

# PHÂN TÍCH THỦY NHIỆT CHO Lò PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU CÔNG SUẤT CAO VÀ ĐA MỤC TIÊU SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU MTR.

HỒ NGUYỄN THÀNH VINH, VÕ ĐOÀN HẢI ĐĂNG, HUỲNH TÔN NGHIÊM,  
LÊ VĨNH VINH, NGUYỄN KIÊN CƯỜNG, NGUYỄN MINH TUÂN

*Trung tâm Lò phản ứng, Viện nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, VINATOM  
01 Nguyễn Tử Lực, Đà Lạt, Lâm Đồng  
E-mail: [vinhhnt.re@dnri.vn](mailto:vinhhnt.re@dnri.vn)*

## Tóm tắt

Các chương trình tính toán PLTEMP và PARET đã được lựa chọn để tính các thông số thủy nhiệt và phân tích an toàn tại thời điểm khởi động của lò phản ứng nghiên cứu mới sử dụng nhiên liệu MTR với công suất vận hành là 5 MW. Nhiệm vụ chính của nghiên cứu này là đảm bảo sự chính xác trong vấn đề tính toán khi sử dụng các chương trình tính toán trên bằng cách so sánh kết quả với các chương trình COOLOD và EUREKA dựa trên dữ liệu của lò phản ứng JRR-3M (JAEA). Các thông số thủy nhiệt được tính khi lò phản ứng vận hành bình thường ở trạng thái ổn định với các chế độ đối lưu tự nhiên và cưỡng bức, cũng như ở trạng thái chuyển tiếp khi đưa vào một độ phản ứng dương do rút không kiểm soát thanh điều khiển. Bên cạnh đó, kết quả nhận được rất có ích trong việc đánh giá an toàn cho cấu hình vùng hoạt đề nghị sử dụng nhiên liệu MTR. Nó cũng có thể được dùng để so sánh với các vùng hoạt sử dụng nhiên liệu VVR-KN và IRT-4M.

*Từ khóa: PLTEMP, PARET, thủy nhiệt, MTR, trạng thái ổn định, RIA, COOLOD, EUREKA.*

## I. GIỚI THIỆU

Nhiên liệu MTR là một trong số các loại nhiên liệu được đề nghị sử dụng cho Lò phản ứng nghiên cứu mới, thuộc dự án Trung tâm Khoa học và Công nghệ hạt nhân (CNEST). Bên cạnh đó, đề tài cấp quốc gia nhằm tính toán các thông số neutronic, thủy nhiệt và phân tích an toàn cho Lò phản ứng nghiên cứu mới cũng đang được triển khai.

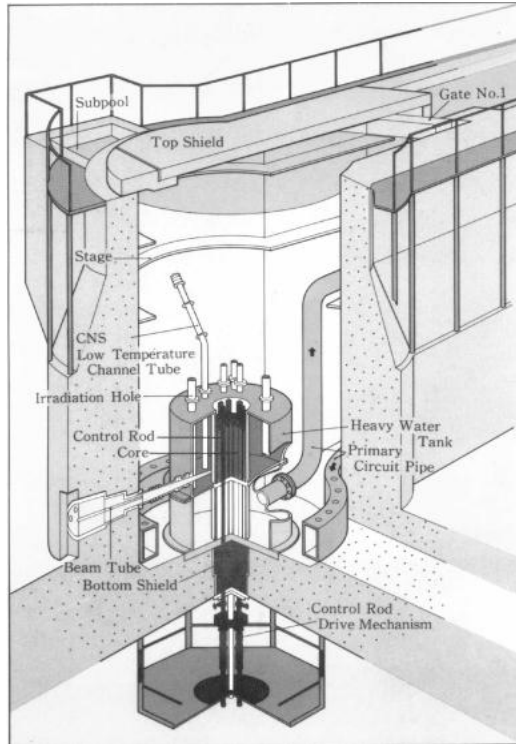
PLTEMP và PARET đã được lựa chọn để tính toán các thông số thủy nhiệt và phân tích an toàn cho Lò phản ứng nghiên cứu mới. Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả nhận được từ các chương trình tính toán này, cần phải đánh giá lại chúng thông qua các dữ liệu tính toán đã được công bố trước đây. Cụ thể, nghiên cứu này sẽ tiến hành tính toán thủy nhiệt và phân tích an toàn cho Lò phản ứng nghiên cứu JRR-3M, sử dụng nhiên liệu MTR, bằng các chương trình tính toán trên. Sau đó so sánh kết quả nhận được với kết quả tính bằng COOLOD và EUREKA đã được công bố.

## II. SO LƯỢC VỀ Lò PHẢN ỨNG NGHIÊN CỨU JRR-3M, NHIÊN LIỆU MTR VÀ CÁC CÔNG CỤ TÍNH TOÁN

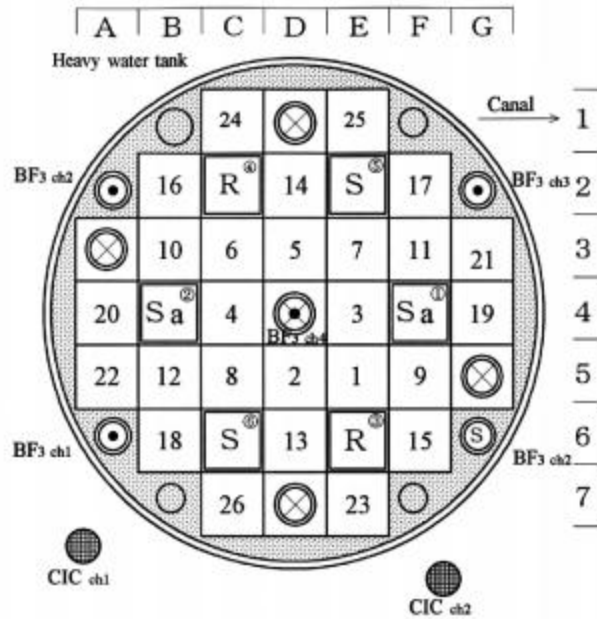
### II.1. Lò phản ứng nghiên cứu JRR-3M và nhiên liệu loại MTR

Lò phản ứng JRR-3 được xem như là lò phản ứng nội địa đầu tiên của Nhật Bản. Nó đạt tới hạn lần đầu vào năm 1963. JRR-3 được sử dụng cho mục đích sản xuất đồng vị phóng xạ cho đến năm 1985. Trong năm 1988, lò phản ứng JRR-3 được nâng cấp thành JRR-3M và đạt tới hạn vào tháng 3 năm 1990 [1].

JRR-3M là lò phản ứng dạng bể bơi, có vành phản xạ bằng beryllium và nước nặng, làm mát bằng nước nhẹ, sử dụng nhiên liệu MTR độ giàu thấp (~20%) và có công suất lớn nhất là 20MW. Vùng hoạt của JRR-3M chứa 26 bó nhiên liệu chuẩn, 6 bó nhiên liệu chứa thanh điều khiển, vành phản xạ beryllium và một bể nước nặng được thiết lập quanh vùng hoạt (Hình 1).

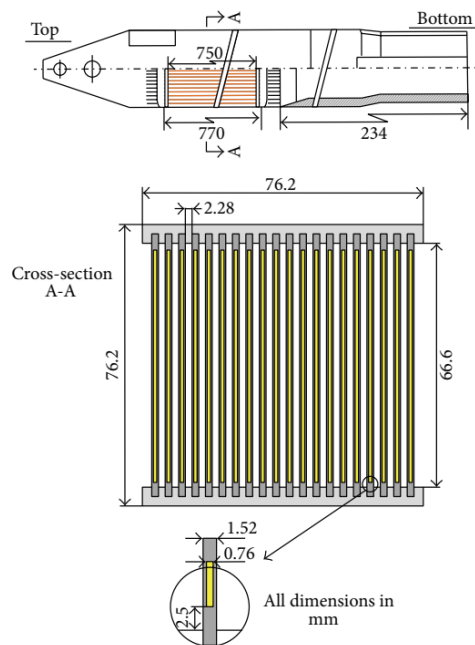


C



**Hình 1.** Sơ đồ lò phản ứng JRR-3M và vùng hoạt của nó [1]

Nhiên liệu loại MTR được sử dụng cho lò phản ứng số 3 có cấu tạo như Hình 2 và các thông số kỹ thuật như ở Bảng 1.



**Hình 2.** Cấu tạo bó nhiên liệu chuẩn loại MTR [2]

**Bảng 1.** Các thông số kỹ thuật của bó nhiên liệu loại MTR [2]

Độ giàu nhiên liệu	20%
Số tâm nhiên liệu	21
Kích thước	1.512 x 71.0 x 770.0
Vật liệu vỏ bọc	Hợp kim Al
Độ dày vỏ bọc	0.38
Vật liệu của nhiên liệu	$U_3O_8ALX$ & $U_3Si_2AlX$
Độ dày nhiên liệu	0.51
Độ cháy trung bình	30%
Độ cháy lớn nhất	60%

## II.2. Các chương trình tính toán

COOLOD là chương trình phân tích thủy nhiệt cho lò phản ứng nghiên cứu sử dụng nhiên liệu dạng tấm được phát triển bởi Viện nghiên cứu năng lượng nguyên tử Nhật Bản (JAERI). Đặc biệt COOLOD có thể dùng để phân tích cho lò phản ứng sử dụng đối lưu tự nhiên. COOLOD đã được sử dụng để phân tích thủy nhiệt cho lò phản ứng JRR-3M của Nhật Bản, RSG-GAS của Indonesia và MEX-15 của Mexico [3].

PLTEMP là một chương trình tính toán thủy nhiệt cho hình học dạng tấm phẳng và tấm cong. Sau đó được phát triển để dùng cho nhiên liệu dạng ống đồng trục (như nhiên liệu của Nga). Nó có khả năng phân tích thủy nhiệt cho dòng chảy đối lưu tự nhiên. Vì thế nó đã được sử dụng để phân tích cho lò phản ứng nghiên cứu Đà Lạt trong chương trình chuyển đổi vùng hoạt sang nhiên liệu độ giàu thấp [4].

EUREKA là chương trình tính toán dùng cho phân tích sự cố độ phản trong lò phản ứng nghiên cứu. Nó được sử dụng để phân tích các hành vi chuyển tiếp thủy nhiệt và neutronic. Eureka cũng có khả năng phân tích các phản hồi chống lại sự thay đổi độ phản ứng trong vùng hoạt của lò phản ứng gây ra bởi việc rút thanh điều khiển, thay đổi lưu lượng chất làm nguội hay sự thay đổi nhiệt độ chất làm nguội [5].

PARET là chương trình phân tích thủy nhiệt ở giai đoạn chuyển tiếp cho lò phản ứng nghiên cứu sử dụng các loại nhiên liệu dạng tấm và ống đồng trục [6].

## III. TÍNH TOÁN THỦY NHIỆT CHO Lò PHẢN ỨNG SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU MTR

### III.1. Mô tả bài toán

Nghiên cứu này sẽ sử dụng Coolod và Pltemp để tính các thông số thủy nhiệt cho lò phản ứng JRR-3M. Việc tính toán được thực hiện trong hai trường hợp:

- Lò hoạt động ở công suất 20MW với chế độ đối lưu cưỡng bức (tốc độ dòng làm mát  $2400m^3/h$ )
- Lò hoạt động với chế độ đối lưu tự nhiên ở công suất 0.28MW.

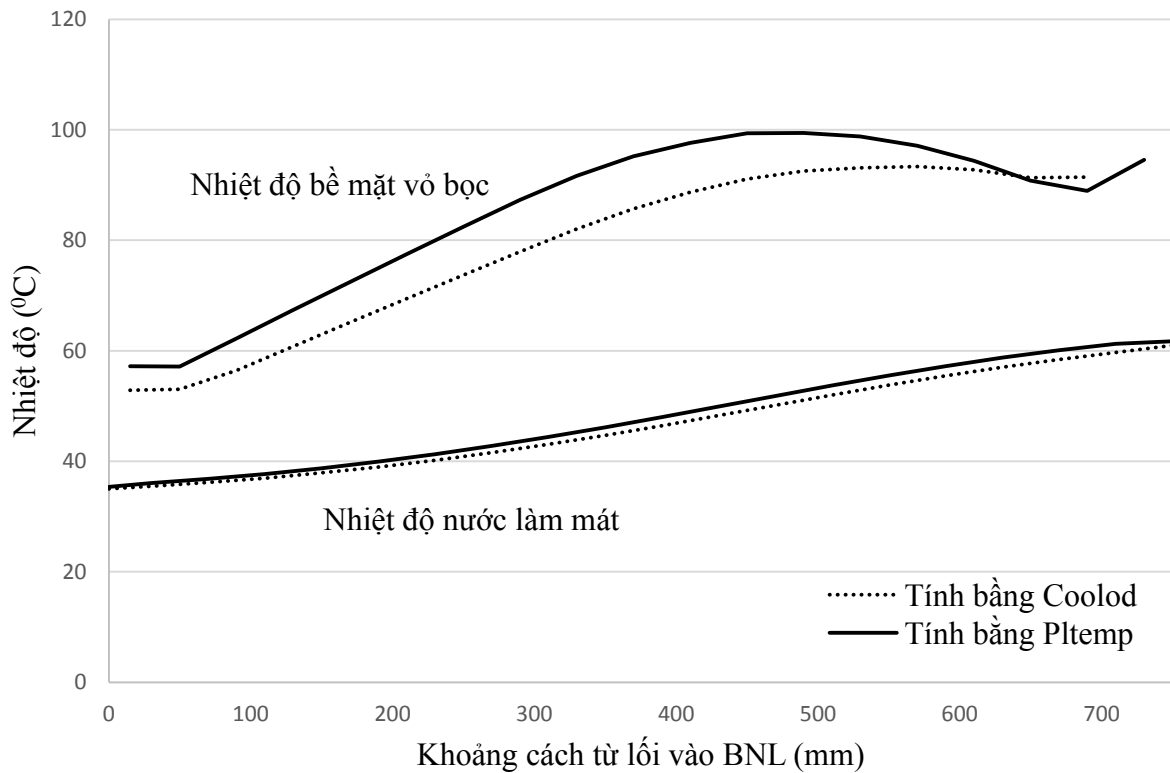
Các chương trình Eureka và Paret được sử dụng để tính toán cho trường hợp tai nạn độ phản ứng. Cụ thể là rút không kiểm soát thanh điều khiển ra khỏi vùng hoạt khi lò đang hoạt động với công suất 20MW. Tốc độ đưa độ phản ứng đưa vào là  $0.113 \$/s$ .

Bảng 2 mô tả số liệu ban đầu, kết hợp các thông số về kích thước của bó nhiên liệu để đưa vào tập tin input của các chương trình trên.

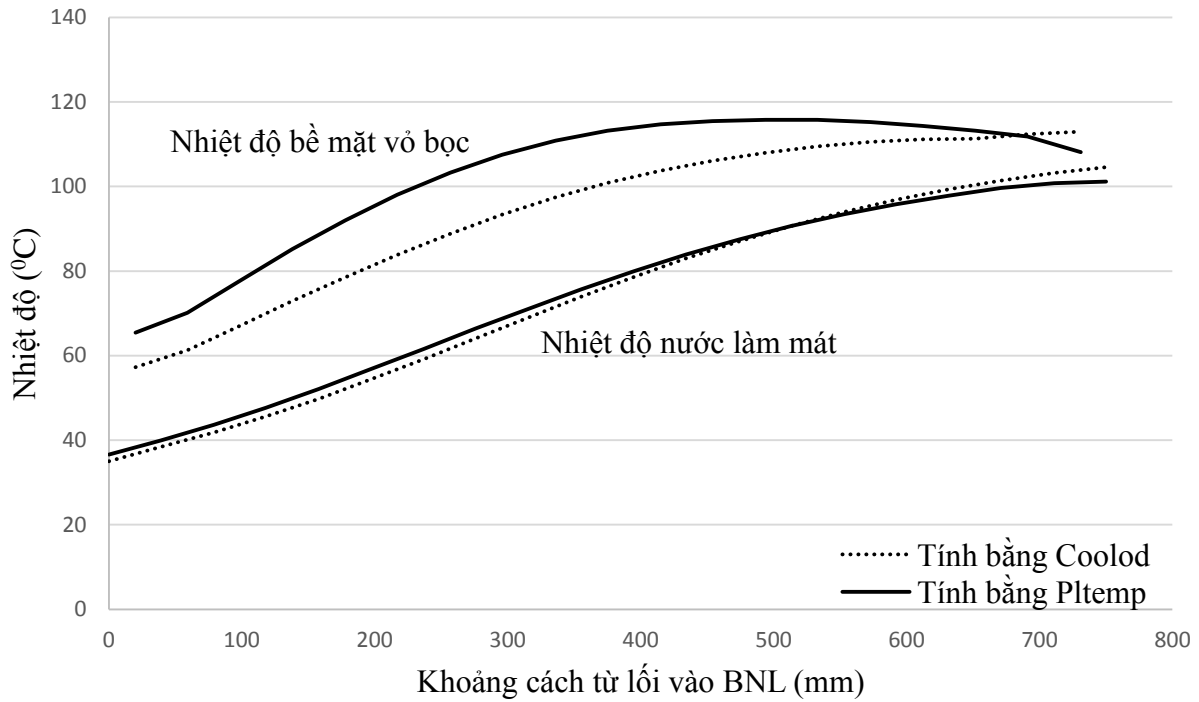
**Bảng 2.** Số liệu đầu vào[2, 7]

Chất làm mát	Nước thường
Hướng chảy của dòng làm mát	Hướng xuống
Độ dẫn nhiệt của nhiên liệu (W/mK)	50.03
Mật độ nhiên liệu (kg/m <sup>3</sup> )	6030
Nhiệt dung riêng nhiên liệu (J/kgK)	338.4
Độ dẫn nhiệt của vỏ bọc (W/mK)	176.01
Mật độ của vỏ bọc (kg/m <sup>3</sup> )	2700
Nhiệt dung riêng của vỏ bọc (J/kgK)	998.56
Nhiệt độ nước lõi vào (°C)	35
Áp suất vận hành (MPa)	0.152
Công suất nhiệt toàn vùng hoạt (MW)	20

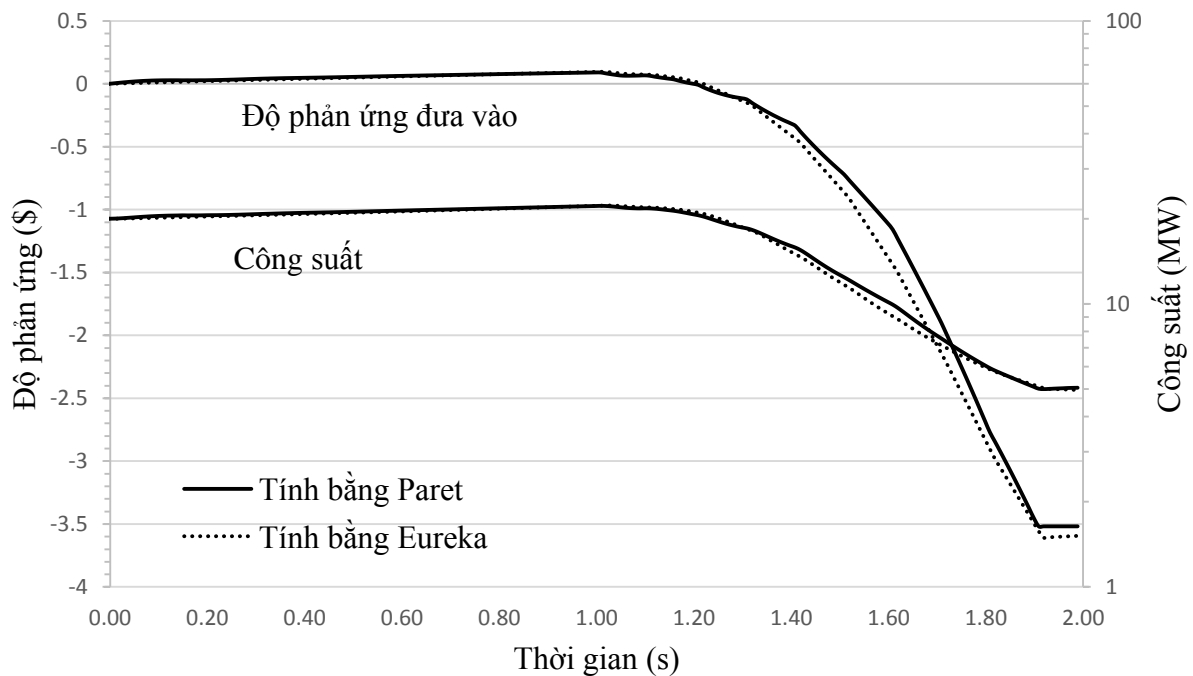
### III.2. Kết quả tính toán



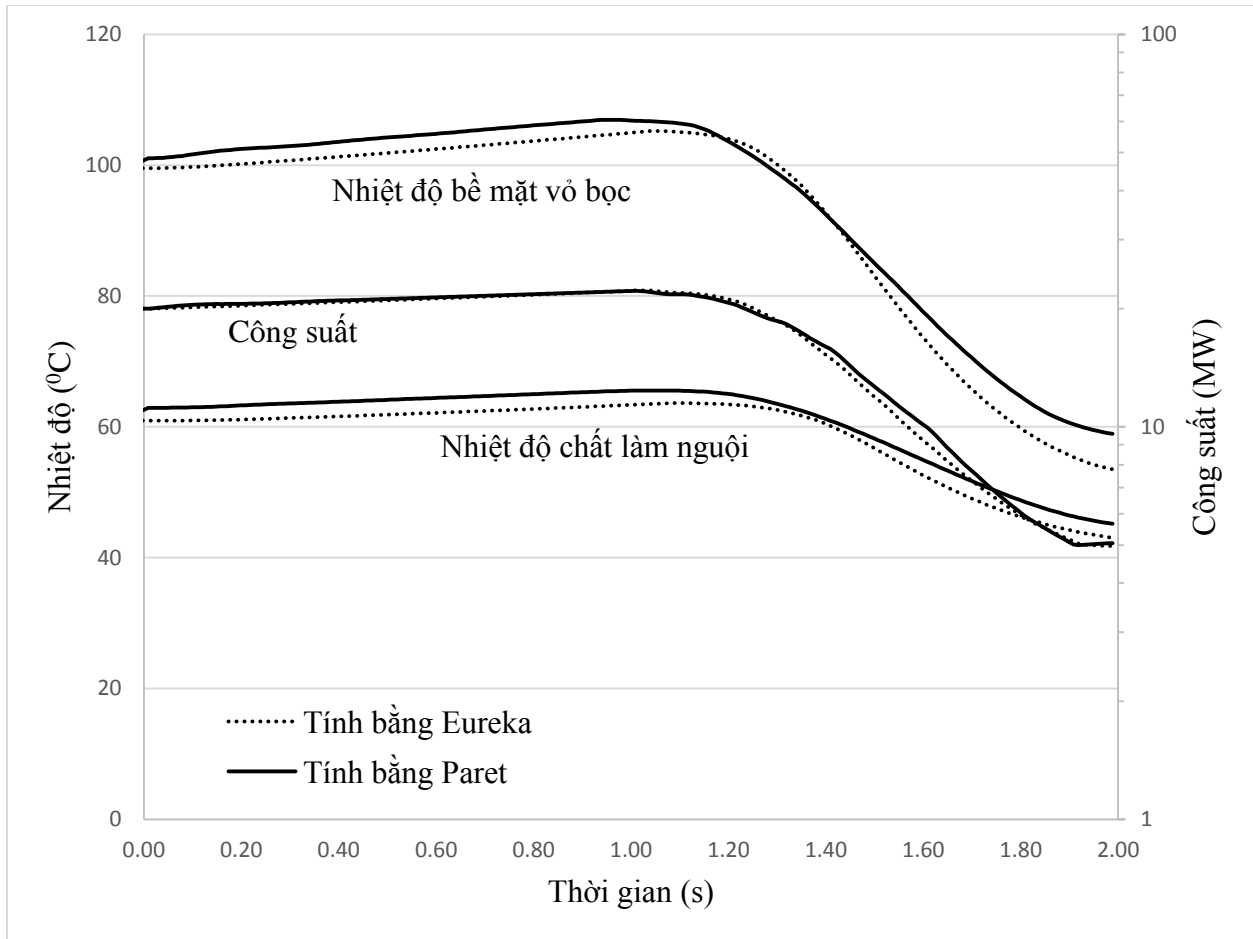
**Hình 3.** Kết quả tính toán cho chế độ đối lưu cưỡng bức



**Hình 4.** Kết quả tính toán cho chế độ đối lưu tự nhiên



**Hình 5.** So sánh công suất và độ phản ứng đưa vào vùng hoạt tính bằng Eureka và Paret



**Hình 6.** Nhiệt độ chất làm nguội và bề mặt vỏ bọc

#### IV. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán nhận được trên Hình 3, Hình 4, Hình 5 và Hình 6 cho thấy hai chương trình PLTEMP và PARET hoàn toàn có thể được sử dụng để tính toán các thông số thủy nhiệt cũng như phân tích an toàn cho loại bố nhiên liệu MTR sử dụng cho lò nghiên cứu mới.

Sự sai khác nhỏ giữa các chương trình khi so sánh với nhau là do việc sử dụng các hệ thức truyền nhiệt, các hằng số thủy nhiệt, công thức tính toán và thư viện riêng của mỗi chương trình.

Các kết quả tính toán ở trên hoàn toàn có thể sử dụng để so sánh với kết quả tính toán tính toán cho các bố nhiên liệu khác (VVR-KN, IRT-4M) nhằm lựa chọn được loại nhiên liệu đáp ứng tốt nhất các yêu cầu về vấn đề an toàn cho lò phản ứng nghiên cứu mới.

## V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Masahiro YAGI, Shigeru WADA, Yoji MURAYAMA and Mitsuo TAKEUCHI, “Characteristic Tests of Silicide Fuel Core in JRR-3M”, “2000 International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors”, Las Vegas, Nevada, October 1-6, 2000.
- [2] Daxin Gong, Shanfang Huang, Guanbo Wang, and Kan Wang, “Heat Transfer Calculation on Plate-Type Fuel Assembly of High Flux Research Reactor”, Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2015, Article ID 198654, 13 pages, 2015.
- [3] Masanori KAMINAGA, “COOLOD-N2: A Computer Code, For The Analyses Of Steady-State Thermal-Hydraulics In Research Reactors”, 2008.
- [4] Arne P. Olson, M. Kalimullah, “A users guide to the PLTEMP/ANL V3.8 Code”, ANL/RERTR, Argonne National Laboratory, June, 2009.
- [5] Masanori KAMINAGA, “EUREKA-2/RR: A Computer Code For The Reactivity Accident Analyses In Research Reactors”, 2009.
- [6] A.P. Olson, “A Users Guide to the PARET/ANL Code”, 2012.
- [7] Masanori KAMINAGA, “Eureka-2/Rr Input Data For Jrr-3m Reactivity Initiated Events Analysis”, 2009.