



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0028963

(51)⁷ G21C 1/03

(13) B

(21) 1-2015-02155

(22) 26/11/2012

(86) PCT/RU2012/000979 26/11/2012

(87) WO 2014/081332 30/05/2014

(45) 25/07/2021 400

(43) 25/11/2015 332A

(73) JOINT STOCK COMPANY "AKME-ENGINEERING" (RU)

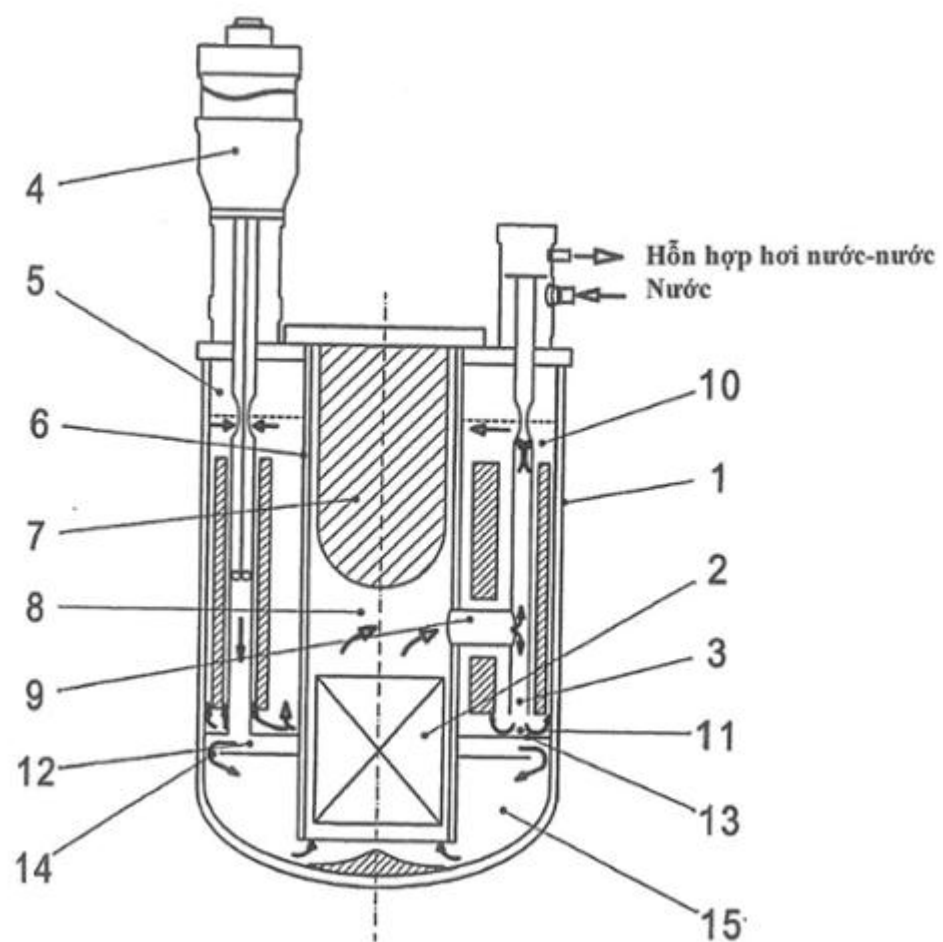
ul. Pyatnitskaya, 13, str. 1 Moscow, 115035, Russian Federation

(72) TOSHINSKY, Georgy Iliich (RU).

(74) Công ty TNHH Trà và cộng sự (TRA & ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN CÓ CHẤT LÀM MÁT KIM LOẠI LÔNG

(57) Sáng chế đề cập đến lò phản ứng hạt nhân có chất làm mát kim loại lông bao gồm thân (1) có vỏ ngăn (6) ở trong đó. Trong không gian hình khuyên (5) giữa thân và vỏ ngăn đặt ít nhất một máy tạo hơi nước (3) và ít nhất một máy bơm (4). Bên trong vỏ ngăn (6) là khu vực hoạt động (2), trên đó cổ góp nóng (8) được đặt nối thông với phần giữa thẳng đứng của máy tạo hơi nước (3) để tách hơi nước của chất làm mát kim loại lông thành dòng đi lên và dòng đi xuống, hoặc cổ góp nóng (8) nối thông với phần phía trên của máy tạo hơi nước để tạo ra chế độ trao đổi nhiệt ngược dòng. Dưới đầu lò phản ứng là cổ góp lạnh ngang phía trên (10) với mức chất làm mát không đầy, và dưới máy tạo hơi nước (3) là cổ góp tích trữ phía dưới (11) nối thông với cổ góp lạnh phía trên (10). Cửa nạp máy bơm (4) nối với cổ góp lạnh phía trên (10), và cửa xả máy bơm (4) nối với cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12), trong đó cổ góp (11) và (12) được tách bởi vách ngăn ngang (13) và cổ góp (12) nối thông với cổ góp phân phối (15) trong khu vực hoạt động.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến công nghệ năng lượng hạt nhân, cụ thể hơn sáng chế đề cập đến thiết kế lò phản ứng hạt nhân nơtron nhanh loại bể bơi có chất làm mát kim loại lỏng nặng (ví dụ: chì, chì bitmut eutecti).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nhà máy năng lượng hạt nhân đã biết bao gồm lò phản ứng có chất làm mát kim loại lỏng, trong đó dưới mức không đầy là: lõi, máy phát điện hơi nước, máy bơm tuần hoàn chính với bánh công tác dạng trục và hệ thống khí bảo vệ, lưỡi bánh công tác của máy bơm tuần hoàn chính được lắp trên ống nối mà trục của vuông góc với trục của trục máy bơm, và các lưỡi có thể được quay đến vị trí nơi dòng chất làm mát được ngừng hoàn toàn trong máy bơm (RU 15955 U1, 2012).

Thiết kế có thể tháo được của lõi lò phản ứng hạt nhân với việc sử dụng ưu tiên chất làm mát bằng kim loại lỏng là chất làm mát mạch sơ cấp đã được biết đến. Cấu trúc này bao gồm cấu trúc nhiên liệu, các vỏ bọc của hệ thống kiểm soát và an toàn (CSS) với chất hấp thụ, các vỏ bọc được cố định trong tấm để với việc sử dụng các thiết bị ống kẹp, thiết bị kẹp ống kẹp của vỏ bọc CSS được cố định trong tấm để và được tạo ra sao cho vòi phun ống kẹp của cấu trúc nhiên liệu ghì chặt với đường kính bên trong, các lưỡi của thiết bị kẹp ống kẹp của vỏ bọc CSS và giữ chúng trong điều kiện hoạt động để duy trì (RU 2298849 C2, 2007).

Lò phản ứng hạt nhân, đặc biệt là lò phản ứng hạt nhân loại bể bơi đã biết có thùng chính chứa lõi bao gồm một bó các thanh nhiên liệu và được nhấn chìm vào chất làm mát chính tuần hoàn giữa lõi và ít nhất một thiết bị trao đổi nhiệt; lò phản ứng này đặc trưng ở chỗ các thanh nhiên liệu kéo dài theo trục dọc song song tương ứng và có khu vực hoạt động tương ứng đặt ở đầu phía dưới của các thanh nhiên liệu và được nhấn chìm vào chất làm mát chính, vì vậy tạo ra lõi, và khu vực hoạt động tương ứng kéo dài lên phía trên từ khu vực hoạt động và ra ngoài chất làm mát chính (WO2009/040644 A2, 2009).

Giải pháp tương tự gần nhất với sáng chế là lò phản ứng hạt nhân loại bể bơi có chất làm mát kim loại lỏng (RU 2408094, 2012). Lò phản ứng này bao gồm thân, lõi,

máy bơm (bơm) để tuần hoàn chất làm mát mạch sơ cấp qua lõi và máy tạo hơi nước (SG), máy bơm và SG được tổ hợp thành bộ phận chắc chắn không thể tách rời đặt trong không gian hình khuyên giữa thân và vỏ ngăn; và chất làm mát mạch sơ cấp được rút ra bằng máy bơm (các bơm) từ cổ góp nóng đặt trên lõi và chảy ngang đến cửa nạp SG và từ đó đi vào cửa nạp của lõi như là dòng chảy, vì vậy khép kín mạch tuần hoàn.

Giải pháp kỹ thuật gần nhất này có những nhược điểm sau:

- máy bơm chuyển chất làm mát nóng có nhiệt độ khoảng 500°C. Vật liệu cấu trúc phù hợp với nhiệt độ đó và có sức chống ăn mòn và hao mòn trong thời gian dài cần thiết trong dòng chất làm mát kim loại lỏng nặng với vận tốc trên lưới bánh công tác của máy bơm xấp xỉ 20 m/giây là không sẵn có;

- vỏ bọc lò phản ứng được hoạt động ở nhiệt độ cao tương đương khoảng 500°C, điều này làm phức tạp việc bảo dưỡng và làm mát vòng bi của máy bơm và truyền động điện, nút bịt kín của khớp nối tháo được trên vỏ bọc v.v.

- tổ hợp máy bơm và SG thành một cấu trúc riêng không thể tách rời có mặt cắt ở dạng hạt đậu làm phức tạp việc sửa chữa, vì khi thay SG lõi thì cũng phải thay thế máy bơm.

- trong trường hợp SG bị rò, các bong bóng hơi nước và các giọt nước có thể bị cuốn bởi dòng rơi của chất làm mát và có thể đi vào lõi. Điều này có thể dẫn đến lõi phản ứng của lò phản ứng quang nơtron nhanh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục những nhược điểm nêu trên của giải pháp đã biết. Giải pháp kỹ thuật theo phương án thực hiện của sáng chế tăng độ tin cậy về hoạt động của lò phản ứng hạt nhân và nâng cao hiệu suất của lò phản ứng.

Theo phương án thực hiện thứ nhất, lò phản ứng hạt nhân bao gồm thân với vỏ bọc, thân chứa vỏ ngăn với nút chặn, vỏ được bố trí trong thân để tạo ra không gian hình khuyên; thân được bố trí với ít nhất một máy tạo hơi nước và ít nhất một máy bơm đặt trong các vỏ tương ứng trong không gian hình khuyên. Lõi được bố trí trong vỏ ngăn, ở phần bên dưới vỏ ngăn; cổ góp nóng được đặt trên lõi và nối thông ở điểm giữa; ống nối cửa nạp (hoặc hai hoặc nhiều ống nối cửa nạp) với máy tạo hơi nước

(hoặc hai hoặc nhiều máy tạo hơi nước). Chất làm mát lạnh từ phần phía trên của máy tạo hơi nước chảy tự do qua các lỗ, như được tạo ra trên vỏ, vào cổ góp lạnh ngang phía trên với mức chất làm mát lạnh không đầy. Cổ góp lạnh ngang phía trên được đặt trong không gian hình khuyên tạo ra dưới vỏ bọc của thân và giữa máy tạo hơi nước và vỏ máy bơm. Chất làm mát lạnh từ phần phía dưới của máy tạo hơi nước đi vào cổ góp tích trữ phía dưới chứa cổ góp lạnh phía trên qua rãnh hình khuyên kéo dài dọc thân lò phản ứng và qua rãnh tạo ra bởi các bộ phận bảo vệ bức xạ tại chỗ đặt trong không gian hình khuyên giữa vỏ ngăn, thân và vỏ của máy tạo hơi nước và máy bơm. Cửa nạp của máy bơm nối thông với cổ góp lạnh ngang phía trên qua các lỗ tạo ra trên vỏ và cửa xả của máy bơm nối thông với cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới được tách bởi vách ngăn ngang từ cổ góp phía dưới, cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới nối thông với cổ góp phân phối lõi thông qua khe hình khuyên. Có thể có một hoặc nhiều máy tạo hơi nước, một hoặc nhiều máy bơm, và số máy tạo hơi nước có thể bằng hoặc không bằng số máy bơm.

Mạch tuần hoàn của chất làm mát theo phương án thực hiện thứ nhất sẽ chỉ hiệu quả cho máy tạo hơi nước tạo ra hỗn hợp hơi nước-nước, vì sự trao đổi nhiệt giữa chất làm mát và hỗn hợp hơi nước-nước trong phần phía trên của máy tạo hơi nước diễn ra theo dạng dòng về phía trước, vì theo phương án thực hiện này, nước cấp được hướng về phần phía dưới của máy tạo hơi nước, và hỗn hợp nước-hơi nước thoát ra từ phía trên và sau đó đi vào thiết bị tách, thiết bị này không phải là một phần của lò phản ứng, để được tách thành nước và hơi nước bão hòa.

Trong trường hợp máy tạo hơi nước dòng thẳng tạo ra hơi nước quá nhiệt được sử dụng, phương thức tuần hoàn chất làm mát cho mạch sơ cấp được sử dụng theo phương án thực hiện thứ hai. Theo phương án thực hiện thứ hai, lò phản ứng hạt nhân bao gồm thân có vỏ bọc, thân chứa vỏ ngăn với nút chặn, vỏ được đặt trong thân để tạo ra không gian hình khuyên; thân được bố trí với ít nhất một máy tạo hơi nước và ít nhất một máy bơm được đặt trong các vỏ tương ứng của nó trong không gian hình khuyên. Lõi được đặt bên trong vỏ ngăn, ở phần phía dưới vỏ ngăn; cổ góp nóng được đặt trên lõi và thông nối với, qua rãnh thẳng tạo ra trong nút chặn với một ống nối cửa nạp (hoặc hai hoặc nhiều ống nối cửa nạp) đặt ở mức của phần phía trên máy tạo hơi nước (hoặc hai hoặc nhiều máy tạo hơi nước), để tạo ra phương thức đối lưu trao đổi nhiệt giữa chất làm mát làm nóng và môi trường đã nóng. Nước cấp hướng về phần

phía dưới của máy tạo hơi nước, và hơi nước quá nhiệt thoát ra từ phần phía trên của máy tạo hơi nước. Chất làm lạnh thoát ra từ phần phía dưới của máy tạo hơi nước đi vào cổ góp tích trữ phía dưới, và tiếp tục đi qua rãnh hình khuyên kéo dài dọc thân lò phản ứng và qua các rãnh tạo ra bởi bộ phận bảo vệ bức xạ tại chỗ đặt trong không gian hình khuyên giữa vỏ ngăn, thân và các vỏ của máy tạo hơi nước và máy bơm, cuối cùng đi vào cổ góp lạnh ngang phía trên với mức chất làm mát không đầy được đặt trong không gian hình khuyên dưới vỏ bọc của thân và giữa các vỏ của máy tạo hơi nước và máy bơm. Cửa nạp của mỗi máy bơm nối với cổ góp lạnh ngang phía trên qua các lỗ tạo ra trên vỏ của nó, và cửa xả của mỗi máy bơm nối thông với cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới được tách bởi vách ngăn ngang từ cổ góp tích trữ phía dưới, cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới nối thông với cổ góp phân phối của lõi qua khe hình khuyên. Có thể là một hoặc nhiều máy tạo hơi nước và cũng có thể là một hoặc nhiều máy bơm.

Theo hai phương án thực hiện này, tốt hơn là, thân và vỏ ngăn của lò phản ứng hạt nhân có dạng hình trụ, và tốt hơn là máy tạo hơi nước và máy bơm được bố trí với các vỏ (vỏ bên ngoài) dạng hình trụ và tốt hơn là đặt thẳng đứng.

Hơn nữa, theo hai phương án thực hiện này của sáng chế, để nâng cao điều kiện tuần hoàn tự nhiên (NC) của chất làm mát mạch sơ cấp khi máy bơm không hoạt động, các van nhánh nối giữa các cổ góp và được mở tại thời điểm ngừng được bố trí trong vách ngăn giữa cổ góp tích trữ phía dưới của máy tạo hơi nước và cổ góp áp suất lõi nhằm loại bỏ việc giải phóng năng lượng dư. Van có thể được bố trí hoặc không bố trí bộ điều khiển. Nếu van không được bố trí bộ điều khiển, được làm bằng vật liệu có tỷ trọng lớn hơn tỷ trọng của chất làm mát, điều này đảm bảo việc mở van nhờ tác động của trọng lực tại thời điểm ngừng bơm và đóng van dưới tác động của lực thủy động tại thời điểm bắt đầu bơm.

Theo phương án thực hiện khác nâng cao điều kiện tuần hoàn tự nhiên chất làm mát mạch sơ cấp, các lỗ thoát nước được tạo ra trong vách ngăn giữa cổ góp tích trữ phía dưới và cổ góp áp suất của lõi. Trong trường hợp như vậy, nếu máy bơm được hoạt động, nhánh chất làm mát liên tục đi qua lõi được tạo ra không lớn hơn phần nhỏ lượng tiêu hao định mức, nhằm việc tăng không thể cho phép của nhiệt độ chất làm mát và nhiệt độ của nhiên liệu. Để giảm phân nhánh bơm, các lỗ thoát nước có thể được bố trí các ống hội tụ có hệ số kháng thủy lực lớn hơn đáng kể khi chất làm mát

chảy từ cổ góp áp suất của máy bơm vào cổ góp tích trữ phía dưới khi chất làm mát chảy từ cổ góp tích trữ phía dưới vào cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới của máy bơm theo phương thức tuần hoàn tự nhiên.

Vì tất cả máy bơm (nếu có nhiều hơn một máy bơm) được nối song song với cổ góp áp suất hình khuyên chung, cổ góp áp suất được bố trí, để giảm tốc độ dòng phân nhánh ở một trong các máy bơm đã ngừng (trong trường hợp bơm bị lỗi), các vách ngăn phẳng tỏa tròn tại khoảng cách bằng nhau tính từ trục máy bơm, các vách ngăn này chặn dòng chất làm mát trực tiếp qua cổ góp áp suất hình khuyên từ cửa xả của máy bơm đang hoạt động đến cửa xả của máy bơm đã ngừng. Điều này cho phép giảm năng lượng lò phản ứng, khi một trong số các máy bơm ngừng, và không tạo ra kháng thủy lực bổ sung trong khi hoạt động của tất cả máy bơm, vì các vách ngăn tỏa tròn được bố trí trong cổ góp áp suất hình khuyên đối xứng với trục của máy bơm.

Theo hai phương án thực hiện của sáng chế, các ống nối đặc biệt trên vỏ bọc lò phản ứng, hoặc các ống nối đó trên vỏ bọc của lò phản ứng nơi lắp máy tạo hơi nước, được bố trí với màng chắn giảm nổ, để loại trừ sự cần thiết tăng độ dày của vỏ bọc lò phản ứng và thân một cách đáng kể trong trường hợp nhiều lỗ rò theo yêu cầu trong các ống của máy tạo hơi nước và khả năng tăng áp suất trong thân lên giá trị áp suất của hơi nước có thể giới hạn áp suất hơi nước trong không gian khí trên mức không làm đầy chất làm mát trong cổ góp lạnh phía trên.

Một hiệu quả rõ ràng có thể đạt được qua việc thực hiện các phương án thực hiện của sáng chế so với lò phản ứng hạt nhân đã biết trong cùng lĩnh vực kỹ thuật, được thể hiện với các đặc tính kỹ thuật mới bao gồm độ tin cậy được cải thiện của lò phản ứng hạt nhân loại bể bơi với chất làm mát kim loại lỏng và hiệu suất của lò phản ứng được cải thiện, tức là:

- máy bơm chuyển chất làm mát “lạnh”, tạo điều kiện thuận lợi tìm giải pháp cho nhiệm vụ đảm bảo nguồn chống ăn mòn và hao mòn dài hạn của phần hoạt động của máy bơm;

- nắp của thân lò phản ứng được hoạt động trong điều kiện nhiệt độ thấp hơn, điều này đảm bảo độ tin cậy cao và đơn giản hóa các điều kiện cho thiết bị làm mát đặt trên nắp;

- máy tạo hơi nước và máy bơm có thể được thay thế độc lập với nhau khi cần, điều này giảm thời gian cần thiết để sửa chữa và giảm chi phí sửa. Cấu trúc bảo hộ cho phép không phải kết hợp số lượng máy bơm với số lượng máy tạo hơi nước. Cấu trúc này cho phép thay thế một cách đơn giản máy tạo hơi nước bị lỗi mà không cần phải loại bỏ máy bơm ra khỏi lò phản ứng;

- sau khi ra khỏi máy tạo hơi nước, chất làm mát chảy vào mức không đầy trong cổ góp lạnh phía trên. Phương thức lưu thông này loại trừ khả năng độ ẩm xâm nhập vào lõi trong trường hợp rò rỉ trong máy tạo hơi nước, vì hơi nước và giọt nước đi vào, cùng với dòng chất làm mát chuyển lên, cổ góp lạnh phía trên, tại đó việc tách trọng lực có hiệu quả diễn ra tại mức không đầy của dòng ngang chất làm mát, bong bóng hơi nước và giọt nước đi vào không gian khí của lò phản ứng chứa đầy khí trơ ở áp suất dư ít để ngăn không khí đi vào không gian khí qua các điểm kẽ hở có thể, không khí đó, trong trường hợp đi vào không gian khí, sẽ gây ra quá trình oxy hóa không mong muốn của chất làm mát.

Ngoài ra, theo phương án thực hiện thứ nhất của sáng chế, trong trường hợp này, việc tách dòng chất làm mát đi vào cửa nạp của máy tạo hơi nước thực hiện chức năng của máy tạo hơi nước – thiết bị làm bay hơi, thành hai phần, cụ thể, một dòng đi lên và một dòng đi xuống, nhờ một ống nối bố trí ở phần giữa của máy tạo hơi nước, làm giảm trở kháng thủy lực của nó tám lần và cho phép giảm trở kháng thủy lực chung của mạch sơ cấp và công suất yêu cầu của máy bơm.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được minh họa bằng hình vẽ, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ minh họa lò phản ứng hạt nhân theo phương án thực hiện thứ nhất.

Fig.2 là hình vẽ minh họa lò phản ứng hạt nhân theo phương án thực hiện thứ hai.

Mô tả chi tiết sáng chế

Lò phản ứng hạt nhân bao gồm thân hình trụ 1 chứa lõi 2, một máy tạo hơi nước, sau đây gọi là “SG” (hoặc nhiều SG) 3 và máy bơm (hoặc các bơm) 4. SG 3 và máy bơm 4 được đặt trong các vỏ tương ứng của chúng. Chất làm mát kim loại lỏng

nặng của mạch sơ cấp, ví dụ, chì hoặc chì bitmut euctecti, di chuyển trong không gian ống của SG, và chất làm mát của mạch thứ cấp (nước, hơi nước) di chuyển bên trong các ống.

SG và máy bơm chuyển chất làm mát kim loại lỏng được bố trí trong không gian hình khuyên 5 tạo ra bởi thân hình trụ của lò phản ứng 1 và vỏ hình trụ 6. Lõi 2 được đặt bên trong vỏ ngăn hình trụ 6 ở phần dưới của nó, và nút chặn 7 được đặt ở phần phía trên của nó.

Tốt hơn, SG 3 và máy bơm 4 có vỏ tương ứng dạng hình trụ và tốt hơn được đặt thẳng đứng, số lượng máy bơm 4 không được liên kết với số SG 3, vì chúng được gắn độc lập với nhau trong thân.

Cổ góp nóng 8 được đặt trên lõi 2, và chất làm mát kim loại lỏng của mạch sơ cấp được cấp từ mạch sơ cấp đến buồng cửa nạp của SG qua ống nối cửa nạp 9 nối với lỗ được tạo ra trong vỏ ngăn 6 với buồng cửa nạp của SG 3. Nếu có vài SG 3, số lượng ống nối cửa nạp 9 và các lỗ tạo ra trong vỏ ngăn 6 là bằng số lượng SG.

Theo phương án thực hiện thứ nhất của sáng chế, ống nối cửa nạp được đặt ở phần giữa (theo chiều cao) của SG 3.

Sau khi đi vào phần giữa của SG 3, chất làm mát kim loại lỏng này được tách thành hai phần: dòng đi lên để làm sạch phần phía trên của SG 3 và dòng tự do qua các lỗ tạo ra trong vỏ của SG – thiết bị làm bay hơi vào cổ góp lạnh ngang phía trên 10 với mức chất làm lạnh không đầy, cổ góp được đặt trong không gian hình khuyên dưới nắp lò phản ứng và giữa các vỏ của SG và máy bơm, và dòng thấp đi xuống để làm sạch phần phía dưới của SG 3 và đi vào cổ góp tích trữ phía dưới nơi dòng đi xuống cũng chảy qua rãnh hình khuyên kéo dài dọc thân lò phản ứng và qua các rãnh tạo ra bởi bộ phận bảo vệ bức xạ tại chỗ bố trí trong không gian hình khuyên giữa vỏ ngăn, thân và các vỏ của SG và máy bơm, vào cổ góp lạnh ngang phía trên 10 nơi dòng đi lên được trộn với chất làm mát kim loại lỏng đi vào từ phần phía trên của SG 3.

Chất làm mát kim loại lỏng chảy tự do và theo chiều ngang từ cổ góp lạnh ngang phía trên 10 qua các lỗ trong vỏ máy bơm vào cửa nạp của máy bơm 4 và được cấp thêm, như là dòng đi xuống, dưới áp suất tạo ra bởi máy bơm vào cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới 12 tách bởi vách ngăn ngang 13 từ cổ góp tích trữ phía dưới 11.

Ngoài ra, chất làm mát chảy từ cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới qua khe hình khuyên 14 vào cổ góp phân phối 15 của lõi 2, vì vậy đóng mạch tuần hoàn.

Sự xâm nhập có thể của độ ẩm vào lõi 2 trong trường hợp SG bị rò rỉ được loại trừ do thực tế là bất kỳ độ ẩm nào (hơi nước, giọt nước) từ không gian ống của SG 3 được chuyển bằng dòng chất làm mát đi lên vào cổ góp lạnh phía trên 10, nơi hơi nước được tách có hiệu quả bằng trọng lực ở mức chất làm mát không đầy và được loại bỏ vào không gian khí của lò phản ứng đầy khí trơ dưới áp suất dư ít. Độ ẩm được loại bỏ khỏi không gian khí của lò phản ứng bằng phương tiện truyền thống.

Kết quả, nắp lò phản ứng và bánh công tác của máy bơm tác động qua lại với chất làm mát lạnh từ cổ góp lạnh ngang phía trên 10 cho phép nâng cao độ tin cậy trong hoạt động và kéo dài tuổi thọ.

Phương án thực hiện thứ nhất của sáng chế đề cập đến SG tạo ra hỗn hợp nước-hơi nước được cấp thêm vào thiết bị tách để tách thành nước và hơi nước bão hòa.

Phương thức tuần hoàn chất làm mát kim loại lỏng của mạch sơ cấp được thay đổi nhỏ cho SG chảy trực tiếp tạo ra hơi nước quá nhiệt và tương ứng với phương án thực hiện thứ hai của sáng chế.

Trong trường hợp này (phương án thực hiện thứ hai của sáng chế) các ống nổi cửa nạp 9 của SG 3 được bố trí ở mức mà chất làm mát kim loại lỏng đi vào phần phía trên của SG 3 nơi chất làm mát di chuyển như là dòng đi xuống nhằm thiết lập mô hình trao đổi nhiệt chảy ngược giữa chất làm mát nóng và môi trường đã làm nóng, vì nước đã cấp đi vào SG từ bên dưới và hơi nước quá nhiệt thoát ra từ trên.

Chất làm mát kim loại lỏng nóng đi vào ống nổi cửa nạp 9 (hoặc ống nổi cửa nạp) của SG từ cổ góp nóng 8 của lõi 2 qua rãnh đặc biệt 16 tạo ra trong nút chặn 7 đặt trên lõi 2 bên trong vỏ ngăn hình trụ 6. Ống nổi cửa nạp 9 (hoặc các ống nổi cửa nạp) nổi các lỗ tạo ra trong vỏ ngăn với buồng cửa nạp (hoặc các buồng cửa nạp) của SG.

Trong một khía cạnh khác, phương thức tuần hoàn không khác với phương án thực hiện thứ nhất đã mô tả ở trên.

Để nâng cao điều kiện tuần hoàn tự nhiên (NC) của chất làm mát mạch sơ cấp khi máy bơm không hoạt động và để loại bỏ việc giải phóng năng lượng dư, các van

nhánh được bố trí giữa cổ góp tích trữ phía dưới của SG và cổ góp áp suất của lõi, các van được nối với các cổ góp đã nói được mở khi máy bơm không hoạt động.

Các van có thể được bố trí hoặc không được bố trí với các bộ điều khiển tương ứng của chúng. Trong trường hợp các van không được bố trí các bộ điều khiển, van được làm từ nguyên liệu có tỷ trọng lớn hơn tỷ trọng của chất làm mát (ví dụ vonfram). Sau khi ngừng bơm, các van sẽ mở bằng trọng lực, và sau khi mở máy bơm, các van sẽ đóng nhờ tác động của lực thủy động.

Khi van nhánh được mở, mạch tuần hoàn của chất làm mát là ngắn hơn và có sức kháng thủy lực thấp hơn.

Chất làm mát chảy từ lõi 2 đến cổ góp nóng 8 của lõi, từ nơi chất làm mát đi vào qua ống nối cửa nạp 9, vào phần giữa của SG 3, nếu phương thức bố trí SG thực hiện chức năng của máy tạo hơi nước-máy làm bay nước tạo ra hơi nước ẩm, hoặc vào phần phía trên của SG 3 nếu sử dụng SG chảy trực tiếp. Sau đó, chất làm mát làm sạch, như là dòng đi xuống, phần phía dưới của SG-máy làm bay hơi nước (phương án thực hiện thứ nhất của sáng chế) hoặc toàn bộ SG nếu nó là SG dòng trực tiếp (phương án thực hiện thứ hai của sáng chế) và đi vào cổ góp tích trữ phía dưới 11 của SG, từ nơi chất làm mát chảy qua các van nhánh mở vào cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới 12 của lõi, vì vậy đóng mạch NC của chất làm mát.

Một biến thể khác nâng cao điều kiện cho tuần hoàn tự nhiên của chất làm mát ở mạch sơ cấp có thể được thực hiện mà không sử dụng van nhánh bằng cách bố trí các cổng thoát nước tạo ra trong vách chia ngang 13 giữa cổ góp tích trữ phía dưới 11 của SG và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới 12 của lõi. Trong trường hợp này, nếu máy bơm 4 hoạt động, nhánh liên tục của dòng đi qua lõi được tạo ra không vượt quá phần nhỏ của dòng định mức, để loại trừ việc tăng không cho phép của nhiệt độ chất làm mát và nhiên liệu. Để giảm phân nhánh của máy bơm 4, các cổng thoát nước có thể được bố trí các ống hội tụ có hệ số kháng thủy lực là lớn hơn đáng kể khi chất làm mát chảy từ cổ góp áp suất của máy bơm vào cổ góp tích trữ của SG so với khi chất làm mát chảy theo phương thức NC từ cổ góp tích trữ phía dưới 11 của SG vào cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới 12.

Vì tốc độ chảy của chất làm mát theo phương thức NC là rất chậm, trong trường hợp rò rỉ trong SG 3 bong bóng hơi nước và giọt nước sẽ không bị cuốn bởi dòng chất

làm mát đi xuống trong SG 3 mà chúng sẽ đi vào bề mặt của mức không đầy chất làm mát trong cổ góp lạnh ngang phía trên 10 và sẽ được tách hiệu quả thành không gian khí. Để giảm thêm khả năng hơi nước đi vào lõi, các van nhánh hoặc các cổng thoát nước nên đặt tại khoảng cách tối đa có thể từ các điểm nơi chất làm mát thoát ra khỏi SG 3 vào cổ góp tích trữ phía dưới 11 của SG.

Vì tất cả máy bơm 4 (nếu có nhiều máy bơm) được nối song song với cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới chung 12, van sau được bố trí, để giảm dòng phân nhánh qua một trong các máy bơm đã ngừng (ví dụ, nếu máy bơm bị hỏng), các vách ngăn phẳng tỏa tròn bố trí tại khoảng cách đến từ trục máy bơm và ngăn chất làm mát đi trực tiếp vào cửa xả của máy bơm đã ngừng qua cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới 12 từ các cửa xả của các máy bơm đang hoạt động. Điều này cho phép giảm công suất lò phản ứng khi một trong số các máy bơm ngừng và không tạo ra kháng thủy lực bổ sung khi tất cả máy bơm hoạt động, vì các vách ngăn tỏa tròn trong cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới 12 được bố trí đối xứng với trục của máy bơm 4.

Để loại trừ sự cần thiết việc tăng đáng kể độ dày của nắp lò phản ứng và thân 1, độ dày sẽ đảm bảo độ cứng của chúng trong trường hợp nhiều lỗ rò theo yêu cầu trong các ống của máy tạo hơi nước 3, và khả năng tăng áp suất trong thân đến giá trị áp suất của hơi nước, màng chắn giảm nổ được bố trí đặt trong các ống nối đặc biệt trên nắp lò phản ứng hoặc các ống nối của nắp lò phản ứng nơi lắp SG 3. Độ bền của màng chắn được thiết kế cho áp suất thấp hơn nhiều áp suất định mức của hơi nước. Thực tế, các màng chắn, không đặt thêm tải trọng về cấu trúc lò phản ứng, thực hiện chức năng của thiết bị an toàn sẵn có, vì không có lý do cho sự phá hủy đồng thời nhiều ống của SG 3.

Yêu cầu bảo hộ

1. Lò phản ứng hạt nhân có chất làm mát kim loại lỏng, bao gồm thân (1) có nắp và vỏ ngăn (6) được bố trí trong thân lò phản ứng (1) để tạo ra không gian hình khuyên (5) giữa vỏ ngăn (6) và thân (1), ít nhất một máy tạo hơi nước (3) và ít nhất một máy bơm (4) được bố trí trong không gian hình khuyên (5), mỗi thứ được đặt trong vỏ tương ứng; vỏ ngăn (6) chứa nút ngăn (7) ở phần phía trên của nó và lõi lò phản ứng (2) ở phần phía dưới; và cổ góp nóng (8) được đặt trên lõi lò phản ứng (2), đặc trưng ở chỗ, cổ góp nóng (8) được tạo ra nối thông với máy tạo hơi nước (3) ở vị trí tại điểm giữa theo chiều cao của máy tạo hơi nước (3) để tách dòng chất làm mát kim loại lỏng thành dòng đi lên và dòng đi xuống để làm sạch tương ứng phần phía trên và phần phía dưới của máy tạo hơi nước (3); cổ góp lạnh ngang phía trên (10) được bố trí trong không gian hình khuyên dưới nắp lò phản ứng và giữa thân (1), vỏ ngăn (6) và các vỏ của máy tạo hơi nước (3) và máy bơm (4), cổ góp lạnh có mức chất làm lạnh không đầy và nối thông với phần phía trên của máy tạo hơi nước (3) qua các lỗ tạo ra trong vỏ của nó; cổ góp tích trữ phía dưới (11) được đặt dưới máy tạo hơi nước nhằm thu chất làm mát lạnh từ phần phía dưới của máy tạo hơi nước (3), cổ góp tích trữ phía dưới nối thông với cổ góp lạnh ngang phía trên (10) qua rãnh hình khuyên kéo dài dọc thân lò phản ứng (1) và tạo ra bởi vỏ ngăn (6), thân (1) và các vỏ của máy tạo hơi nước (3) và máy bơm (4) và qua các rãnh tạo ra bởi bộ phận bảo vệ bức xạ tại chỗ bố trí trong không gian hình khuyên đã nói; cửa nạp của máy bơm (4) nối thông với cổ góp lạnh ngang phía trên (10) qua các lỗ tạo ra trong vỏ, và cửa xả của máy bơm (4) nối thông với cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12), cổ góp tích trữ phía dưới (11) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được tách bởi vách ngăn ngang (13) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) nối thông với cổ góp phân phối của lõi lò phản ứng (15) qua khe hình khuyên (14).

2. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, thân lò phản ứng hạt nhân (1) và vỏ ngăn (6) được làm dưới dạng hình trụ.

3. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, máy tạo hơi nước (3) và máy bơm (4) được bố trí các vỏ hình trụ và bố trí thẳng đứng trong không gian hình khuyên (5) giữa thân lò phản ứng hạt nhân (1) và vỏ ngăn (6).

4. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, cổ góp nóng (8) được nối với phần giữa của máy tạo hơi nước qua ống dẫn cửa nạp (9).
5. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1-4, đặc trưng ở chỗ, số lượng máy tạo hơi nước (3) là hai hoặc nhiều hơn.
6. Lò phản ứng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1-4, đặc trưng ở chỗ, số lượng máy bơm (4) là hai hoặc nhiều hơn.
7. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 5, đặc trưng ở chỗ, số lượng máy bơm (4) là hai hoặc nhiều hơn.
8. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, vách ngăn ngang (13) giữa cổ góp tích trữ phía dưới (11) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được bố trí các van nhánh nối ở giữa các cổ góp (11) và (12) đã nói và đặt tại khoảng cách tối đa từ các cửa xả của máy tạo hơi nước (3) kéo dài đến cổ góp tích trữ phía dưới (11).
9. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 8, đặc trưng ở chỗ, van được bố trí các bộ phận điều khiển.
10. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 8, đặc trưng ở chỗ, các van không được bố trí các bộ phận điều khiển và được làm bằng vật liệu có tỷ trọng lớn hơn tỷ trọng của chất làm mát kim loại lỏng.
11. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, vách ngăn ngang (13) giữa cổ góp tích trữ phía dưới (11) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được bố trí các cổng thoát nước tạo ra khoảng cách tối đa từ các cửa xả của thiết bị tạo hơi nước (3) kéo dài tới cổ góp tích trữ phía dưới (11).
12. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 11, đặc trưng ở chỗ, các cổng thoát nước được bố trí các ống hội tụ có kháng thủy lực lớn hơn khi chất làm mát từ cổ góp áp suất của máy bơm vào cổ góp tích trữ phía dưới (11) so với khi chất làm mát chảy từ cổ góp tích trữ phía dưới (11) vào cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) của máy bơm (4) theo phương thức tuần hoàn tự nhiên.
13. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, các vách ngăn phẳng tỏa tròn được tạo ra trong cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) với khoảng cách đều từ trục của máy bơm (4), khi số lượng máy bơm là lớn hơn một.

14. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, màng chắn giảm nổ được tạo ra trong nắp lò phản ứng, bao gồm các vị trí nơi lắp các máy tạo hơi nước (3).

15. Lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát lỏng, bao gồm thân (1) có nắp, thân (1) bao gồm vỏ ngăn (6) đặt bên trong để tạo ra không gian hình khuyên (5) giữa vỏ ngăn (6) và thân (1); ít nhất một máy tạo hơi nước (3) và ít nhất một bơm (4) được bố trí trong các vỏ tương ứng của chúng trong không gian hình khuyên (5), nút chặn được bố trí bên trong vỏ ngăn (6) ở phần phía trên của nó, và lõi của lò phản ứng (2) được bố trí ở phần phía dưới của nó; và cổ góp nóng (8) được đặt trên lõi lò phản ứng, đặc trưng ở chỗ, cổ góp nóng (8) được tạo ra để nối thông, qua rãnh tạo ra trong nút chặn (7), với ống dẫn cửa nạp (9) bố trí tại độ cao tương ứng với mức ở phần phía trên của máy tạo hơi nước (3), cổ góp lạnh ngang phía trên (10) với mức chất làm lạnh không đầy được bố trí trong không gian hình khuyên dưới nắp lò phản ứng và giữa thân (1), vỏ ngăn (6) và các vỏ của máy tạo hơi nước (3) và máy bơm (4); và cổ góp tích trữ phía dưới (11) được đặt dưới máy tạo hơi nước (3), nối thông với cổ góp lạnh ngang phía trên (10) qua rãnh hình khuyên kéo dài dọc thân lò phản ứng (1) và được tạo ra bởi vỏ ngăn (6), thân (1) và các vỏ của máy tạo hơi nước (3) và máy bơm (4) và qua các rãnh tạo ra bởi bộ phận bảo vệ bức xạ tại chỗ bố trí trong không gian hình khuyên (5) giữa thân lò phản ứng hạt nhân (1) và vỏ ngăn (6); cửa nạp của máy bơm (4) được nối với cổ góp lạnh ngang phía trên (10) qua các lỗ tạo ra trong máy bơm (4), và cửa xả của máy bơm (4) được nối với cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12), cổ góp tích trữ phía dưới (11) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được tách bởi vách ngăn ngang (13) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được nối thông, qua khe hình khuyên (14), với cổ góp phân phối (15) của lõi lò phản ứng (2).

16. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 15, đặc trưng ở chỗ, thân lò phản ứng hạt nhân (1) và vỏ ngăn (6) được làm dưới dạng hình trụ.

17. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 15, đặc trưng ở chỗ, máy tạo hơi nước (3) và máy bơm (4) được bố trí với các vỏ hình trụ và đặt thẳng đứng trong không gian hình khuyên (5) giữa thân lò phản ứng hạt nhân (1) và vỏ ngăn (6).

18. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15-17, đặc trưng ở chỗ, số lượng máy tạo hơi nước (3) là hai hoặc nhiều hơn.

19. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15-17, đặc trưng ở chỗ, số lượng máy bơm (4) là hai hoặc nhiều hơn.
20. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 18, đặc trưng ở chỗ, số lượng máy bơm (4) là hai hoặc nhiều hơn.
21. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 15, đặc trưng ở chỗ, vách ngăn ngang (13) giữa cổ góp tích trữ phía dưới (11) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được bố trí các van nhánh nối ở giữa với các cổ góp (11) và (12) đã nói và đặt tại khoảng cách lớn nhất từ các cửa xả của máy tạo hơi nước (3) kéo dài đến thiết bị để chứa phía dưới (11).
22. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 21, đặc trưng ở chỗ, các van được bố trí với các bộ điều khiển.
23. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 21, đặc trưng ở chỗ, các van không được bố trí các bộ điều khiển và được làm bằng vật liệu có tỷ trọng lớn hơn tỷ trọng của chất làm mát kim loại lỏng.
24. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 15, đặc trưng ở chỗ, vách ngăn ngang (13) giữa cổ góp tích trữ phía dưới (11) và cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) được bố trí các cổng thoát nước được tạo ra ở khoảng cách lớn nhất từ các cửa xả của các máy tạo hơi nước (3) kéo dài đến cổ góp tích trữ phía dưới (11).
25. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 24, đặc trưng ở chỗ, các cổng thoát nước được bố trí các ống hội tụ có kháng thủy lực lớn hơn khi chất làm mát từ cổ góp áp suất của máy bơm đến cổ góp tích trữ phía dưới (11) so với khi chất làm mát chảy từ cổ góp tích trữ phía dưới (11) đến cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) theo phương thức tuần hoàn tự nhiên.
26. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 15, đặc trưng ở chỗ, các vách ngăn phẳng tỏa tròn được tạo ra trong cổ góp áp suất hình khuyên phía dưới (12) với khoảng cách đều từ trục của máy bơm (4) khi số lượng máy bơm là lớn hơn một.
27. Lò phản ứng hạt nhân theo điểm 15, đặc trưng ở chỗ, màng ngăn giảm nổ được tạo ra trong nắp lò phản ứng, bao gồm vị trí nơi lắp máy tạo hơi nước (3).

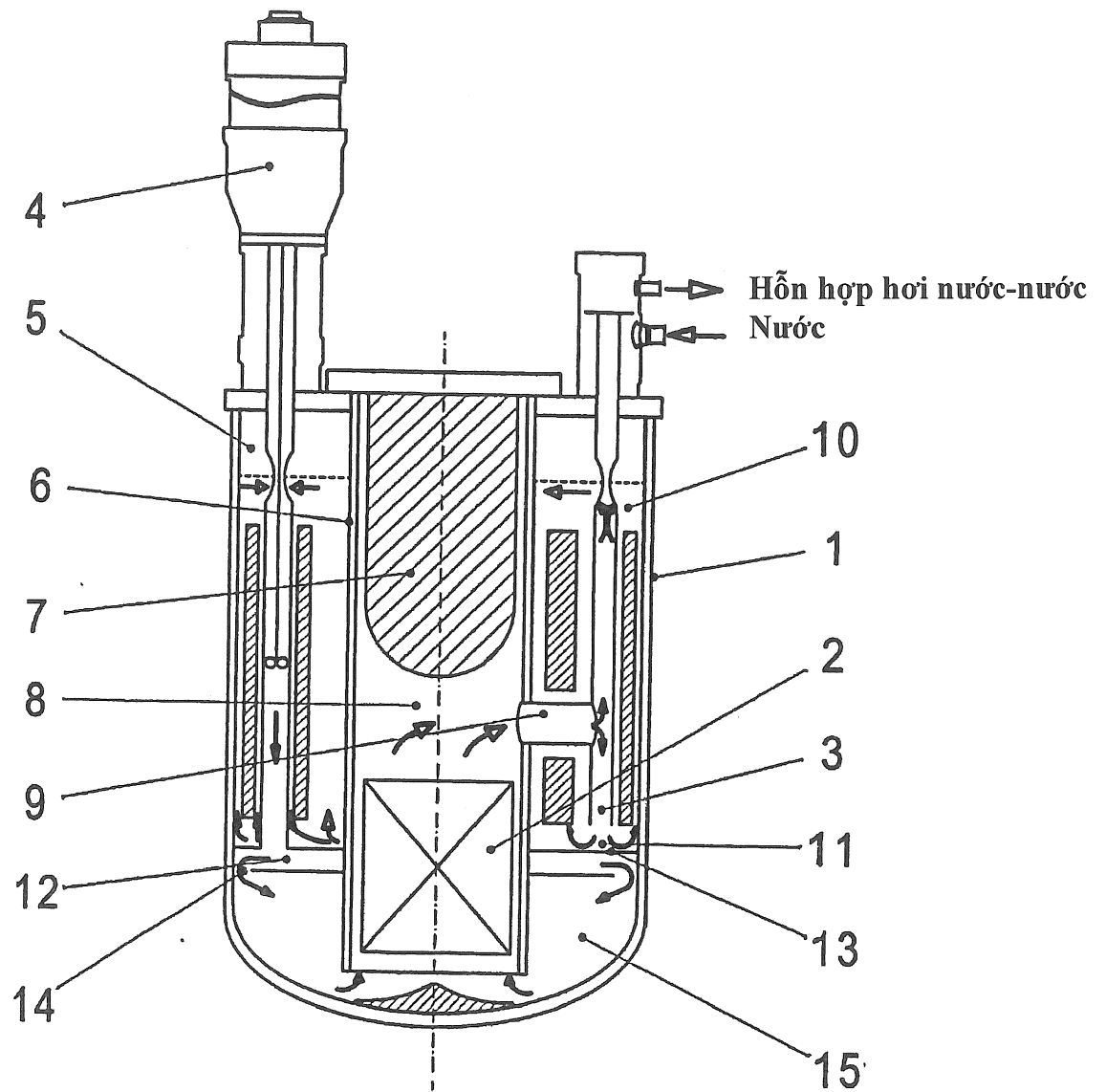


Fig. 1

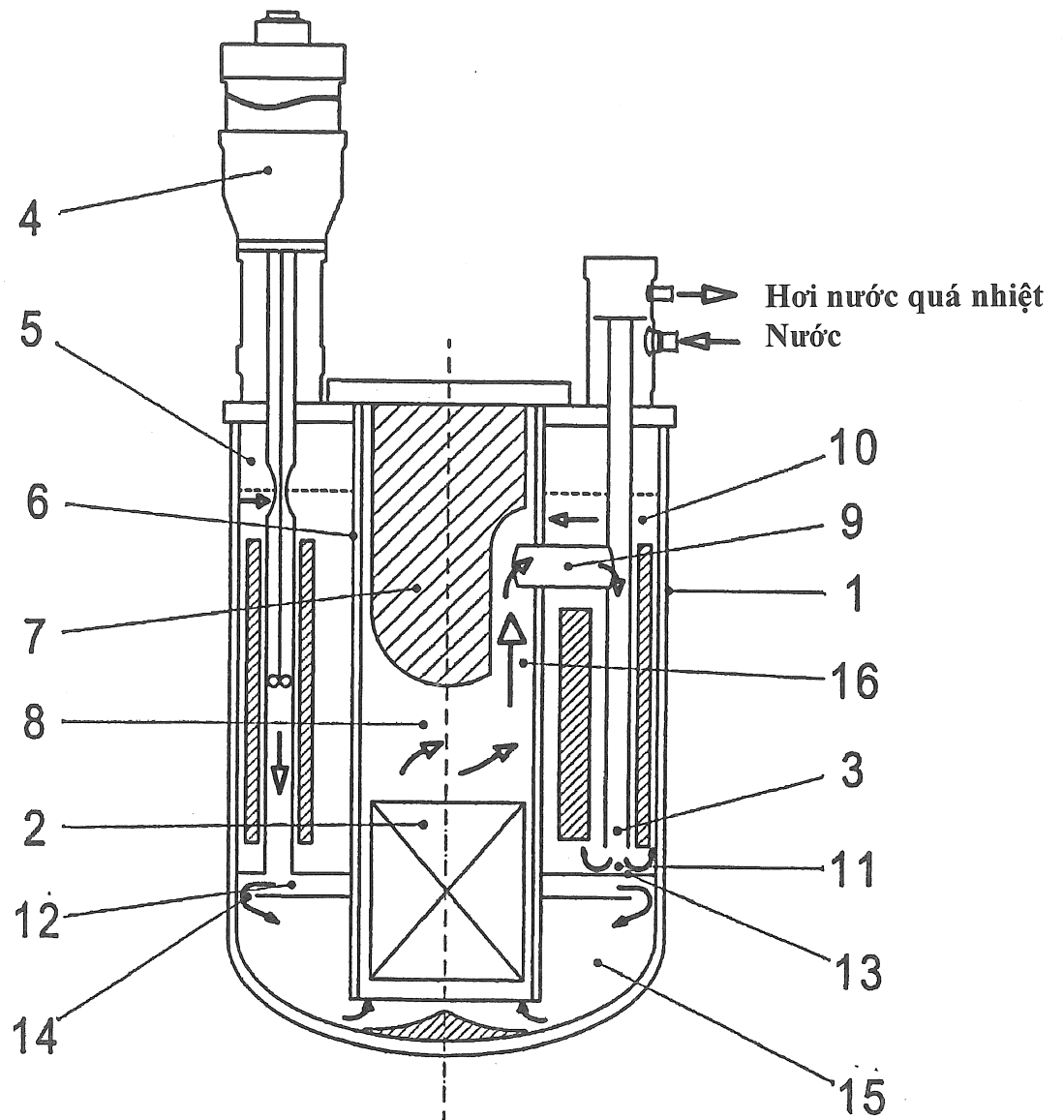


Fig. 2