rất hiện đại.

Nhằm khai thác và sử dụng nguồn "năng lượng sạch" an toàn và hiệu quả, các nhà khoa học công nghệ hạt nhân hàng đầu thế giới dưới sự chủ trì của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) đã nghiên cứu đề xuất loại lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ không phải thay nhiên liệu tại chỗ. Đây có thể xem là một trong những công nghệ cho xu hướng phát triển của điện hạt nhân trong tương lai.

IAEA định nghĩa lò nhỏ là lò có công suất nhỏ hơn 300 MW. Từ những năm 50 của thế kỷ XX, lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ đã được nghiên cứu chế tạo tại Mỹ và Liên Xô nhằm phục vụ cho quân sự như: tàu ngầm nguyên tử, tàu phá băng, tàu sân bay, trạm cấp nhiệt… Những nhà máy điện hạt nhân trên thế giới cũng bắt đầu được xây dựng từ những lò công suất nhỏ từ vài chục MW cho tới hơn 1.600 MW như hiện nay. Không thể phủ nhận về lợi ích kinh tế mà những lò phản ứng công suất lớn mang lại, tuy nhiên vốn đầu tư ban đầu lớn, đòi hỏi cơ sở hạ tầng mạnh… là một thách thức đối với các nước đang phát triển muốn sử dụng điện hạt nhân. Thêm vào đó, sau một số sự cố nhà máy điện hạt nhân, IAEA và các nhà khoa học công nghệ hạt nhân hàng đầu thế giới nhận thấy cần phải cải tiến công nghệ để đạt được một sự an toàn hạt nhân cao nhất. Thế hệ tiếp theo của công nghệ nhà máy điện hạt nhân phải đảm bảo an toàn, giảm thiểu nhiên liệu đã cháy, không phổ biến vũ khí hạt nhân, tiết kiệm nguồn tài nguyên Urani, giá cả đủ khả năng cạnh tranh và được sự chấp nhận của công chúng.

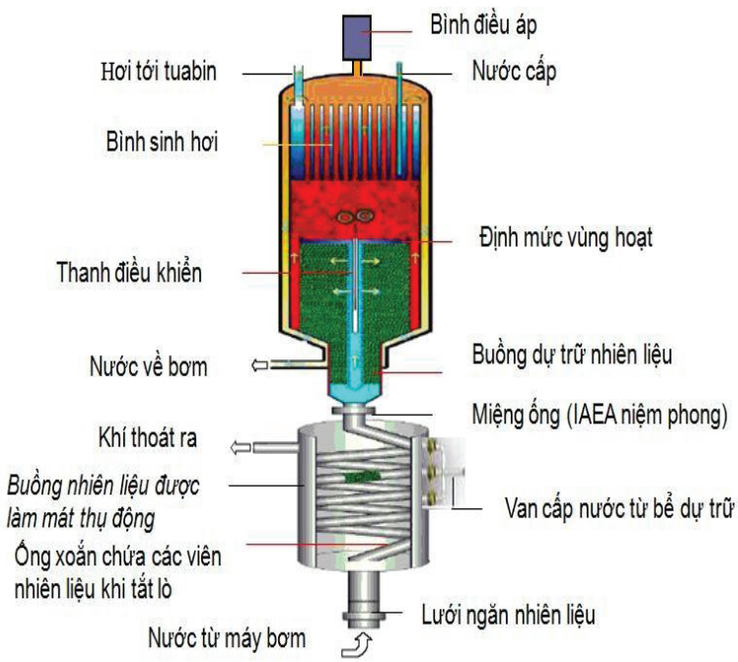
Để đáp ứng những yêu cầu trên và nhằm nâng cao hơn nữa mức độ an toàn của các nhà máy điện hạt nhân, năm 2004, các nhà khoa học công nghệ hạt nhân hàng đầu thế giới từ những nước phát triển (Nga, Anh, Pháp, Mỹ, Nhật Bản, Trung Quốc, Brazin, Canada...) đã phối hợp cùng xây dựng dự án quốc tế về "Lò nhỏ không phải thay thế nhiên liệu tại chỗ" (Small Reactors Without On-Site Refueling - **SRWOSF**) do IAEA chủ trì. Nhiều mẫu lò nhỏ không phải thay thế nhiên liệu tại chỗ đã được nghiên cứu thiết kế như: lò phản ứng tải nhiệt bằng nước thường, lò phản ứng nhanh tải nhiệt bằng natri…

## Lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ không phải thay thế nhiên liệu tại chỗ FBNR (Fixed Bed Nuclear Reactor)

### *Cấu tạo của lò FBNR*

Lò FBNR (còn có tên gọi là lò phản ứng hạt nhân đệm cuội) có thiết kế modun, dựa trên công nghệ lò nước áp lực (PWR) và sử dụng chỉ *một vòng nước thường tải nhiệt và nhiên liệu hình cầu* là một trong số lò nhỏ không phải thay nhiên liệu tại chỗ đã đáp ứng được các tiêu chí an toàn và kinh tế do IAEA đề ra, được thẩm định và giới thiệu trong Dự án INPRO (International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles) của IAEA. Dự án INPRO tạo điều kiện cho *người chủ công nghệ* và *người sử dụng công nghệ* cùng tham gia trao đổi thông tin về công nghệ lò phản ứng hạt nhân và chu trình nhiên liệu cải tiến nhằm đáp ứng sự hiểu biết chung về nhà máy điện hạt nhân thế hệ mới.

Cấu tạo của lò FBNR gồm hai khối độc lập, được gắn với nhau bằng một khớp nối (miệng ống) và có thể tách rời hai khối một cách dễ dàng. Khối thứ nhất là phần thùng lò bao gồm vùng hoạt của lò phản ứng, bình sinh hơi, bình điều áp và các phụ kiện hỗ trợ cho quá trình vận hành lò. Khối thứ hai là buồng nhiên liệu có các ống xoắn chứa các viên nhiên liệu khi tắt lò.




*Cấu tạo lò phản ứng FBNR*

Buồng chứa nhiên liệu và nhiên liệu tươi được chế tạo và lắp ráp thành modun tại nhà máy, sau đó được vận chuyển đến nhà máy điện hạt nhân dưới sự niêm phong và giám sát của IAEA để lắp ráp hoàn chỉnh cho lò phản ứng. Khi sử dụng xong, thùng chứa nhiên liệu và nhiên liệu đã cháy được vận chuyển trở lại nhà máy cũng dưới sự niêm phong và giám sát quốc tế. Như vậy, tại địa điểm nhà máy điện hạt nhân người ta sẽ không có khả năng tái chế nhiên liệu để chế tạo vũ khí hạt nhân.

Nhiên liệu của lò phản ứng có hình cầu với vỏ bọc SiC dày 0,1 cm và đường kính 15 mm bao gồm *các hạt nhiên liệu* (đường kính 2 mm) kết dính trong một chất nền bằng graphite. Với cấu trúc nhiên liệu hình cầu và vỏ bọc đa tầng bằng pyrolitic graphit và silitic cacbid như vậy, các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, lò FBNR có khả năng tự điều khiển cao hơn các loại lò khác (an toàn nội tại cao hơn và thời gian truyền nhiệt từ nhiên liệu sang chất tải nhiệt cũng ngắn hơn); đồng thời các viên nhiên liệu rất bền vững và không bị nóng chảy cho đến nhiệt độ 1.600$^{o}$C. Đây là một đặc điểm nổi trội hơn hẳn so với các thế hệ lò phản ứng sử dụng vỏ bọc nhiên liệu có chứa ziconi nóng chảy ở nhiệt độ khoảng 1.000$^{o}$C.

### *Đặc điểm ưu việt của lò FBNR*

Khi hoạt động, lưu lượng nước từ máy bơm đưa các viên nhiên liệu từ thùng nhiên liệu vào trong vùng hoạt qua buồng dự trữ nhiên liệu. Trong suốt thời gian hoạt động của lò, các viên nhiên liệu được giữ cố định trong vùng hoạt nhờ vào lưu lượng của nước tải nhiệt. Độ phản ứng lớn được điều khiển bằng cách thay đổi chiều cao vùng hoạt thông qua hệ định mức. Độ phản ứng nhỏ được điều chỉnh bằng thanh điều khiển tinh đặt ở tâm vùng hoạt. Với cách điều khiển như vậy, lò phản ứng không có ngộ độc cháy và chu trình nhiên liệu sẽ được kéo dài hơn; đồng thời, sự cố độ phản ứng dương không thể xảy ra trong quá trình vận hành nhà máy điện hạt nhân. Nước tải nhiệt từ vùng hoạt sẽ đi qua bình sinh hơi và quay trở về máy bơm rồi trở lại vùng hoạt. Hơi sinh ra từ bình sinh hơi được dẫn đi để quay tuabin và chạy máy phát điện.

Trong quá trình vận hành lò, bất kỳ một sự cố nào có thể xảy ra đều gây cắt nguồn điện vào máy bơm. Khi ấy, không còn lưu lượng nước tải nhiệt, các viên nhiên liệu sẽ thoát ra khỏi vùng hoạt bằng lực trọng trường và rơi vào thùng nhiên liệu. Ở đó, nhiên liệu được làm nguội theo chế độ thụ động (đối lưu tự nhiên). Vì vậy, sự cố độ phản ứng dương không bao giờ xảy ra và lò phản ứng được bảo vệ an toàn tuyệt đối.

Do lò FBNR có độ an toàn nội tại cao, lại được làm nguội bằng cách thụ động; nên trong bất kỳ trường hợp nào, sự cố nóng chảy vùng hoạt cũng không thể xảy ra. Lò FBNR được thiết kế theo kiểu mođun đơn giản và không phải thay nhiên liệu tại nhà máy điện hạt nhân nên rất thích hợp cho việc kiểm soát quốc tế về nhiên liệu. Các thùng chứa nhiên liệu và nhiên liệu tươi được chế tạo và lắp ráp tại nhà máy, sau đó được vận chuyển tới nhà máy điện hạt nhân dưới sự niêm phong và giám sát quốc tế. Vì vậy, không có khả năng phát triển vũ khí hạt nhân và không phải thiết kế địa điểm chôn cất nhiên liệu đã cháy ở tại nước sử dụng.

Lò FBNR là lò nhỏ nên vốn đầu tư ban đầu thấp hơn và thời gian xây dựng ngắn hơn so với lò công suất lớn nên phù hợp với các nước mà ngân sách còn hạn chế. Lò FBNR có công suất thấp (nhỏ hơn 300 MW) nên không gây ra hiện tượng quá tải đối với những nước có hệ thống lưới điện chưa được hoàn chỉnh; bởi vì khi hệ thống lưới điện chưa đủ đáp ứng với sự tăng công suất lớn sẽ gây ra hiện tượng quá tải, cháy đường dây. Lò FBNR với quy mô xây dựng nhỏ nên thích hợp với tình trạng địa lý và hạ tầng cơ sở ở các nước đang phát triển (không cần hệ thống giao thông hiện đại để chuyên trở những thiết bị siêu trọng và siêu trường cho nhà máy), không cần xây dựng gần biển nên dễ lựa chọn địa điểm xây dựng và tránh được rủi ro của thiên nhiên như sóng thần…

## Kết luận và kiến nghị

Cũng như nhiều nước đang phát triển khác, Việt Nam có nhiều hải đảo và nhiều vùng xa xôi hẻo lánh không tiếp giáp với biển mà chỉ gần sông hay hồ lớn; đường giao thông cũng chưa thật tốt. Việc vận chuyển nhiên liệu hoá thạch cho các nhà máy nhiệt điện hay những thiết bị lớn cho nhà máy điện hạt nhân công suất cao là rất khó khăn và tốn kém. Vì vậy, lò phản ứng hạt nhân công suất nhỏ có thể sẽ là lựa chọn cho sự phát triển tiếp theo của chương trình phát triển điện hạt nhân ở Việt Nam. Hiện tại, Trường Đại học Điện lực đang thực hiện Dự án "Nghiên cứu lò công suất nhỏ không phải thay nhiên liệu tại chỗ FBNR - khả năng phát triển và xây dựng ở Việt Nam" (do Quỹ NAFOSTED tài trợ) với sự hợp tác và hỗ trợ của IAEA. Đây là một cơ hội để cán bộ khoa học Việt Nam nói chung và Trường Đại học Điện lực nói riêng nâng cao năng lực chuyên môn, nghiệp vụ, thiết thực phục vụ công tác đào tạo về công nghệ điện hạt nhân ✍

## Tài liệu tham khảo


1. Farhang Sefidvash. *Fixed Bed Nuclear Reactor - FBNR. www.sifidvash.net .*

2. Ha Van Thong. *Opportunities for small and medium sized reactors and main features of the Fixed Bed Nuclear Reactor. Proceedings of the first meeting of the IAEA Coordinated Research Project on Small Reactors without On-site Refuelling, 21-25 November, 2005. Vienna, Austria.*

3. Ha Van Thong and Do Thi Nguyet Minh. *Main features of the fixed bed nuclear reactor. Proceeding of International Workshop on High Performancr Light Water Reactor (HPLWR). March 31 - April 3, 2008. Institute for Nuclear and Energy Technology. Forschungszentrum Karlsruhe, Germany.*

4. IAEA. *Energy, Electricity and Nuclear power Estimates for the period up to 2050. Edition 2012.*

5. IAEA. *The role of nuclear energy in the low-carbon Energy future. OECD 2012, NEA No.6887.*

6. IAEA-TECDOC-1434. *Methodology for the assessment of innovative nuclear reactors and fuel cycles.*

7. Prospects for nuclear power in the 21st century; a world tour. *Int.J.Global Energy issues. Vol.30, Nos. 1/2/3/4,2008.*

8. Reiner Kuhr. *SMR Commercial Viability for Traditional and Non- traditional Nuclear Market. The small modular reactor conference Columbia, Sc. 20April 2011.*

9. Small Nuclear Power Reactors. *USS Nautilus was launched in 1995.*

10. Small Reactor without On-site Refuelling: Neutronic Characteristics, Emergency planning and Development Scenarios. *IAEA-TECDOC-1657.*