

# SỬ DỤNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN PLTEMP4.2 VÀ RELAP5 PHÂN TÍCH CÁC THÔNG SỐ THỦY NHIỆT CỦA BÓ NHIÊN LIỆU HEU VVR-M2 KHI ĐẶT TRONG BẦY NEUTRON CỦA Lò PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

Hồ Nguyễn Thành Vinh, Nguyễn Kiên Cường, Nguyễn Nhị Điền, Huỳnh Tôn Nghiêm

*Viện Nghiên cứu hạt nhân  
01-Nguyên Tử Lực, Đà Lạt, Lâm Đồng, Việt Nam  
E-mail: vinhht.re@dnri.vn*

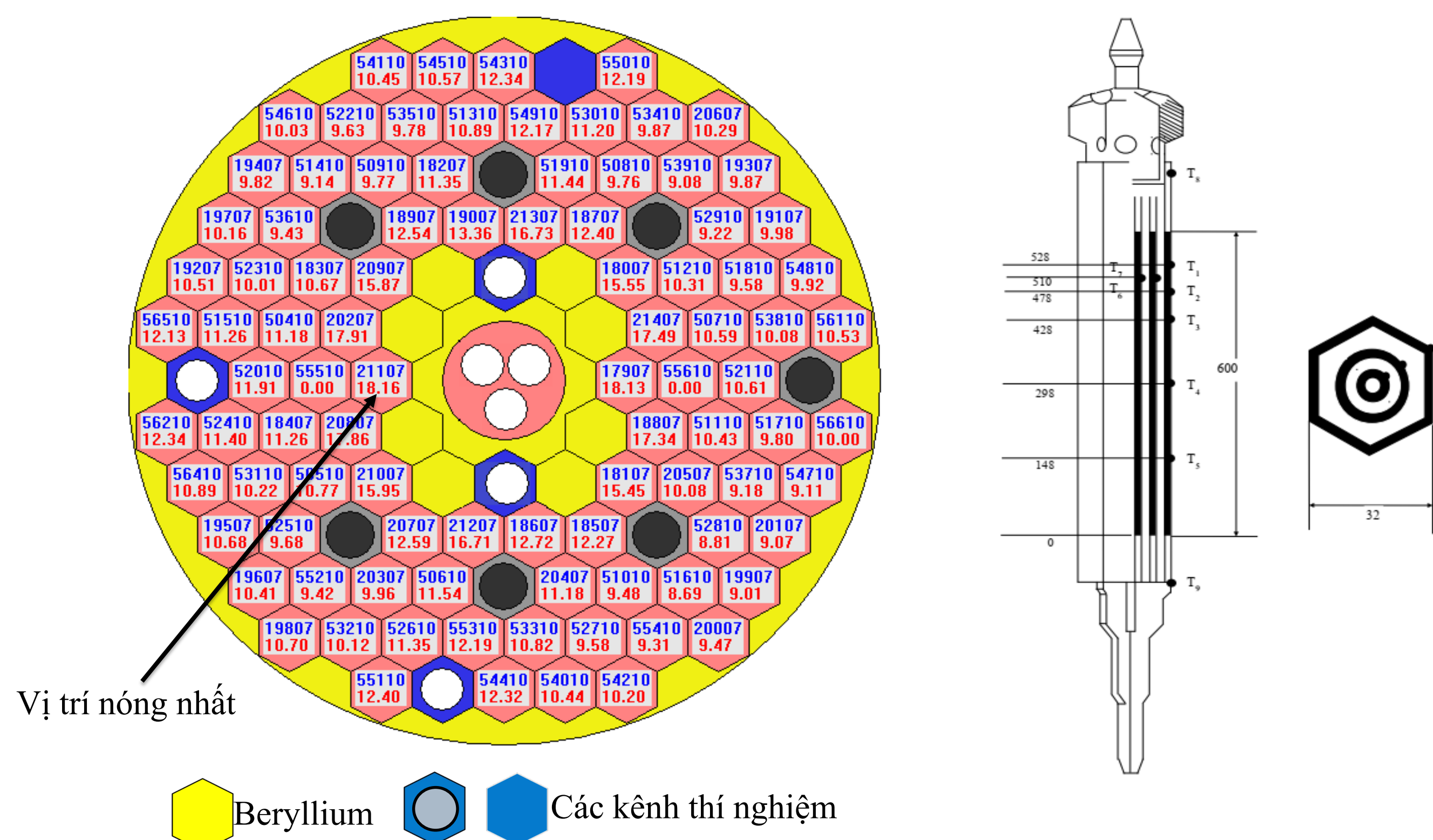
## GIỚI THIỆU

Lò Phản ứng hạt nhân Đà Lạt (PUHNĐL) là loại lò bể bơi, sử dụng nước nhẹ là chất tải nhiệt và được vận hành với công suất nhiệt danh định là 500kW. Hiện tại, Lò PUHNĐL được sử dụng để sản xuất đồng vị phóng xạ, phân tích kích hoạt neutron, đào tạo và thực hiện các thí nghiệm kết hợp khác. Nhằm tăng cường hiểu biết về loại nhiên liệu đang sử dụng (VVR-M2), một hệ thiết bị thí nghiệm chiếu xạ nhiên liệu đặt tại bẫy neutron của Lò PUHNĐL đã được thiết kế. Tuy nhiên, điều này dẫn tới sự thay đổi cấu trúc của vùng hoạt cũng như phân bố neutron và đặt ra câu hỏi về các giới hạn an toàn thủy nhiệt của bó nhiên liệu (BNL) chiếu xạ có được đảm bảo hay không? Vì bẫy neutron của Lò PUHNĐL là nơi có thông lượng cao nhất [1] trong vùng hoạt, nên chỉ cần một thay đổi nhỏ của nhiệt độ hoặc độ phản ứng sẽ tác động lớn đến các thông số thủy nhiệt của BNL.

PLTEMP4.2 [2] và RELAP5 [3] là các chương trình được lựa chọn để tính toán các thông số thủy nhiệt khi đưa một BNL vào bẫy neutron của vùng hoạt Lò PUHNĐL. Tuy nhiên trước khi đưa vào sử dụng, các chương trình tính toán trên được hiệu lực hóa thông qua các số liệu đo đạc thực nghiệm được thực hiện trong khi nạp thêm hai BNL mới vào vùng hoạt của Lò PUHNĐL.

## THÍ NGHIỆM ĐO NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT BNL

Sau khi nạp thêm hai BNL mới thay thế cho hai khối beryllium gần bẫy neutron, Lò PUHNĐL hiện đang vận hành với cấu hình 94 BNL cùng với 8 khối beryllium đặt xung quanh bẫy neutron (Hình 1). Một BNL có gắn các cặp nhiệt điện [1] được đưa vào vị trí nóng nhất trong vùng hoạt để ghi nhận các số liệu về nhiệt độ vỏ bọc của BNL. Các số liệu thu được này dùng để hiệu lực hóa các chương trình tính toán thủy nhiệt hiện có.



Hình 1. Cấu trúc vùng hoạt Lò PUHNĐL và BNL gắn cặp nhiệt điện

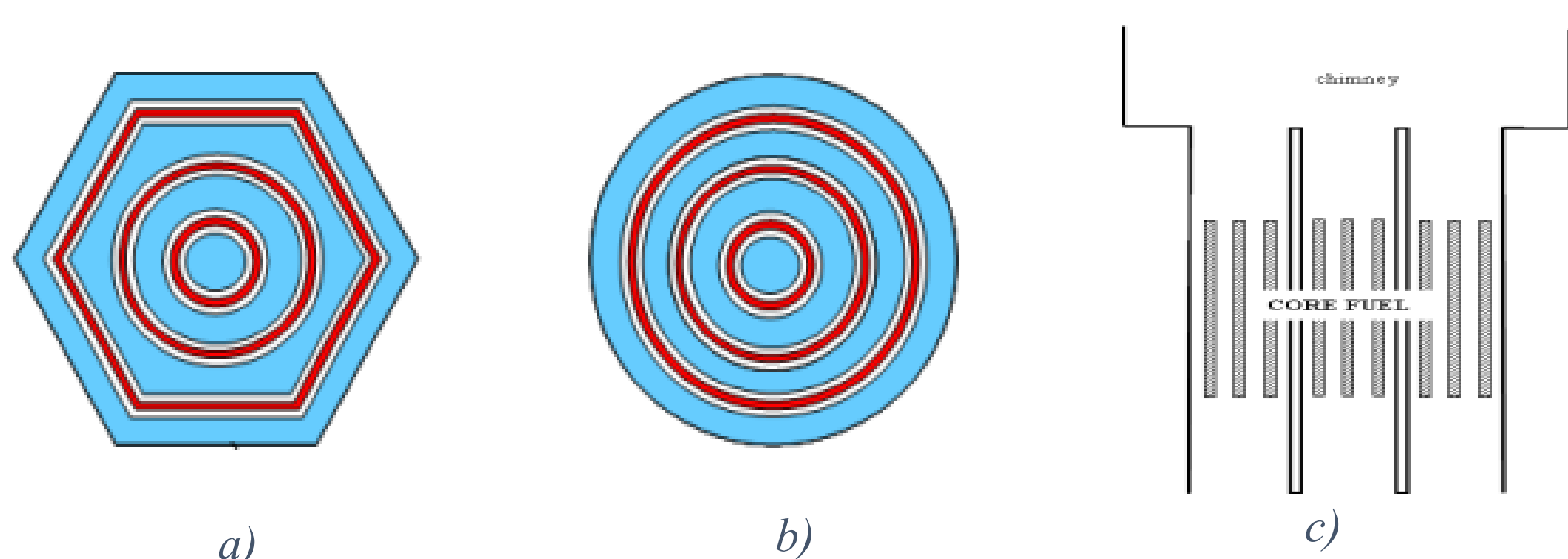
Bảng 1. Nhiệt độ bề mặt BNL tại kênh nóng nhất

Vị trí cặp nhiệt điện tính từ đáy (mm)	Nhiệt độ tại các mức công suất (°C)			
	50%	80%	100%	
T5	148	57.3	71.5	80.9
T4	298	66.4	82.6	91.9
T3	428	63.1	77.9	86.6
T2	478	59.9	73.3	81.3
T1	528	55.6	67.2	74.3
Nước làm mát	Lối vào	19.2	20.4	21.9
	Lối ra	43.0	49.3	52.6

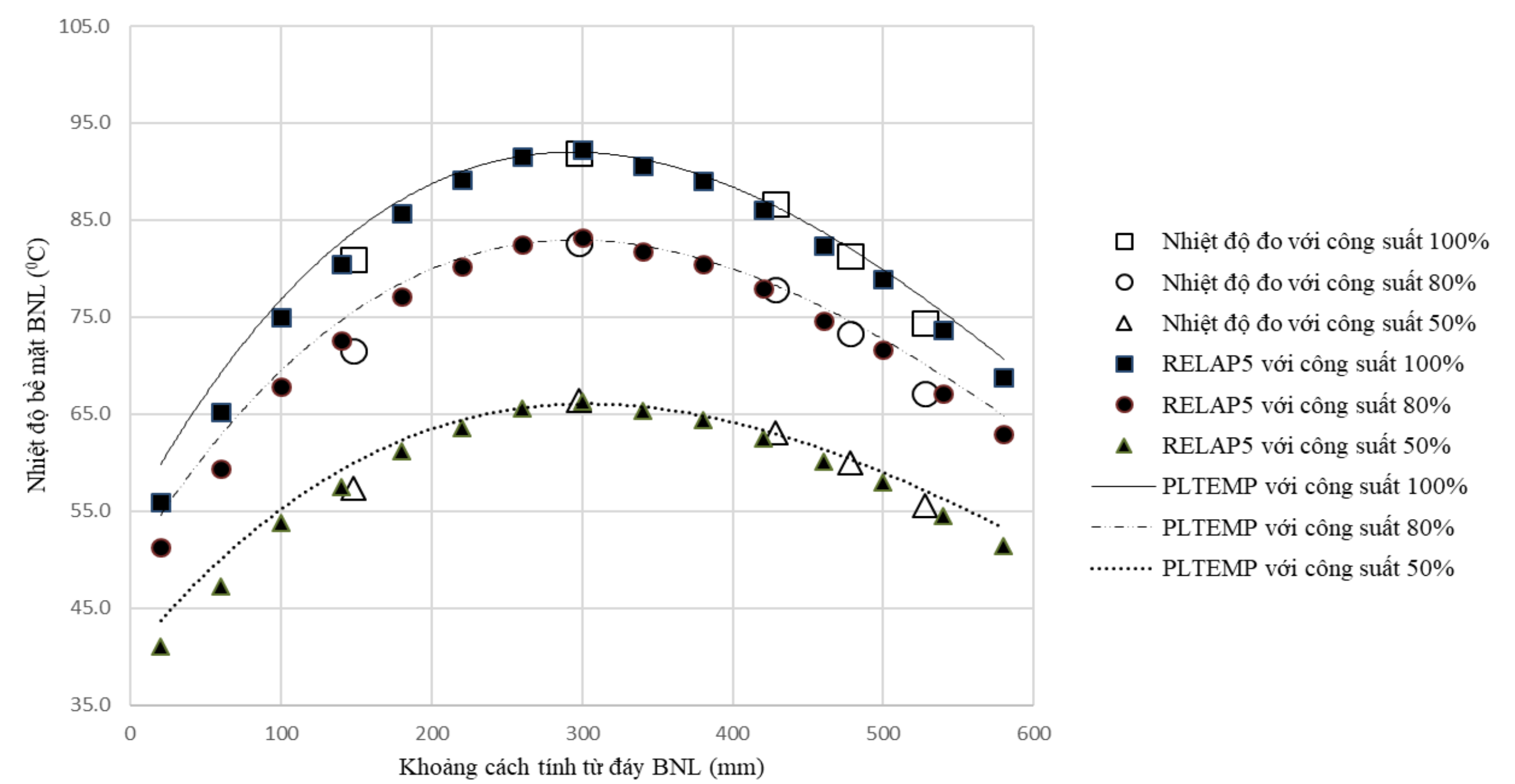
## MÔ HÌNH HÓA VÀ HIỆU LỰC HÓA CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN

Nhiên liệu loại VVR-M2 có 3 thanh nhiên liệu hình vành khuyên đồng trục [1]. Thanh nhiên liệu ngoài cùng có dạng hình lục giác với khoảng cách hai mặt song song là 32 mm. Hai thanh nhiên liệu bên trong có dạng hình trụ với kích thước lần lượt là 22 mm và 11 mm. Giữa các thanh nhiên liệu là khoảng trống cho chất làm mát đi qua với kích thước khoảng 3 mm.

Chương trình tính toán PLTEMP4.2 chỉ tính được cho các loại nhiên liệu dạng tấm và dạng ống đồng trục. Do đó việc mô hình hóa cần tính đến việc chuyển đổi loại nhiên liệu hình lục giác của Lò PUHNĐL thành mô hình ống đồng trục. Vùng hoạt được mô hình hóa thành các kênh nóng và các kênh trung bình cùng với một giếng hút cao 2 m ở phía trên (Hình 2).

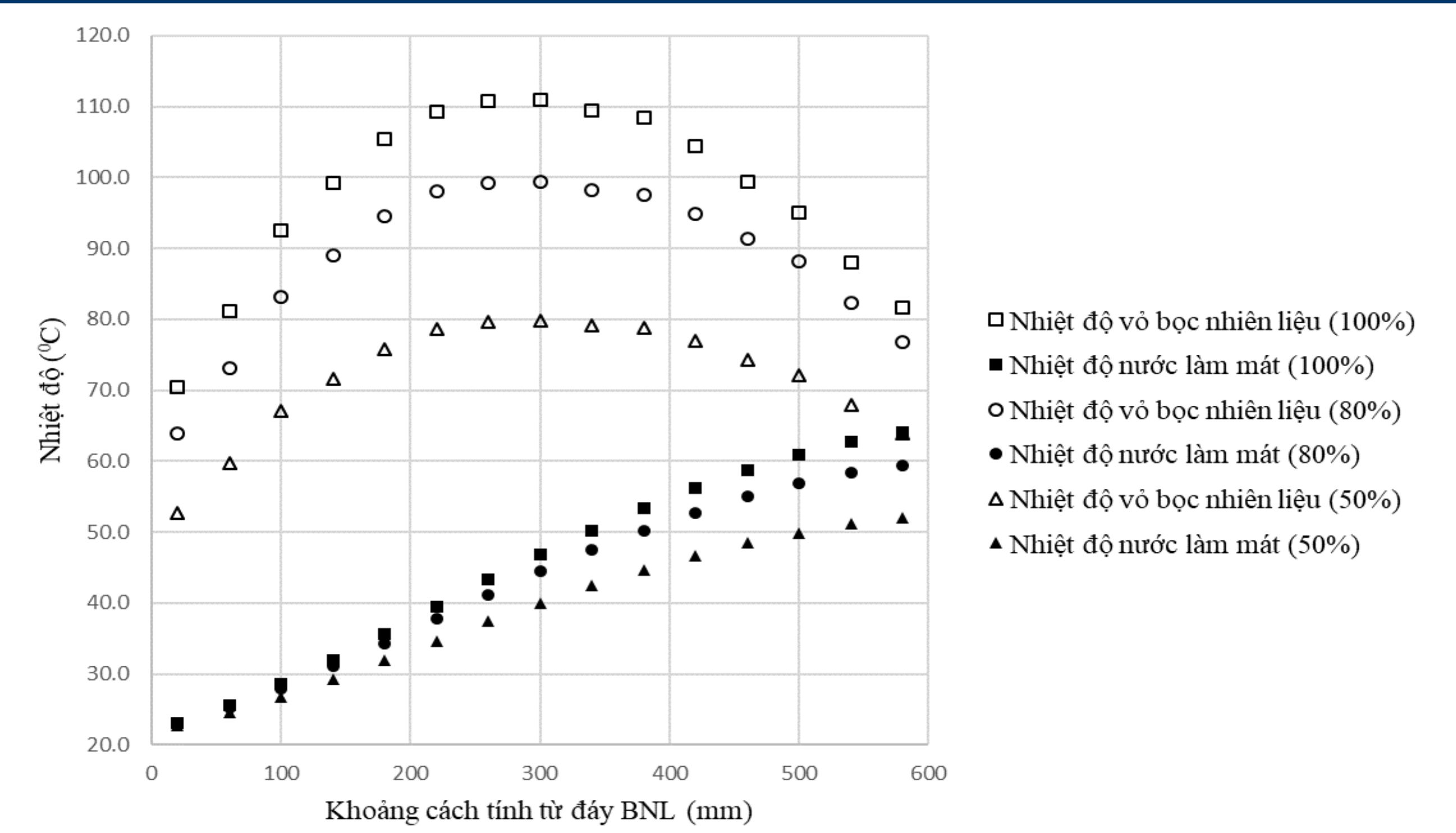


Hình 2. Mô hình tính toán cho Lò PUHNĐL  
a) BNL hình lục giác của Lò PUHNĐL  
b) Mô hình bó nhiên liệu ống đồng trục  
c) Mô hình tải nhiệt đối lưu tự nhiên

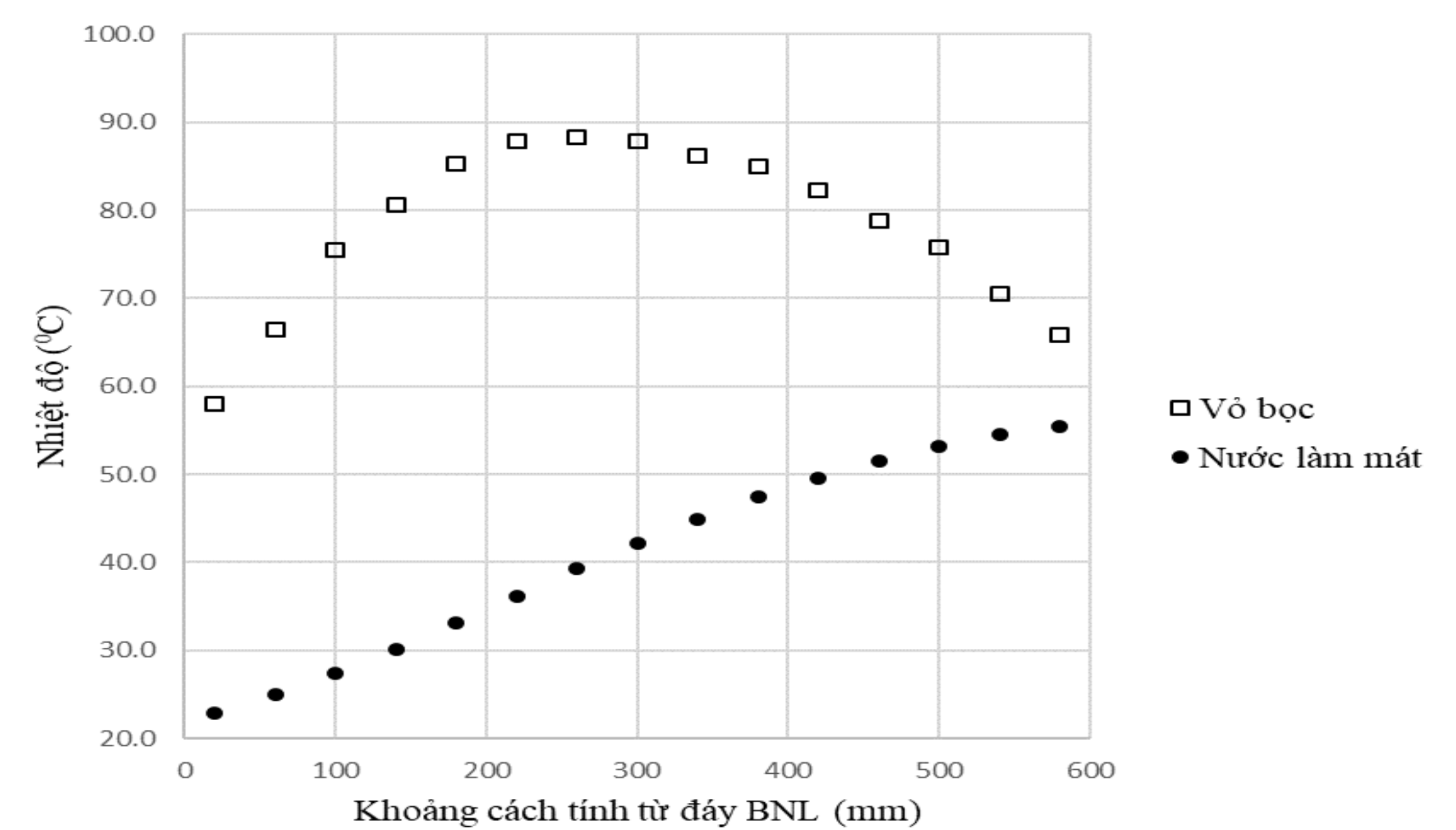


Hình 3. So sánh kết quả tính toán với đo đạc thực nghiệm

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 4. Nhiệt độ với cơ chế đối lưu tự nhiên



Hình 5. Nhiệt độ với cơ chế đối lưu cưỡng bức, công suất 100% và lưu lượng qua BNL là 0.15 kg/s (0.54 m3/h)

Ở chế độ đối lưu tự nhiên với mức công suất 100% công suất danh định, nhiệt độ cao nhất của vỏ bọc nhiên liệu là 110.9 °C. Giá trị này cao hơn rất nhiều so với mức giới hạn nhiệt độ an toàn là 103 °C. Tuy nhiên, nếu giảm công suất xuống còn 80%, thì nhiệt độ lớn nhất của vỏ bọc nhiên liệu là 99.3 °C. Nhiệt độ này nhỏ hơn con số 103 °C, tuy nhiên hệ số ONB nhỏ nhất là 1.23. Trong quy định về an toàn vận hành, ONBR phải nhỏ hơn 1.43. Do đó công suất của lò phản ứng phải giảm về 50%. Khi đó các thông số này đều nhỏ hơn so với các giới hạn an toàn đã được quy định, nhiệt độ lớn nhất của vỏ bọc nhiên liệu là 79.9 °C, nhiệt độ nước làm mát tại lối ra là 52 °C và hệ số ONB nhỏ nhất là 1.62.

Ở chế độ tải nhiệt bằng đối lưu cưỡng bức với mức công suất 100% công suất danh định, lưu lượng tối thiểu đi qua BNL phải đạt được là 0.15 kg/s (0.54 m3/h) để đảm bảo các thông số thủy nhiệt thấp hơn so với các giới hạn quy định. Cụ thể khi đó, nhiệt độ cao nhất của vỏ bọc nhiên liệu là 88.3 °C, nhiệt độ nước lối ra là 55.4 °C và hệ số ONB là 1.45.

## KẾT LUẬN

Việc hiệu lực hóa các chương trình tính toán (PLTEMP4.2 và RELAP5) được thực hiện và so sánh với các kết quả thực nghiệm. Sự đánh giá các giới hạn và điều kiện vận hành khi đặt BNL vào bẫy neutron giúp đạt được mục tiêu thiết kế một thiết bị thí nghiệm chiếu xạ nhiên liệu trên Lò PUHNĐL, góp phần làm tăng hiểu biết chi tiết về loại nhiên liệu VVR-M2 cũng như ứng dụng cho Lò phản ứng nghiên cứu mới.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO.

- [1] Safety Analysis Report for the Dalat Nuclear Research Reactor, 2018
- [2] Nuclear Systems Analysis Division, RELAP5/MOD3.3 code manual, volume I, II, III, Information Systems Laboratories, December 2001.
- [3] P. Olson, M. Kalimullah, and E.E. Feldman, A User's Guide to the PLTEMP/ANL Code Version 4.2, ANL/RERTR/TM-11-22 Rev. 2, Argonne National Laboratory, July, 2016.
- [4] MCNP Development Team, MCNP6.2 User's manual Code Version 6.2, LA-UR-17-29981, 2018.