



(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)



1-0029063

(51)^{2016.01} **G21C 17/022**; G21C 19/303; G21C
19/28; C23F 11/00

(13) **B**

(21) 1-2017-02206

(22) 06/11/2015

(86) PCT/RU2015/000742 06/11/2015

(87) WO2016/076756 19/05/2016

(30) 2014145266 11/11/2014 RU

(45) 25/08/2021 401

(43) 25/09/2017 354A

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

ul. Pyatnitskaya, 13, stroenie 1 Moscow, 115035, Russia

(72) MARTYNOV, Petr Nikiforovich (RU); IVANOV, Konstantin Dmitrievich (RU);

ASKHADULLIN, Radomir Shamil'evich (RU); STOROZHENKO, Aleksey

Nikolaevich (RU); LEGKIH, Alexander Yurievich (RU); UL'YANOV, Vladimir

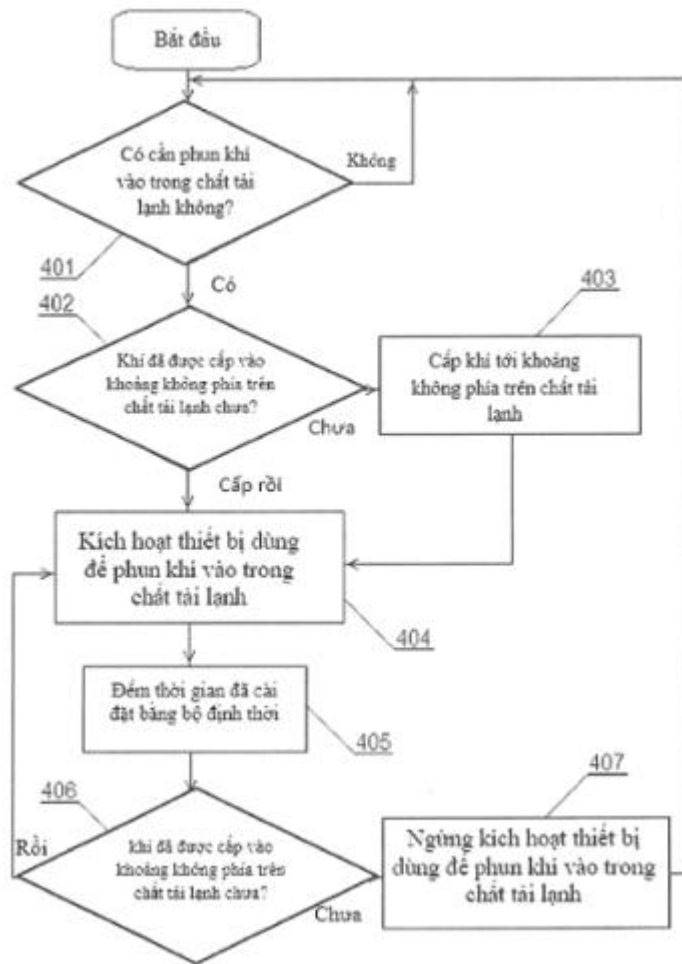
Vladimirovich (RU); BOROVITSKY, Stepan Artemovich (RU); FILIN, Alexandr

Ivanovich (RU); BYLAVKIN, Sergey Victorovich (RU).

(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) PHƯƠNG PHÁP PHUN KHÍ VÀO CHẤT TẢI LẠNH KIM LOẠI LÔNG CỦA Lò
PHẢN ỨNG VÀ NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp phun khí vào chất tải lạnh của nhà máy điện hạt nhân. Phương pháp theo sáng chế bao gồm các bước: phun khí vào chất tải lạnh, khí này được cấp từ hệ thống khí tới khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh; rút khí vào trong hệ thống khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Vấn đề kỹ thuật của sáng chế là ngăn ngừa việc sử dụng lại khí đã bị nhiễm bẩn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ngành công nghiệp năng lượng hạt nhân và các nhà máy điện hạt nhân, và cụ thể hơn là đề cập đến các nhà máy điện hạt nhân có sử dụng các chất tải lạnh kim loại lỏng. Đồng thời, sáng chế cũng có thể được áp dụng cho các nhà máy điện phi hạt nhân khác nhau.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Một trong số các vấn đề chính của các nhà máy điện hạt nhân có sử dụng các chất tải lạnh kim loại lỏng là sự ăn mòn các vật liệu kết cấu của lò phản ứng. Để ngăn ngừa ăn mòn, kỹ thuật tạo lớp phủ oxit bảo vệ được sử dụng. Khả năng chống ăn mòn của các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, ví dụ như thép, phụ thuộc vào trạng thái nguyên vẹn của các lớp phủ này.

Cần lưu ý rằng vấn đề nêu trên có thể xảy ra ở cả các nhà máy điện hạt nhân có sử dụng các chất tải lạnh không phải là kim loại lỏng và các nhà máy điện phi hạt nhân. Mặc dù sáng chế được mô tả liên quan đến các nhà máy điện hạt nhân có sử dụng các chất tải lạnh kim loại lỏng, sáng chế cũng có thể được sử dụng cho cả các nhà máy điện hạt nhân có sử dụng các chất tải lạnh không phải là kim loại lỏng và các nhà máy điện phi hạt nhân.

Oxi có thể được dùng để tạo ra các lớp phủ oxit. Patent Nga số RU2246561 (cấp ngày 20/2/2005) bộc lộ phương pháp làm tăng nồng độ oxi trong chất tải lạnh bằng cách phun trực tiếp khí oxi vào chất tải lạnh này, hoặc cấp oxi vào bề mặt chất tải lạnh, ví dụ, vào buồng khí gần với chất tải lạnh – trong trường hợp cấp oxi vào bề mặt chất tải lạnh thì oxi xâm nhập vào chất tải lạnh bằng cách pha loãng (infusion). Do thực tế là sắt, crôm và các thành phần khác của các vật liệu kết cấu có ái lực hóa học cao hơn đối với oxi so với các thành phần của chất tải lạnh như chì và/hoặc bismut, nên oxi được đẩy vào trong chất tải lạnh kim loại lỏng dưới dạng các oxit của các thành phần của chất tải lạnh sẽ oxy hóa các thành phần của các vật liệu kết cấu và, ở nồng độ oxi thích hợp, sẽ tạo ra các lớp phủ oxit bảo vệ trên bề mặt của các thành phần lò phản ứng. Để đảm bảo có loại hiệu ứng này, nồng độ oxi trong chất tải lạnh cần được duy trì trong các giới hạn cụ thể phụ thuộc vào kiểu dáng của lò phản ứng và các vật liệu kết cấu, cũng như là vào chủng loại và thành phần của chất tải lạnh.

Bằng sáng chế Liên bang Nga số RU2226010 (cấp ngày 20/03/2004) bộc lộ nhà máy điện hạt nhân có lò phản ứng sử dụng chất tải lạnh chì kim loại lỏng hoặc các hợp kim của chì kim loại lỏng này, được đặt dưới mức tự do của vùng hoạt động, các lò hơi, các phương tiện tuần hoàn và hệ thống khí bảo vệ bao gồm bộ lọc làm sạch khí, máy nén khí, khác biệt ở chỗ nhà máy này được trang bị thiết bị trộn khí, được chế tạo dưới dạng

ống góp dạng vòng được đục lỗ được đặt bên dưới mức tự do này trong chu trình chất tải lạnh ở cửa vào bơm tuần hoàn chính, đường ống hút. Lò phản ứng này được kết nối với khoang chứa khí của lò phản ứng này, với xi bình khí có hỗn hợp khử và với đường ống áp lực của máy nén khí, ống góp hình khuyên có các lỗ tròn trên bề mặt hướng vào tâm của ống góp này, mỗi lỗ này có miệng có đường kính nhỏ hơn ở phần trên dọc theo trục thẳng đứng chung của chúng phía trên tâm của lỗ tròn này.

Ngoài oxi, các khí khác có thể được phun vào chất tải lạnh. Một trong các nhược điểm của phương pháp này là việc phun khí vào chất tải lạnh sẽ tạo ra các bong bóng nổi trên bề mặt chất tải lạnh và khí từ các bong bóng này sẽ đi vào khoảng không phía trên chất tải lạnh. Khi ở trong chất tải lạnh, bụi, các hạt pha rắn và các thành phần được hòa tan trong chất tải lạnh có thể lọt vào các bong bóng khí này. Do đó, khí đã được phun vào chất tải lạnh sẽ bị nhiễm bẩn bởi bụi, các hạt pha rắn và các thành phần này sau khi nằm trong chất tải lạnh và đi vào khoảng không phía trên chất tải lạnh. Việc tái sử dụng các khí như vậy, cụ thể là việc phun lại khí này vào chất tải lạnh sẽ làm nhiễm bẩn chất tải lạnh và các thiết bị của lò phản ứng và, do đó, gây các lỗi thiết bị và về tổng thể làm giảm tuổi thọ vận hành của thiết bị và lò phản ứng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp phun khí vào chất tải lạnh kim loại lỏng của lò phản ứng và nhà máy điện hạt nhân không có các nhược điểm được nêu trong phần tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Cụ thể là, cần ngăn ngừa sự nhiễm bẩn chất tải lạnh của lò phản ứng, bể chứa và thiết bị do sự xuất hiện của khí trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và việc tái sử dụng khí đã được phun vào chất tải lạnh trước đó và đã bị nhiễm bẩn trong đó, trong khi tạo ra khả năng tái sử dụng khí này. Mục đích này đạt được bởi đối tượng trong các điểm yêu cầu bảo hộ độc lập.

Mục đích của sáng chế đạt được nhờ sử dụng phương pháp phun khí vào chất tải lạnh của lò phản ứng như được xác định trong điểm yêu cầu bảo hộ 1. Lò phản ứng này được kết nối với hệ thống khí và bao gồm thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh được lắp một phần trong chất tải lạnh này và một phần trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh này và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh vào chất tải lạnh này. Hệ thống khí này được kết nối với lò phản ứng và được làm thích ứng để cấp khí vào/rút khí ra khỏi khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh.

Phương pháp theo sáng chế bao gồm các bước sau: khí cần phun vào chất tải lạnh được cấp từ hệ thống khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh; khí này được phun vào chất tải lạnh bằng cách duy trì áp suất khí cao hơn áp suất của chất tải lạnh trong thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh; khí này được phun vào trong hệ thống khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh.

Theo một phương án trong số các phương án thực hiện của sáng chế, khí được cấp liên tục vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh từ hệ thống khí và được rút ra liên tục từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh này tới hệ thống khí trong quá trình phun khí vào chất tải lạnh. Theo phương án thực hiện khác của sáng chế, khí này được phun vào chất tải lạnh trong khoảng thời gian không dài hơn thời gian cần để khí được phun vào chất tải lạnh chạm tới bề mặt chất tải lạnh.

Ưu tiên khí được rút ra từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh tới hệ thống khí được lọc và phun trở lại vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Theo một số phương án, áp suất khí trong thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh được duy trì cao hơn áp suất của chất tải lạnh bằng cách tăng áp suất khí trong khoảng không phía trên chất tải lạnh. Theo các phương án khác, áp suất khí trong thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh được duy trì cao hơn áp suất của chất tải lạnh bằng cách giảm cục bộ áp suất của chất tải lạnh gần thiết bị dùng để phun khí bằng cách quay ít nhất một phần của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh.

Mục đích của sáng chế cũng đạt được bởi việc sử dụng nhà máy điện hạt nhân như được xác định trong điểm yêu cầu bảo hộ số 7 bao gồm: lò phản ứng, chất tải lạnh nằm trong lò phản ứng này, hệ thống khí được kết nối với lò phản ứng và được làm thích ứng để cấp khí vào và rút khí ra khỏi khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh được lắp một phần trong chất tải lạnh và một phần trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh vào chất tải lạnh. Hệ thống khí và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh được làm thích ứng để vận hành tương thích với phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án được mô tả trên đây và/hoặc dưới sự điều khiển của hệ thống theo phương án bất kỳ trong số các phương án được mô tả trên đây.

Theo phương án được ưu tiên, hệ thống khí này bao gồm các ống, bộ lọc khí và bơm được kết nối vào vòng ống, phần đầu của vòng ống này được làm thích ứng để nhận khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh của lò phản ứng và phần cuối của vòng ống này được làm thích ứng để cấp khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh của lò phản ứng.

Sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị (hệ thống) dùng để điều khiển phun khí vào chất tải lạnh và nhà máy điện hạt nhân, phương pháp và thiết bị này không có các nhược điểm được nêu trên phần tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Kết quả kỹ thuật này là đạt được việc ngăn ngừa nhiễm bẩn chất tải lạnh của lò phản ứng, bể chứa và thiết bị. Cụ thể, việc rút khí bị nhiễm bẩn trong khi đang ở trong chất tải lạnh ra khỏi khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh được đảm bảo bằng cách thông khí khoảng không này, cách này làm cải thiện độ an toàn, độ tin cậy, và kéo dài tuổi thọ vận hành của nhà máy điện hạt nhân.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là hình vẽ nguyên lý của nhà máy điện hạt nhân theo sáng chế.

Fig. 2 là hình vẽ thể hiện hệ thống khí theo một phương án thực hiện của sáng chế.

Fig. 3 là hình vẽ thể hiện bộ phân tán theo một phương án của sáng chế.

Fig. 4 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của phương pháp phun khí vào chất tải lạnh theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế áp dụng cho nhà máy điện (ví dụ, nhà máy điện hạt nhân) bao gồm, theo một trong các ví dụ về nhà máy này được nêu trong Fig. 1, lò phản ứng 101 chứa chất tải lạnh 104 được kết nối với hệ thống khí bằng các ống 108 và 114, các ống này được lắp các van ngắt 109 và 115 tương ứng. Ngoài ra, lò phản ứng này có thể cũng bao gồm bơm tuần hoàn 110 có chân vịt đẩy 111, bộ phân tán 112 có nguồn điện và bộ điều khiển 113.

Lò phản ứng 101 là thùng, các thành 102 của lò phản ứng này được làm bằng các vật liệu kết cấu có độ bền cơ học, độ bền nhiệt, độ bền bức xạ và các loại độ bền khác thích hợp cần để vận hành an toàn nhà máy điện hạt nhân, chẳng hạn như thép. Việc vận hành an toàn các nhà máy điện hạt nhân có tầm quan trọng đặc biệt do thực tế là lõi 103 của lò phản ứng 101 chứa các vật liệu phóng xạ giải phóng năng lượng trong quá trình phân hạch phóng xạ. Ít nhất một lượng xác định năng lượng này dưới dạng nhiệt được truyền vào chất tải lạnh 104 nằm trong lò phản ứng này và tiếp xúc với lõi này (tức là, các vật liệu phóng xạ được đặt chủ yếu trong chất tải lạnh), và được vận chuyển tiếp tới bộ trao đổi nhiệt 107 ở đây nhiệt năng được truyền cho các vật liệu khác (ví dụ, nước, hơi nước và các vật liệu hấp thụ nhiệt khác), nằm cách xa nguồn phóng xạ. Theo một số phương án của sáng chế, bộ trao đổi nhiệt này có thể là lò hơi được thiết kế để tạo ra hơi nước, hơi nước này có thể được sử dụng để gia nhiệt các môi trường khác hoặc vận hành các tua bin. Sau bộ trao đổi nhiệt 107, nhiệt năng được truyền qua các hệ thống phụ trợ nằm ngoài lò phản ứng mà không có nguy cơ nhiễm phóng xạ, được tập trung trong lò phản ứng. Liên quan đến điều này, do các ảnh hưởng nghiêm trọng, không mong muốn và kéo dài của ô nhiễm phóng xạ của các khu vực xung quanh, độ bền và sự vận hành an toàn của lò phản ứng được đặc biệt nhấn mạnh. Ưu tiên tuần hoàn chất tải lạnh trong lò phản ứng 101, trong hệ thống bao gồm lõi và bộ trao đổi nhiệt, để truyền nhiệt lâu dài và hiệu quả từ lõi 103 tới bộ trao đổi nhiệt 107 của lò phản ứng. Để đảm bảo sự tuần hoàn, bơm 110 có chân vịt đẩy được ưu tiên sử dụng.

Một trong số các yếu tố quan trọng để giữ độ bền của lò phản ứng 101 theo thời gian là ngăn ngừa hoặc làm giảm sự ăn mòn các vật liệu kết cấu của các thành lò phản ứng 102, việc tăng cường, độ cố định, độ bền và các yếu tố khác của thành lò tới mức cho phép. Yếu tố đã nêu cũng cần được xem xét khi chất tải lạnh gồm các kim loại lỏng như natri, lithi, chì, bismut, v.v. được dùng làm chất tải lạnh 104. Các kim loại nặng (chì,

bismut) có ưu điểm so với các kim loại nhẹ do độ an toàn cao của chúng, đặc biệt là nguy cơ cháy thấp.

Ngoài ra, các chất tải lạnh được làm bằng các kim loại nặng có ưu điểm là độ ổn định của các tính chất của chúng trong trường hợp nước ngấm vào. Tất nhiên, các tính chất vật lý và hóa học của chất tải lạnh như vậy sẽ thay đổi trong trường hợp bị nước ngấm vào, nhưng các thay đổi như vậy là không đáng kể và cho phép tiếp tục vận hành. Điều này có thể là có lợi để cải thiện độ an toàn của nhà máy điện hạt nhân xét về khả năng xảy ra các tai nạn hoặc các rò rỉ của thiết bị nơi có nước hoặc nước chảy vào dưới dạng lỏng hoặc dạng hơi, ví dụ, các bộ trao đổi nhiệt hoặc lò hơi. Thậm chí nếu bộ trao đổi nhiệt hoặc lò hơi bị lỗi (có rò rỉ), nhà máy điện hạt nhân có thể được vận hành cho tới khi sửa chữa hoặc thay thế thiết bị hỏng (rò rỉ), do chất tải lạnh bằng các kim loại nặng cho phép chế độ vận hành như vậy do sự phụ thuộc không đáng kể (không quan trọng) của các tính chất vật lý và hóa học của các kim loại nặng vào việc phun chất lỏng hoặc hơi nước.

Để giảm tác động ăn mòn lên các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, được xem là có lợi nếu tạo các lớp phủ oxit trên vùng biên giữa chất tải lạnh và vật liệu kết cấu, ví dụ, bằng cách cấp oxi vào bề mặt chất tải lạnh (sau đó truyền oxi vào chất tải lạnh) hoặc cấp oxi vào trong chất tải lạnh; cho tới khi oxi có thể được vận chuyển bởi chất tải lạnh về phía các thành lò phản ứng, tại đây oxi có thể tác dụng với các vật liệu kết cấu (ví dụ, thép) và tạo ra oxit dưới dạng lớp phủ oxit trên bề mặt của vật liệu kết cấu. Ưu điểm bổ sung của việc bảo vệ chống ăn mòn như vậy là làm giảm tốc độ trao đổi nhiệt giữa chất tải lạnh và các thành lò phản ứng do độ dẫn nhiệt thấp của các oxit. Việc phun oxi vào chất tải lạnh và tăng nồng độ oxi có thể được thực hiện bằng cách cấp khí oxi hoặc khí chứa oxi từ hệ thống khí vào lò phản ứng tới khoảng không phía trên chất tải lạnh và/hoặc phun khí oxi hoặc khí chứa oxi vào chất tải lạnh.

Nếu giá trị nồng độ oxi trong chất tải lạnh quá cao, có thể gây ăn mòn kiểu oxi cho các vật liệu kết cấu, kiểu ăn mòn này làm giảm thời hạn vận hành lò phản ứng, tạo ra nguy cơ rò rỉ chất tải lạnh, tích tụ quá mức các cặn pha rắn trong chất tải lạnh, v.v. Để làm giảm nồng độ oxi quá mức trong chất tải lạnh mà nồng độ oxi quá mức này có thể là do, ví dụ như việc giảm áp suất lò phản ứng và không khí xâm nhập vào trong đó, hoặc do bảo dưỡng định kỳ, các việc này làm tăng nồng độ oxi quá mức trong chất tải lạnh, hoặc để đảm bảo việc lọc chất tải lạnh, cho phép sử dụng khí hydro hoặc khí chứa hydro được cấp vào khoảng không phía trên chất tải lạnh hoặc được phun vào chất tải lạnh. Khi khí hydro được phun vào chất tải lạnh, nồng độ oxi trong chất tải lạnh được giảm xuống do sự tương tác của hydro với oxi trong chất tải lạnh và/hoặc do việc thu hồi các oxit của các thành phần chất tải lạnh. Việc giảm nồng độ oxi quá mức trong chất tải lạnh là quá trình quan trọng đối với sự an toàn của lò phản ứng do nồng độ oxi cao quá mức dẫn đến nguy cơ ăn mòn các thành lò do oxi.

Oxi hoặc hydro có thể được phun vào ở trạng thái nguyên chất hoặc ở dạng hỗn hợp khí, ví dụ, các hỗn hợp với các khí trơ, các khí trung hòa, với hơi ẩm hoặc các khí khác. Hơn nữa, trong một số trường hợp cần phải phun các khí, các khí này không chứa oxi hoặc hydro, nhưng các khí này chứa, ví dụ như, chỉ các khí trơ (ví dụ, để làm sạch bằng tuyến nổi các bề mặt bên trong của lò phản ứng).

Các vòng ba giai đoạn có thể được dùng để phun khí vào chất tải lạnh. Ở giai đoạn đầu, oxi hoặc hydro (hoặc khí khác) có thể được phun vào khoảng không phía trên chất tải lạnh bằng hệ thống khí, là một phần của nhà máy điện hạt nhân, có cửa ra thông với khoảng không 106 của lò phản ứng 101 nằm phía trên chất tải lạnh 104 bằng ống 108. Chất tải lạnh 104 chỉ chiếm một phần của thùng lò phản ứng để giảm nguy cơ giảm áp lò phản ứng do sự giãn nở nhiệt của chất tải lạnh khi gia nhiệt. Phần phía trên 106 của thùng lò phản ứng nằm phía trên bề mặt 105 (“mức”) của chất tải lạnh 104 thường được nạp khí trơ (He, Ne, Ar) hoặc hỗn hợp của các khí trơ để ngăn ngừa sự ăn mòn và các phản ứng hóa học không mong muốn. Để cấp khí vào lò phản ứng (vào trong khoảng không phía trên chất tải lạnh, như được thể hiện trong Fig. 1), dùng ống 108 của hệ thống khí. Hơn nữa, hệ thống khí có ống 114, được trang bị ống thông hơi 115, để thoát khí ra từ lò phản ứng đi vào hệ thống khí. Mục đích của các ống (các đường ống) 108 và 114 là cấp khí vào và thoát khí ra khỏi lò phản ứng (có thể hoán đổi cho nhau). Hơn nữa, nhà máy điện hạt nhân có thể được bố trí các ống khác (các đường ống) để cấp khí vào/thoát khí ra khỏi lò phản ứng.

Hệ thống khí, được mô tả chi tiết trong Fig. 2, có thể bao gồm các đường ống (các ống) 108, 114, 216 và các ống khác, các máy trộn/các bộ phân phối, các van ngắt 109, 115, 211-215 (các ống thông hơi, các van, v.v.), bộ lọc 204, các bơm 202 và 203 và các thiết bị khác, không được thể hiện trong Fig. 2, thường được dùng trong các hệ thống khí và đã biết rõ trong lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế. Hệ thống khí này có thể được kết nối với nguồn 201 hoặc các nguồn khí khác nhau hoặc bao gồm các nguồn khí này một cách tương ứng và có thể thực hiện trộn khí bằng các máy trộn và/hoặc phân phối khí hoặc hỗn hợp khí bằng các bộ phân phối, chức năng của các bộ phân phối này có thể được thực hiện bởi chính các máy trộn này. Việc cấp khí từ nguồn tới hệ thống khí được điều khiển bởi các van ngắt 211.

Các nguồn khí được dùng để cấp cho lò phản ứng hoặc để sử dụng trong hệ thống khí có thể là các thiết bị tạo và lọc khí, ví dụ, các thiết bị dùng để điện phân nước thành khí oxi và hydro. Các đường ống chính dẫn khí hoặc các bình khí hoặc các hệ thống bình chứa khí nén cũng có thể là các nguồn khí. Việc cấp khí có thể được thực hiện nhờ áp suất cao trong các bình khí hoặc bằng các bơm được bố trí để cấp khí từ các bình tích khí trong đó chứa khí. Fig. 2 minh họa bình khí 201 chứa khí độ tinh khiết cao - áp suất cao. Ở cửa ra từ các nguồn khí hoặc từ bên trong các nguồn khí này, có thể bố trí các bộ lọc khí dùng để lọc các hạt có các kích thước khác nhau ra khỏi khí, nếu không có các bộ lọc

này thì các hạt có các kích thước khác nhau này có thể làm hỏng hệ thống khí và/hoặc lò phản ứng, và làm nhiễm bẩn khí và/hoặc chất tải lạnh.

Để điều chỉnh sự di chuyển của các khí qua các ống, các đường ống, các máy trộn/các bộ phân phối và các thiết bị khác của hệ thống khí, sử dụng các van ngắt 109, 115, 211-215. Các van ngắt này có thể là các ống thông hơi, các van, các bộ chuyển dòng, các vòi, các van lá, các van xập và các loại thiết bị khác có thể được dùng để điều chỉnh dòng chất lỏng/khí. Các van ngắt chính được làm thích ứng để tạo sự điều khiển từ xa, ví dụ, bằng điện, thủy lực, các bộ dẫn động đòn bẩy (lever drives) và các kiểu dẫn động khác. Điều khiển từ xa đảm bảo sự an toàn cho người thực hiện các công việc ở lò phản ứng, bảo dưỡng định kỳ hoặc vận hành. Hơn nữa, điều khiển từ xa cho phép điều khiển một số lượng lớn các van ngắt từ một chỗ, ví dụ, từ một bảng, do đó cho phép kiểm soát toàn bộ điều kiện và phản ứng nhanh hơn với tình trạng thay đổi, làm cho có thể thực hiện hàng loạt thao tác đòi hỏi thực hiện các chuỗi chế độ vận hành phức tạp, và nói chung là làm tăng độ an toàn của lò phản ứng.

Các máy trộn/các bộ phân phối là sự kết nối của một số ống/đường ống, qua đó các khí khác nhau có thể được cấp để trộn và/hoặc phân phối vào các ống/các đường ống khác nhau và các thiết bị khác nhau. Ví dụ, các máy trộn/các bộ phân phối có thể là các kết nối ống, đi qua giữa các van 109, 211, 212 hoặc giữa các van 213, 214 và bộ lọc 204, như được thể hiện trong Fig. 2. Việc trộn có thể được thực hiện trực tiếp tại địa điểm kết nối ống/đường ống do khả năng phân tán cao của các khí và khả năng lẫn vào nhau và trộn, hoặc trong thiết bị tích khí chuyên dùng để trộn, mà các ống/các đường ống được kết nối đến thiết bị tích khí này. Hỗn hợp khí thu được có thể được vận chuyển bởi một hoặc nhiều ống/đường ống, nghĩa là được vận chuyển tới một điểm đến hoặc được phân phối tới một số điểm đến. Hơn nữa, chính khí này có thể được dẫn từ một hoặc một số đường ống và được cấp tới một số đường ống, các đường ống này vận chuyển khí tới người tiêu dùng hoặc các điểm đến liên quan – trong trường hợp như vậy khí này được phân phối. Trong một số trường hợp máy trộn/bộ phân phối có thể vận hành theo chế độ ống/đường ống chung, trong đó khí được cấp vào một ống và đi ra từ ống khác.

Chế độ vận hành của hệ thống khí được điều khiển bởi các van ngắt, trạng thái của các van này (mở/đóng, lưu lượng, v.v.) xác định hướng của dòng khí. Ví dụ, để cấp khí từ nguồn 201 đến ống 108, và do đó vào trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh 106, với cửa ra thông với khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh qua thành 102 của lò phản ứng, thì các ống thông hơi 211 và 109 được mở, và ống thông hơi 212 cần phải đóng.

Trong trường hợp không thể rút khí khỏi khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, tức là nếu ống thông 115 đóng hoặc các ống thông 213 và 214 đóng, khí sẽ được vận chuyển tới lò phản ứng đến khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh cho tới khi khoảng không này cân bằng với áp suất khí trong nguồn khí hoặc

cho tới khi khoảng không này cân bằng với áp suất có thể được tạo ra bởi bơm cưỡng bức, nếu bơm này được sử dụng để cấp khí cho lò phản ứng.

Theo cách khác, nếu có thể rút khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, tức là các ống thông hơi 115, 214 và 215 được mở, và các ống thông hơi 212 và 213 được đóng, thì khí được cấp từ nguồn 201 đến lò phản ứng vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh bằng ống 108, sẽ được rút ra từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh đi vào hệ thống khí qua ống 114. Sau đó, khí này sẽ đi qua bộ lọc 204, được lọc chất bẩn, và sẽ được rút ra môi trường xung quanh hoặc khoảng không dùng để tích trữ (ví dụ, kho trữ khí đã qua sử dụng) qua ống 216. Trong trường hợp này, việc thông khí khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh sẽ được thực hiện.

Cũng có thể làm thông khí khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh mà không cần cấp khí từ nguồn 201. Vòng ống của hệ thống khí có bộ lọc 204 và bơm 202 có thể được dùng cho mục đích này. Để tạo vòng ống trong hệ thống khí, cần mở các ống thông hơi 109, 115, 212 và 213, và đóng các ống thông hơi 211 và 214. Khi kích hoạt (bật) bơm 202, vòng ống của hệ thống khí hút khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh 106 qua ống 114, khí này đi qua bộ lọc 204 và bơm 202 và được cấp lại vào khoảng không 106 qua ống 108. Nếu bơm 202 có khả năng cấp khí theo hướng ngược lại, thì khí sẽ bị rút ra từ khoảng không 106 qua ống 108, và đi trở lại khoảng không 106 qua ống 114. Tuy nhiên, trong trường hợp như vậy, bơm 202 có thể bị nhiễm bẩn bởi các hạt nhỏ, chất huyền phù và/hoặc bụi, do việc lọc khí được thực hiện sau khi khí đã đi qua bơm này. Do đó, lựa chọn được ưu tiên trong việc bố trí tuần hoàn khí trong khoảng không 106 và vòng ống khí là lựa chọn trong đó đầu tiên cho khí đi qua bộ lọc 204 và sau đó qua bơm 202, vì trong trường hợp như vậy nguy cơ nhiễm bẩn bơm được giảm xuống và kéo dài tuổi thọ của bơm mà không cần sửa chữa. Sự tuần hoàn khí trong khoảng không và trong vòng ống khí có cấu hình như vậy cho phép lọc khí trong khoảng không 106 và đảm bảo mức độ tinh khiết cần thiết nhờ bộ lọc 204. Kết quả là, khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh được thông khí bằng khí tinh khiết mà không phải tiêu thụ khí từ các nguồn bên ngoài.

Bộ lọc 204 là thiết bị cho phép xả và lưu giữ bụi, các hạt pha rắn và/hoặc lỏng và/hoặc kiểu keo và các tạp chất nhiễm bẩn khí khác. Bộ lọc này có thể chứa các vật liệu dạng sợi, như sợi thủy tinh, sợi ni, v.v. mà các vật liệu này đảm bảo giữ được các tạp chất. Cũng có thể sử dụng các loại màn chắn, các lưới khác nhau, v.v. Hơn nữa, bộ lọc này có thể có, có thể được gắn với hoặc có thể được thiết kế dưới dạng các thiết bị thu bụi ly tâm hoặc thiết bị thu bụi trọng lực, ví dụ dưới dạng bộ lọc xyclon. Hơn nữa, bộ lọc này có thể được gắn với bộ làm lạnh hoặc được thiết kế dưới dạng bộ làm lạnh cho phép lọc khí từ khí dạng hơi bằng cách làm lạnh khí dạng hơi này và chuyển thành nước trong khi khí đã được lọc được rút khỏi bộ lọc này.

Trong một số trường hợp cấu hình, có thể thông khí khoảng không phía trên chất tải lạnh, nơi rút khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh bằng bơm, được đặt trong ống xả (ưu tiên phía sau bộ lọc) và được thông khí ra môi trường hoặc kho trữ khí đã qua sử dụng hoặc thiết bị xử lý. Trong Fig. 2, bơm 203 có thể được sử dụng làm thiết bị để rút khí ra từ khoảng không 106 qua ống 114 và bộ lọc 204 và cấp khí vào ống xả. Để tạo ra cấu hình như vậy, cần mở các ống thông hơi 115, 214 và 215, và đóng ống thông hơi 213. Trong trường hợp như vậy, không cần cấp bất kỳ khí nào vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh bởi bất kỳ nguồn khí nào. Chỉ cần nối thông ống khí vào với kho trữ khí hoặc môi trường bên ngoài, và khí từ kho này sẽ được hút vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh (ưu tiên qua bộ lọc) bằng cách rút khí (giảm áp suất) trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, được tạo ra, ví dụ, bằng bơm cửa ra. Trong phương án của hệ thống khí được thể hiện trong Fig. 2, không có ống, cho phép nối thông với môi trường bên ngoài hoặc kho trữ khí không phải bằng bơm và không phải bằng nguồn khí áp suất cao và mà bằng cách nối thông với khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, tuy nhiên theo các phương án khác có thể có các ống này và bố trí nối thông các ống này với môi trường bên ngoài hoặc các nguồn khí.

Trong các cấu hình nêu trên của hệ thống khí, việc thông khí khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh được tạo ra theo một số cách. Đầu tiên, khí từ nguồn khí có thể được cấp vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh qua ống cấp hoặc dưới áp lực của bơm, đi qua khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và được vận chuyển một cách độc lập tới ống để rút khỏi khoảng không này. Thứ hai, khí có thể được rút ra từ khoảng không này qua ống thoát bằng bơm hút, đi một cách độc lập vào khoảng không này từ ống nạp và đi qua khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh tới lỗ thoát. Thứ ba, có kiểu kết hợp trong đó khí được đồng thời cấp vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh qua ống cấp (bằng bơm và/hoặc từ nguồn khí) và được rút ra từ khoảng không này qua ống thoát bằng bơm. Cũng có phương án trong đó bơm giống như bơm 202 trong cấu hình vòng ống, thực hiện rút khí từ khoảng không này và cấp khí lại vào khoảng không này. Tất cả các kiểu cấu hình này đều tạo ra sự thông khí khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh bằng cách cấp khí vào và/hoặc rút khí ra từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh.

Sau khi khí được phun vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, thực hiện giai đoạn hai của việc phun khí vào chất tải lạnh, đó là phun khí trực tiếp vào chất tải lạnh từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Để phun khí vào chất tải lạnh, lò phản ứng được trang bị thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh. Thiết bị này được lắp một phần trong chất tải lạnh và một phần trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Thiết bị này làm cho có thể cấp khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh tới chất tải lạnh qua các lỗ của thiết bị này được

nối thông với nhau bằng rãnh. Một lỗ nằm trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, lỗ khác nằm trong chất tải lạnh. Theo một phương án trong số các phương án, thiết bị này có thể là ống có rãnh bên trong kết nối các lỗ ở các đầu của ống này, trong khi một đầu được đặt phía trên chất tải lạnh và đầu kia nằm trong chất tải lạnh. Theo phương án khác, ống tương tự có thể được trang bị bơm phun khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh vào ống này, và nhờ đó đi vào chất tải lạnh. Thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể được thực hiện dưới dạng bộ phân tán, cấu hình và nguyên tắc vận hành của bộ phân tán này được mô tả tiếp dưới đây, hoặc có thể là sự kết hợp của các thiết bị này hoặc các thiết bị khác (cũng như là thiết bị khác) mà có thể phun khí vào chất tải lạnh.

Khí có thể được phun vào chất tải lạnh, ví dụ theo hai cách. Cách thứ nhất bao gồm việc tạo áp suất cao trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh so với áp suất bên trong của chất tải lạnh (ví dụ, khi khí trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh không ép lên toàn bộ bề mặt của chất tải lạnh, và/hoặc trong trường hợp khi chất tải lạnh có thể đi đến khoảng không mà không có áp suất cao được tạo ra trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh), điều này có thể gây ra sự xâm nhập cưỡng bức của khí vào chất tải lạnh có áp suất bên trong thấp hơn so với thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh. Giá trị áp suất có thể được xác định bằng các bộ cảm biến áp suất trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh hoặc khoảng không được nối thông với khoảng không này bằng đường ống của hệ thống khí, hoặc dựa vào lượng khí được bơm tới khoảng không chứa khí này mà lượng khí này có thể được xác định bằng cách sử dụng các lưu lượng kế. Nhược điểm của phương pháp này bao gồm việc dễ xảy ra tình trạng thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh bị tắc lỗ thoát (các lỗ) nằm trong chất tải lạnh do sự tạo thành các lớp phủ và các hạt pha rắn hoặc sự xâm nhập của các tạp chất pha rắn, bụi từ khí qua chất tải lạnh đi vào thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh. Để ngăn ngừa tắc các lỗ thoát của bộ phân tán, các lỗ này chủ yếu được tạo ra trên các bộ phận chuyển động của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh. Các bộ phận chuyển động này được lắp trong chất tải lạnh, ví dụ, trên đầu dưới của bộ phận quay của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh.

Cách khác bao gồm việc tạo ra các vùng cục bộ có áp suất thấp trong chất tải lạnh, ví dụ, gần thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh (hút khí vào cùng với chất tải lạnh). Ví dụ, cách này có thể được thực hiện với sự hỗ trợ của các bộ phận của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh mà các bộ phận này quay hoặc di chuyển trong chất tải lạnh. Theo một phương án trong số các phương án, cách này có thể đạt được bằng cách sử dụng các đĩa trong phần dưới của bộ phân tán, các đĩa này có thể có các cánh. Khi quay, các đĩa này tạo ra vùng áp suất thấp trong chất tải lạnh dưới tác động của các lực ly tâm. Khí đi từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh tới các lỗ dưới gần hoặc nằm trong các đĩa này qua rãnh dọc đi tới vùng áp suất thấp nói trên. Do gradien của vận tốc chất tải lạnh gần thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh (ví dụ bộ phân tán), cụ thể là

các đĩa, tức là khi chất tải lạnh gần bộ phân tán di chuyển nhanh hơn so với vùng cách xa bộ phân tán, khí đi vào chất tải lạnh dưới dạng các bong bóng khí bị vỡ thành các bong bóng khí nhỏ hơn, nhờ đó tạo ra dịch huyền phù hai thành phần đã được chia mịn của khí-chất tải lạnh. Do thực tế là thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có các bộ phận di chuyển (quay), nên chất tải lạnh di chuyển (chảy qua) gần các bề mặt của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh, chất tải lạnh này rửa các hạt rắn và các lớp phủ oxit ra khỏi thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh này, do đó đảm bảo sự tự lọc tự động của thiết bị này. Tính chất này làm tăng tuổi thọ vận hành của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh cũng như là tuổi thọ vận hành và độ an toàn vận hành của nhà máy điện hạt nhân nói chung.

Theo các phương án riêng của sáng chế dùng để phun khí vào chất tải lạnh, bộ phân tán 112 được lắp để thực hiện chức năng của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh 104 từ khoảng không 106 phía trên chất tải lạnh trong lò phản ứng 101. Với mục đích này, bộ phân tán 112 được lắp một phần trong chất tải lạnh 104 và một phần trong khoảng không 106 gần chất tải lạnh 104. Khí chứa oxi hoặc hydro có thể được phun trực tiếp vào chất tải lạnh từ đường ống của hệ thống khí, nhưng trong trường hợp này đường ống sẽ bị chìm trong chất tải lạnh, điều này có thể làm bịt kín và tắc đường ống, do đó ảnh hưởng đến độ an toàn và giảm tuổi thọ vận hành của nhà máy điện hạt nhân.

Bộ phân tán 112 được lắp theo phương thẳng đứng, trong trường hợp này bộ phân tán 112 được đặt ở vị trí kéo dài tuổi thọ vận hành của nó, do chất tải lạnh và các oxit pha rắn không xâm nhập vào trong bộ phân tán này (điều này đòi hỏi chúng di chuyển lên phía trên) hoặc không gây tắc bộ phân tán, giúp kéo dài tuổi thọ vận hành của bộ phân tán này. Do bộ phân tán có khả năng cấp khí từ khoảng không phía trên chất tải lạnh tới chất tải lạnh, khí bị cuốn qua lỗ trong phần trên của bộ phân tán được đặt, trong trường hợp cụ thể, trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh đi qua rãnh trong bộ phân tán (ví dụ, trong trục) đi xuống và đi ra khỏi phần dưới của bộ phân tán được đặt trong chất tải lạnh (tên của các hướng thay đổi theo các cách bố trí khác của bộ phân tán).

Theo phương án được thể hiện trong Fig. 3, bộ phân tán này có thể có hai đĩa, một trong hai đĩa này quay và đĩa kia không quay. Sự kết hợp như vậy tạo ra vùng áp suất thấp của chất tải lạnh nằm giữa các đĩa này; khí có thể đi vào vùng này từ các lỗ nằm trong trục hoặc trong một đĩa hoặc hai đĩa. Do có thể tạo ra khoảng cách đủ nhỏ giữa các đĩa này, và một đĩa trong các đĩa này quay so với đĩa kia, áp suất giảm nhanh hơn so với trường hợp cả hai đĩa cùng quay. Kết quả là, làm tăng hiệu suất phun khí vào chất tải lạnh và các bong bóng khí trở nên nhỏ hơn, tức là hiệu suất hòa tan khí trong chất tải lạnh được cải thiện.

Bộ cảm biến oxi chất điện phân rắn được thể hiện trong Fig. 3 gồm có các bộ phận chính sau: Vỏ bộ phân tán 301 có đĩa tĩnh phía trên; trục rỗng 302 được kết nối với đĩa quay phía dưới 303; mặt bích 304 siết chặt bộ phân tán với thùng chứa lò phản ứng; động cơ điện 307 có khớp nối một nửa dẫn động điện từ (drive magnetic half-coupling) 306 truyền chuyển

động quay tới trục rỗng 302 có sử dụng khớp nối một nửa dẫn động điện từ 305. Động cơ điện 307 có khớp nối một nửa 306 được lắp bên ngoài thành lò phản ứng 102, và khớp nối một nửa 305 được lắp bên trong thành lò phản ứng 102.

Theo phương án ưu tiên được thể hiện trong Fig. 3, đĩa phía trên (tĩnh) của bộ phân tán được kết nối cứng với vỏ bộ phân tán 301. Đĩa quay phía dưới 303 được kết nối với trục quay 302. Đĩa phía dưới và trục là rỗng, các khoang của chúng được nối thông. Trong phần phía trên, khoang trục được kết nối với vòng tuần hoàn khí qua các lỗ. Các lỗ này có đường kính nhỏ (ít nhất là 12 lỗ) được đục trên bề mặt của đĩa phía dưới tạo ra khoảng hở; các lỗ này được đặt theo hướng chu vi. Đĩa phía trên cũng có thể có các lỗ nhỏ để phun kim loại lỏng vào khoang rỗng giữa các đĩa. Trong phần phía trên, trục quay được kết nối với trục của động cơ điện được bật kín 307 được cấp điện từ bộ chuyển đổi tần số bằng các khớp nối một nửa điện từ 305 và 306.

Bộ phân tán được đặt chìm trong chất tải lạnh sao cho các lỗ trong phần phía trên của trục nằm trên mực chất lỏng, và các đĩa phía trên và phía dưới nằm dưới mực chất lỏng. Khi động cơ điện đã được bật kín chạy, đĩa phía dưới quay với vận tốc góc định trước. Do chất tải lạnh di chuyển tương đối so với đĩa phía dưới, nên hình thành vùng áp suất thấp trong khoảng hở, vùng áp suất thấp này làm phun khí vào khoảng hở này từ khoang rỗng của đĩa phía dưới qua các lỗ trong phần phía trên của nó. Do gradien vận tốc của chất tải lạnh, các bong bóng khí trong khoảng hở này bị phá vỡ và pha khí được chia mịn cùng với chất tải lạnh đi từ khoảng hở này tới dòng chính của chất tải lạnh.

Theo các phương án khác của bộ phân tán, đĩa phía dưới có thể là tĩnh, và đĩa phía trên có thể là đĩa quay. Ngoài ra, khoang rỗng nối thông khoảng không phía trên chất tải lạnh và lỗ trong đĩa có thể được đặt trong cả trục và vỏ. Các lỗ này có thể được tạo ra trên đĩa quay và đĩa tĩnh (hoặc cả hai).

Như đã nêu trên, nguyên tắc vận hành của bộ phân tán khí là dựa vào việc các bong bóng khí bị vỡ trong chất lỏng khi được phun vào dòng chảy có gradien vận tốc cao. Do sự không đồng đều của lực Q tác dụng lên các phần tử bề mặt, các bong bóng khí lớn trong dòng chảy như vậy sẽ bị vỡ thành các bong bóng khí nhỏ. Theo một phương án ưu tiên của bộ phân tán, dòng chất lỏng gradien cao trong bộ phân tán khí được tạo ra trong khoảng hở nằm giữa đĩa quay và đĩa tĩnh. Mức độ phân tán pha khí với tất cả các điều kiện khác nhau phụ thuộc vào gradien vận tốc trong dòng chảy. Gradien vận tốc tăng lên bằng cách giảm khoảng hở giữa các đĩa hoặc tăng tốc độ tuyến tính của chuyển động tương đối của các đĩa.

Việc phun khí vào chất tải lạnh có thể được điều chỉnh do khả năng điều khiển vận hành hệ thống khí mà hệ thống này có thể phun khí chính trong khoảng không phía trên chất tải lạnh, và/hoặc tạo áp suất cao trong khoảng không phía trên chất tải lạnh, cũng như là do khả năng điều khiển vận hành của bộ phân tán mà bộ phân tán này không phun khí vào chất tải lạnh từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh ở trạng thái thụ động (không quay các đĩa), và phun các khí chứa oxi vào chất tải lạnh từ khoảng

không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh ở trạng thái chủ động (có quay các đĩa), và tốc độ (hiệu suất) phun khí vào chất tải lạnh có thể phụ thuộc vào tốc độ quay đĩa. Việc áp dụng các bộ phân tán có các đĩa quay là hợp lý hơn, do không cần tạo áp suất cao để phun khí vào chất tải lạnh từ khoảng không phía trên chất tải lạnh, nhưng đủ để khởi động (kích hoạt) bộ phân tán, bộ phân tán này đơn giản hóa và do đó làm tăng độ tin cậy vận hành hệ thống điều khiển.

Để khởi động (kích hoạt) bộ phân tán, cần phải quay các trục và các đĩa (hoặc một trong các trục và một trong các đĩa). Điều này có thể được thực hiện bằng việc sử dụng, ví dụ, động cơ điện. Để giảm tác động phá hủy của nhiệt độ cao và hơi của chất tải lạnh đến động cơ điện này và, do đó, kéo dài tuổi thọ vận hành, động cơ sẽ được đặt bên ngoài lò phản ứng (mặc dù, theo một số phương án, động cơ có thể được đặt bên trong). Để quay các bộ phận của bộ phân tán, trục có thể đi qua thành lò phản ứng từ động cơ điện. Nhằm mục đích này, thành này sẽ có lỗ. Tuy nhiên, để tăng độ bền kết cấu lò phản ứng và do đó tăng độ an toàn vận hành của lò, phương án được ưu tiên cho phép chuyển động quay được truyền từ động cơ điện tới các bộ phận của bộ phân tán bằng việc sử dụng khớp nối điện từ các bộ phận của khớp nối điện từ này được lắp đối diện nhau trên các mặt khác nhau của thành lò phản ứng. Từ trường được tạo ra bởi khớp nối một nửa điện từ có thể truyền lực quay tới khớp nối một nửa khác nằm ở mặt bên kia của thành lò phản ứng, nhờ đó khởi động bộ phân tán. Nếu động cơ của bộ phân tán được đặt bên ngoài lò phản ứng, động cơ này có thể được điều khiển thông qua dây điện (cáp điện) 113 như được thể hiện trong Fig.1, dây điện này được thiết kế để cấp điện cho động cơ điện bằng cách cấp hoặc không cấp điện áp hoặc thay đổi các thông số của nó.

Theo sáng chế, việc khởi động bộ phân tán bằng động cơ điện được gọi là “kích hoạt” bộ phân tán và việc tắt động cơ điện khi bộ phân tán dừng vận hành được gọi là “ngừng kích hoạt”. Tốc độ quay của động cơ điện có thể được điều khiển theo nhiều cách khác nhau: kiểu nhị phân (ngắt/đóng), ở các tốc độ quay khác nhau hoặc có khả năng cài đặt tốc độ quay bất kỳ nằm trong khoảng xác định. Do đó, tốc độ quay càng cao thì càng nhiều khí (bao gồm oxi) được hòa tan trong chất tải lạnh và tạo ra các bong bóng khí càng nhỏ.

Như đã nêu trên, khí (bao gồm khí chứa oxi) có thể được phun vào chất tải lạnh thậm chí ngay cả khi áp suất khí cao được tạo ra trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và bộ phân tán không được kích hoạt. Nhưng trong trường hợp này, lỗ thoát (các lỗ) của bộ phân tán này có thể bị tắc. Do đó, để làm tăng độ tin cậy và kéo dài tuổi thọ vận hành của thiết bị lò phản ứng (nhờ đó làm tăng độ an toàn và kéo dài tuổi thọ vận hành của nhà máy điện hạt nhân), khi áp dụng phương pháp cấp khí vào chất tải lạnh này (do áp suất cao của khí trong khoảng không phía trên chất tải lạnh), thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh sẽ được kích hoạt trong bất kỳ trường hợp nào, để cho chất tải lạnh chảy xung quanh lỗ thoát (các lỗ) nằm ở đầu dưới chìm trong chất tải lạnh giúp ngăn ngừa sự tích tụ các oxit, các cặn, các màng v.v. trong và trên lỗ thoát này.

Hơn nữa, việc điều khiển áp suất khí trong khoảng không phía trên chất tải lạnh được thực hiện theo cách sao cho khí xâm nhập vào chất tải lạnh qua thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh cho dù không kích hoạt thiết bị này, có thể là điều không mong muốn do sự hình thành các bong bóng khí cỡ lớn mà việc hình thành các bong bóng khí cỡ lớn này, ví dụ, ít hiệu quả hơn khi làm sạch bằng tuyến nổi các bề mặt bên trong của lò phản ứng, và tạo ra độ chính xác thấp hơn nhiều của nồng độ khí (ví dụ oxi hoặc hydro) trong chất tải lạnh do độ chính xác kém hơn của việc điều chỉnh áp suất trong hệ thống khí so với việc điều khiển tốc độ quay của bộ phân tán, và do đó, làm giảm cục bộ áp suất trong chất tải lạnh gần đầu quay (các đĩa) của bộ phân tán; do đó, ưu tiên thực hiện phun khí vào chất tải lạnh có sử dụng bộ phân tán được kích hoạt.

Sau khi khí được phun vào chất tải lạnh dưới dạng các bong bóng khí, chúng sẽ có xu hướng nổi lên trên bề mặt do tỷ trọng của khí thấp hơn nhiều so với tỷ trọng của chất tải lạnh. Chất tải lạnh là chất lỏng (nói chung, sáng chế có thể được sử dụng để phun khí không chỉ vào chất tải lạnh, mà còn vào bất kỳ chất lỏng nào khác) trong đó các bong bóng khí có thể di chuyển. Theo định luật Ac-si-met (Archimede), chúng sẽ đi lên, tức là nổi lên.

Trong trường hợp chất tải lạnh được tuần hoàn trong lò phản ứng, tức là chất tải lạnh di chuyển trong vòng khép kín, ví dụ, bằng tác động của bơm tuần hoàn chẳng hạn như bơm 110, và tốc độ chất tải lạnh lớn hơn tốc độ của các bong bóng khí trong chất tải lạnh, các bong bóng khí này có thể bị cuốn vào chất tải lạnh, di chuyển trên toàn bộ vòng này và nổi lên trên bề mặt của chất tải lạnh chỉ khi khối chất tải lạnh có các bong bóng nổi này tiến đến sát bề mặt của chất tải lạnh trong lò phản ứng (tức là sát bề mặt 105 phân cách hai môi trường: chất tải lạnh 104 và khí 106 trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh), hoặc khi dừng tuần hoàn.

Trong cả hai trường hợp, sự di chuyển của khí trong chất tải lạnh, dòng các bong bóng khí làm sạch bề mặt của các thành lò phản ứng khỏi các cặn lắng, các hạt pha rắn, bụi, v.v. Các cặn lắng, các hạt pha rắn và bụi như vậy tích tụ trong các bong bóng khí và cuối cùng bị đưa ra khỏi bề mặt của chất tải lạnh từ đó chúng đi vào trong khí trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Tác động như vậy có thể được sử dụng để làm sạch bằng tuyến nổi các kết cấu của lò phản ứng tiếp xúc với chất tải lạnh (trong trường hợp như vậy các khí trơ, hơi ẩm hoặc các hỗn hợp khí, chẳng hạn như hỗn hợp gồm khí trơ với hydro và hơi ẩm, có thể được phun vào). Do hiện tượng nêu trên, khi phun khí dưới dạng các bong bóng khí vào chất tải lạnh sau một khoảng thời gian nhất định được xác định bởi tốc độ đi lên của các bong bóng và thời gian tuần hoàn của chúng trong chất tải lạnh, các bong bóng khí này đã bị các chất nhiễm bẩn nêu trên chui vào mà các chất nhiễm bẩn này có thể xâm nhập vào các bong bóng này không chỉ từ các thành lò phản ứng mà còn từ chính chất tải lạnh, nổi lên trên bề mặt của chất tải lạnh, và khí trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh trở nên bị nhiễm bẩn bụi, các hạt pha rắn, v.v.

Trong khi, có thể tiếp tục phun khí vào chất tải lạnh. Do khí trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh bị nhiễm bẩn, chất tải lạnh này được phun cùng

với khí đã bị nhiễm bẩn, và vì chất tải lạnh này không sạch, và các chất nhiễm bẩn có thể bị đọng lại trên các thành và các kết cấu của lò phản ứng. Ngoài ra, do thực tế là thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có rãnh mà qua đó khí được phun vào chất tải lạnh, dòng khí đã bị nhiễm bẩn đi qua rãnh này có thể làm tắc thiết bị này và giảm hiệu quả (công suất) của thiết bị này. Hơn nữa, do có khả năng cao tạo thành chất lắng và làm tắc ở cửa ra của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh, cửa ra này nằm gần lỗ ở đầu cuối của thiết bị được chìm trong chất tải lạnh, khí đã bị nhiễm bẩn làm tăng khả năng xảy ra như vậy và tăng xu hướng làm nhiễm bẩn các lỗ cửa ra. Trong trường hợp sử dụng bộ phân tán có hai đĩa quay tương đối với nhau làm thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh, thì khoảng không giữa các đĩa này có thể cũng bị nhiễm bẩn làm giảm công suất của bộ phân tán và trong trường hợp nghiêm trọng có thể làm ngừng vận hành và/hoặc tắc các lỗ cửa ra.

Tất cả điều này khuyến cáo rằng cần phải tránh phun khí đã bị nhiễm bẩn vào chất tải lạnh. Nhằm mục đích này, ở giai đoạn thứ ba sau khi khí được phun vào trong chất tải lạnh, khí đã bị nhiễm bẩn được rút ra từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Việc rút khí có thể được thực hiện, ví dụ, bằng bơm hút rút khí từ lò phản ứng quá ống xả (thường có bộ lọc được gắn trước bơm để lọc các chất bẩn trong khí và ngăn không để bơm bị nhiễm bẩn có thể làm ngừng vận hành bơm hoặc giảm công suất của bơm). Trong trường hợp ống nạp được mở, khí đồng thời sẽ được cấp (được phun) vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Khí này có thể là khí đã được lọc từ môi trường bên ngoài hoặc kho trữ khí tinh khiết, hoặc chính là khí đã được rút ra từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và đã được lọc. Khí cũng có thể được rút ra bằng cách cấp khí tinh khiết vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh mà việc cấp khí như vậy sẽ đẩy khí đã bị nhiễm bẩn ra ngoài qua ống xả được mở.

Do tính khả dụng của giai đoạn thứ ba này, khí đã bị nhiễm bẩn được rút ra khỏi khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và được thay thế bằng khí tinh khiết (đã được lọc); do đó, chất tải lạnh được phun bằng khí không bị nhiễm bẩn tinh khiết sẽ ngăn ngừa sự biến đổi các đặc tính của chất tải lạnh và sự cần thiết thay thế chúng, bảo vệ các kết cấu của lò phản ứng chống lại ăn mòn bằng cách loại bỏ các chất nhiễm bẩn ra khỏi các thành của lò phản ứng và ngăn ngừa sự phát sinh ra chúng, do đó ngăn ngừa nhiễm bẩn và tắc nghẽn thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh cũng như kéo dài tuổi thọ của thiết bị và tăng thời gian vận hành mà không cần sửa chữa.

Khi phun khí vào chất tải lạnh nhằm mục đích ngăn ngừa phun khí đã bị nhiễm bẩn vào chất tải lạnh, có thể thực hiện vận hành của nhà máy điện hạt nhân và, cụ thể hơn là vận hành của các bộ phận trong hệ thống khí của nhà máy điện này và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh, ví dụ theo phương pháp được thể hiện trong Fig.4. Việc điều khiển cấp khí có thể được thực hiện bằng một thiết bị điều khiển hoặc hệ thống điều khiển bao gồm nhiều mô đun.

Theo một phương án, hệ thống điều khiển dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể có mô đun điều khiển hệ thống khí và mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất

tải lạnh. Mô đun điều khiển hệ thống khí sẽ điều khiển hệ thống khí và, cụ thể là các thiết bị, các bơm, các van, v.v. của hệ thống khí này để cấp nguồn khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh trong lò phản ứng hoặc ngắt nguồn cấp khí này cũng như đảm bảo việc rút khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh của lò phản ứng và ngừng rút khí. Với mục đích này, mô đun điều khiển hệ thống khí có khả năng điều khiển hệ thống khí theo cách sao cho các cấu hình của nó giúp cấp/rút khí hoặc ngừng cấp/rút khí, ví dụ, theo các cấu hình được đề cập trong Fig. 2. Mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh sẽ điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh sao cho đảm bảo cấp khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh vào chất tải lạnh hoặc ngắt việc cấp khí này. Ví dụ, bộ phân tán cũng như là phương pháp kích hoạt và ngừng kích hoạt bộ phân tán này được đề cập trong Fig.3 có thể được dùng cho mục đích này.

Khi sử dụng phương pháp được thể hiện trong Fig. 4, đầu tiên trong bước 401, cần phải kiểm tra xem liệu có cần phun khí vào chất tải lạnh hay không. Nếu không cần phun khí, tiếp tục để chế độ chờ (dự phòng) và việc kiểm tra trong bước 401 này được lặp lại định kỳ hoặc chờ lệnh chỉ báo cần phun khí vào chất tải lạnh. Bước 401 có thể được thực hiện bằng mô đun điều khiển hệ thống khí và/hoặc mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh hoặc mô đun điều khiển chung nhất định.

Trong trường hợp như vậy, nếu ở bước 401 xác định rằng cần phun khí vào chất tải lạnh, thì ở bước 402 mô đun điều khiển hệ thống khí và/hoặc mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể kiểm tra xem liệu khí có được cấp vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh hay không. Nếu khí không được cấp vào, thì mô đun điều khiển hệ thống khí cấp nguồn khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh ở bước 403, ví dụ, bằng cách bố trí một trong các cấu hình của hệ thống khí mà ở đó khí được cấp vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh (các ví dụ về các cấu hình như vậy được mô tả dựa vào Fig.2).

Nếu ở bước 402 xác định rằng khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh được cấp khí (cũng có thể thực hiện kiểm tra bổ sung để xác nhận sự tương thích của khí được cấp vào với loại khí cần được cấp vào chất tải lạnh) hoặc khi hoàn thành bước 403 thì mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh thực hiện bước 404 kích hoạt thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh.

Ngay sau khi hoàn thành bước 404 hoặc trong quá trình thực hiện bước này, bộ định thời đếm khoảng thời gian được quy định ở bước 405 bắt đầu hoạt động. Bộ định thời này có thể có trong hệ thống điều khiển dưới dạng mô đun riêng hoặc là một phần của các mô đun khác, ví dụ, nằm trong mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh. Trong khoảng thời gian được đếm bởi bộ định thời, thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh tiếp tục phun khí vào chất tải lạnh. Khoảng thời gian được đặt cho bộ định thời có thể được xác định là thời gian cần để các bong bóng khí nổi lên bề mặt của chất tải lạnh khi chúng được phun vào chất tải lạnh. Trong trường hợp không thực

hiện tuần hoàn chất tải lạnh, thời gian này có thể là rất ngắn và được xác định là khoảng cách từ bề mặt của chất tải lạnh (độ sâu) nơi đặt các lỗ dùng để phun khí vào chất tải lạnh của thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh, chia cho tốc độ đi lên của các bong bóng khí. Trong trường hợp có tuần hoàn chất tải lạnh trong lò phản ứng, quá trình tuần hoàn này được tạo ra bởi, ví dụ bơm tuần hoàn 110 được thể hiện trong Fig. 1, và các bong bóng chứa khí được phun vào bị cuốn vào bởi chất tải lạnh (nhằm mục đích này, ví dụ, trong Fig. 1 bộ phân tán 112 được đặt gần bơm 110, và chân vịt đẩy 111 sẽ quay để cho chất tải lạnh di chuyển xuống từ chân vịt đẩy này), các bong bóng khí có thể nổi lên trên bề mặt của chất tải lạnh sau khi đi hết vòng; trong trường hợp như vậy thời gian được đặt bởi bộ định thời có thể bằng độ dài của vòng tuần hoàn hoặc quãng đường đi của các bong bóng trước khi nổi lên, chia cho tốc độ tuần hoàn của chất tải lạnh.

Khi kết thúc khoảng thời gian này, được đếm bởi bộ định thời, mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể phản ứng theo một số cách. Trong trường hợp thứ nhất, mô đun này có thể chỉ dùng để phun khí vào chất tải lạnh để ngăn ngừa phun khí đã bị nhiễm bẩn bất kể khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh có được thông khí bằng khí tinh khiết hay không. Trong trường hợp thứ hai, mô đun này có thể để nguyên như vậy và tiếp tục phun khí vào chất tải lạnh trong trường hợp mô đun điều khiển hệ thống khí thông khí không gián đoạn (liên tục) cho khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh bằng khí tinh khiết; trong trường hợp như vậy khí được phun vào chất tải lạnh bằng thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh sẽ là tinh khiết và sẽ ngăn ngừa sự phá hoại bởi khí đã bị nhiễm bẩn. Trong trường hợp thứ ba, mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể vận hành theo phương pháp được thể hiện trong Fig. 4, phương pháp này là sự kết hợp của hai phương pháp đầu tiên.

Trong bước 406 sau khi kết thúc đếm thời gian đã cài đặt bằng bộ định thời ở bước 405, mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể kiểm tra xem liệu khí có được cấp vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh hay không (liệu có thực hiện thông khí khoảng không này hay không). Nếu khí tiếp tục được cấp vào, thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể tiếp tục phun khí và mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh thực hiện bước 405, tức là khoảng thời gian đã đặt được đếm lại. Trong trường hợp không cấp khí, mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh dùng thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh ở bước 407 và tiến hành bước 401, và phương pháp này được sử dụng lại. Do khả năng lặp lại phương pháp, việc điều khiển tự động và lặp lại phun khí vào chất tải lạnh có thể được đảm bảo, cho phép giảm mức độ cần thiết phải can thiệp của chuyên gia kỹ thuật và, ở một mức độ nhất định, không cần các chuyên gia này tham gia vào việc điều khiển vận hành của nhà máy điện hạt nhân.

Theo một phương án của phương pháp được thể hiện trong Fig. 4, khoảng thời gian phun khí không ngừng vào chất tải lạnh được xác định bởi khoảng thời gian cấp khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Tùy thuộc vào chế độ cấp

khí được điều khiển bởi mô đun điều khiển hệ thống khí, toàn bộ hệ thống có thể vận hành theo hai chế độ. Trong trường hợp mô đun điều khiển hệ thống khí cấp khí không ngừng vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh trong khoảng thời gian dài (dài hơn khoảng thời gian được đếm ở bước 405), việc phun khí vào chất tải lạnh theo phương pháp được thể hiện trong Fig. 4 cũng sẽ không ngừng và khoảng thời gian phun khí này sẽ được xác định bởi khoảng thời gian cấp khí từ hệ thống khí mà khoảng thời gian này có thể được đặt, ví dụ, bằng bộ định thời bổ sung là một phần của mô đun điều khiển hệ thống khí, hoặc một lệnh được gửi từ các thiết bị hoặc bảng điều khiển khác. Trong trường hợp mô đun điều khiển hệ thống khí cấp khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh trong khoảng thời gian ngắn (ngắn hơn khoảng thời gian được đếm ở bước 405), việc phun khí vào chất tải lạnh theo phương pháp được thể hiện trong Fig. 4 sẽ rất ngắn hoặc không liên tục (được lặp lại) nếu việc phun khí vào chất tải lạnh vẫn cần thiết sau khi thực hiện một chu trình theo phương pháp được thể hiện trong Fig. 4 khi hoàn thành bước 407.

Các bước của phương pháp được ưu tiên thực hiện theo trình tự đã được thể hiện và mô tả, nhưng theo một số phương án, bất cứ khi nào có thể, các bước này có thể được thực hiện theo trình tự khác hoặc được thực hiện đồng thời.

Cần lưu ý rằng mối tương quan giữa vận hành của mô đun điều khiển hệ thống khí và mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể khác với mối tương quan đã được mô tả trên đây có liên quan đến việc thực hiện phương pháp được thể hiện trong Fig. 4. Ví dụ, việc cấp khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh và việc phun khí vào chất tải lạnh có thể bắt đầu và kết thúc cùng nhau, đồng thời hoặc ở thời điểm khác nhau nhất định. Hơn nữa, nếu việc cấp khí vào khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh được nêu trong Fig. 4 và trong toàn bộ bản mô tả sáng chế này, có thể được coi là tương đương với rút khí từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh hoặc đồng thời phun khí vào khoảng không này và rút khí ra từ khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh, vì các chế độ này có thể được thực hiện đồng thời miễn là không cần phải, ví dụ, tăng áp suất trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh. Tiêu chuẩn chính là tạo ra sự thông khí trong khoảng không trong lò phản ứng phía trên chất tải lạnh nhằm mục đích cưỡng bức/thay thế khí đã bị nhiễm bẩn bằng khí tinh khiết một cách liên tục hoặc vào thời điểm khi không phun khí vào chất tải lạnh.

Khí tinh khiết có thể được cấp vào khoảng không phía trên chất tải lạnh từ nguồn khí để là khí mới (lần đầu tiên) được cấp vào mỗi lần. Trong trường hợp khác, có thể tuần hoàn khí khi cấp khí tinh khiết vào khoảng không phía trên chất tải lạnh thu được từ khí đã bị nhiễm bẩn được rút ra từ khoảng không phía trên chất tải lạnh bằng cách lọc. Nhằm mục đích này, có thể sử dụng cấu hình hệ thống khí, tạo thành vòng ống bao gồm bộ lọc và bơm (xem trên đây).

Nếu sử dụng phương pháp tạo áp suất trong khoảng không phía trên chất tải lạnh (và, do đó, trong thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh) mà áp suất này vượt quá giá trị áp suất trong chất tải lạnh để phun khí vào chất tải lạnh, thì việc thông khí khoảng không phía trên chất tải lạnh có thể được thực hiện theo chế độ gián đoạn, sau khi phun khí vào chất tải lạnh dưới tác dụng của áp suất khí cao trong khoảng thời gian cho phép, áp suất khí này được giảm bằng cách thoát khí vào ống xả và khoảng không phía trên chất tải lạnh được thông khí hoặc theo chế độ liên tục, khi khí được xả từ khoảng không này ở tốc độ không cho áp suất giảm để duy trì áp suất khí cao trong khoảng không phía trên chất tải lạnh. Tốc độ thoát khí ra có thể được điều khiển bằng kích thước các lỗ van ngắt hoặc, ví dụ, bằng sức cản dòng khí được tạo ra bởi bộ lọc hoặc thiết bị khác. Tốc độ thoát khí ra và việc thông khí khoảng không phía trên chất tải lạnh có thể được xác định bằng trạng thái (cấu hình) của hệ thống khí hoặc ví dụ bằng lưu lượng kế.

Các mô đun điều khiển hệ thống khí và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể trao đổi thông tin cho nhau, ví dụ dạng nhị phân, thông báo rằng, ví dụ khí được cấp hoặc không được cấp, hoặc cần dùng phun khí, hoặc có thể bắt đầu cấp khí (trong một số trường hợp, tín hiệu có thể được đưa ra là trực tiếp ngừng cấp khí hoặc điều chỉnh nguồn cấp điện hoặc gửi các tín hiệu điều khiển cho thiết bị được điều khiển bởi mô đun khác). Theo phương án khác, các mô đun này có thể trao đổi thông tin về các chế độ vận hành thiết bị và trạng thái của hệ thống khí, các thay đổi về các chế độ và các thông số vận hành và các thay đổi trong vận hành và trạng thái của hệ thống khí – ví dụ, về việc kích hoạt hoặc ngừng kích hoạt thiết bị hoặc mở hoặc đóng van ngắt ở tốc độ nhất định, điều này có thể được xác định theo các giá trị tức thời hoặc theo giá trị thay đổi trong khoảng thời gian cụ thể, một khoảng thời gian đơn nhất, một phần của khoảng thời gian hoặc toàn bộ khoảng thời gian. Theo một số phương án, các mô đun điều khiển hệ thống khí và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể lấy thông tin về việc kích hoạt hoặc ngừng kích hoạt (hoặc mức độ hoạt động) của thiết bị này hoặc các van được điều khiển bởi các mô đun bên cạnh (cụ thể là các mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh và hệ thống khí, một cách tương ứng), trực tiếp từ thiết bị hoặc các van hoặc từ các ổ đĩa hoặc các đĩa hoặc các thẻ điều khiển thiết bị hoặc các van này. Do đó, ví dụ, mô đun điều khiển hệ thống khí và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể nhận và/hoặc trao đổi thông tin về trạng thái của bộ phân tán (được kích hoạt, không được kích hoạt và/hoặc mức độ kích hoạt) và/hoặc về trạng thái của thiết bị điều khiển hoặc chẩn đoán hệ thống khí, chẳng hạn như các bộ cảm biến, các van ngắt (các van, các ống thông hơi, v.v.), các bơm, v.v. (trạng thái của thiết bị này có thể được thể hiện theo vị trí đóng/mở, công suất, lưu lượng, trạng thái kích hoạt/không kích hoạt và/hoặc mức độ kích hoạt) trực tiếp từ bộ phân tán và/hoặc thiết bị của hệ thống khí (các cổng cấp nguồn điện hoặc các bộ cảm biến) và/hoặc tạo các bảng mạch/các ổ đĩa/các thẻ điều khiển của thiết bị cụ thể, cũng như từ cửa ra của mô đun điều khiển thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh và hệ thống khí mà mô đun này điều khiển thiết bị này.

Theo một số phương án, các mô đun điều khiển hệ thống khí và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh có thể phát ra tín hiệu ánh sáng, âm thanh hoặc chỉ báo khác thể hiện rằng cần thực hiện một số thao tác cần thiết theo sáng chế. Chỉ báo như vậy có thể được cảm nhận bởi nhân viên kiểm soát và điều khiển nhà máy điện hạt nhân, và nhân viên này có thể thực hiện việc kích hoạt/ngừng kích hoạt thiết bị và/hoặc các van hoặc ra các lệnh để kích hoạt/ngừng kích hoạt thiết bị và/hoặc các van tới các mô đun điều khiển hệ thống khí và thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh, ví dụ, dựa vào các quyết định được đưa ra sau khi cảm nhận chỉ báo như vậy.

Hệ thống điều khiển này có thể có mô đun tín hiệu cảnh báo được thiết kế để tạo ra tín hiệu cảnh báo thông báo về sự cần thiết ngừng kích hoạt bộ phận tán và/hoặc chấm dứt cấp khí và/hoặc cấp/rút khí vào/ra khỏi khoảng không phía trên chất tải lạnh, nếu việc vận hành ở chế độ hiện tại có thể làm nhiễm bẩn thiết bị và chất tải lạnh.

Kết cấu của thiết bị điều khiển (hệ thống điều khiển) có thể có các cấu hình khác có thể là các phương án thay thế thu được bằng cách thêm vào, loại ra hoặc thay thế. Sơ đồ khối của phương pháp điều khiển được thể hiện trong Fig. 4, cũng như là các ví dụ thực hiện của nhà máy điện hạt nhân, các máy và các thiết bị trong các Fig. 1-3 được đưa ra chỉ để minh họa và không làm giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế, phạm vi bảo hộ của sáng chế được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ. Bất kỳ các hoạt động, các đối tượng, các mô đun, các bộ phận, thiết bị và các thuộc tính khác được thể hiện ở dạng số ít thì cũng có thể được coi là được sử dụng nếu có nhiều hoạt động, đối tượng, mô đun, bộ phận, thiết bị và thuộc tính trong nhà máy hoặc phương pháp, và ngược lại, nếu số nhiều được thể hiện thì một đối tượng hoặc một hoạt động cũng có thể là đủ cho việc sử dụng thuộc tính như vậy.

Hệ thống điều khiển có thể là tự động, tức là hệ thống này có thể lấy và thực hiện tất cả các quyết định một cách độc lập dựa vào dữ liệu nhận được và được xử lý bởi hệ thống này. Ưu điểm của phương pháp tự động phun khí vào chất tải lạnh như vậy là không cần phải có chuyên gia tham dự vào việc điều khiển nhà máy điện hạt nhân. Tuy nhiên, có thể gây ra nguy cơ các điều kiện vận hành của nhà máy điện hạt nhân vượt quá các giới hạn cho phép do tính khép kín của chu trình điều khiển trong trường hợp phản hồi tích cực không giới hạn, trong đó nỗ lực để kiểm soát các thay đổi không mong muốn của các thông số dẫn đến sự thay đổi lớn hơn của thông số này theo chiều hướng không mong muốn (điều này có thể xảy ra do sự không hoàn hảo của các thuật toán xử lý và sai hỏng của thiết bị).

Theo phương án khác, hệ thống điều khiển việc phun khí vào chất tải lạnh có thể được thực hiện với người tham gia vào việc xử lý dữ liệu và/hoặc ra quyết định. Tùy chọn này đòi hỏi sự tham gia của các chuyên gia cao cấp. Tùy chọn này sẽ đảm bảo sự cân nhắc tất cả các thông số có thể và loại trừ việc nhà máy điện hạt nhân chuyển sang các chế độ vận hành nguy hiểm hoặc tới hạn, do trái ngược lại với máy móc tự động, con người có khả năng dự báo một cách thích hợp hiện trạng và thay đổi kế hoạch hành động có xét đến các vấn đề an ninh và vận hành lâu dài.

Để cho nhân viên nhận được dữ liệu và tương tác với hệ thống điều khiển, nhà máy điện hạt nhân có thể có bảng điều khiển được trang bị các phương tiện chỉ dẫn chẳng hạn như

các bộ chỉ báo ánh sáng (các bảng phát quang, các màn hình, các bảng thông tin, v.v.), các bộ chỉ báo âm thanh (các loa phóng thanh, các còi báo, các hệ thống báo động, v.v.) và các loại thiết bị khác, chẳng hạn như các màn hình cảm nhận bằng xúc giác. Hơn nữa, bảng điều khiển này có thể được trang bị các thiết bị đầu vào để yêu cầu thông tin cần thiết, để kiểm tra và nhập các lệnh điều khiển. Các thiết bị đầu vào này có thể là các nút bấm, các bộ chuyển mạch kiểu cầu dao, các cần gạt, các bàn phím, các bộ cảm biến, các bảng cảm ứng, các bi quay, con chuột, các bảng cảm biến và các thiết bị đầu vào khác đã được biết đến trong lĩnh vực này. Xét về tính đa dạng của thiết bị thông tin, bảng điều khiển này có thể được kéo dài, để người sử dụng bảng điều khiển này thuận tiện hơn. Thiết bị này có thể bao gồm ghế có con lăn, ngoài việc thuận tiện khi vận hành, còn đảm bảo tiếp cận nhanh và dễ dàng tới các bộ phận ở xa bảng điều khiển này và người vận hành có thể dễ dàng dời vị trí hiện tại và nhanh chóng đi tới vị trí mong muốn nhờ sự di chuyển nhanh của các con lăn của ghế.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng cả hai phương án về hệ thống điều khiển, phương án tự động và phương án có sự tham gia của người, đều có một số nhược điểm. Việc điều khiển thủ công có thể có nhược điểm là tốc độ xử lý dữ liệu và ra quyết định của người chậm so với các yêu cầu của nhà máy điện hạt nhân. Mặt khác, hệ thống điều khiển hoàn toàn tự động có thể không an toàn trong trường hợp các thuật toán xử lý dữ liệu có lỗi hoặc chưa hoàn thiện. Kết quả là, phương án kết hợp của các hệ thống điều khiển có thể được thực hiện, tức là xử lý dữ liệu và điều khiển được thực hiện theo chế độ tự động, nhưng dữ liệu được hiển thị bằng việc sử dụng các phương tiện chỉ báo và, nếu bất kỳ thông số nào vượt quá các giới hạn cho phép (hoặc tiệm cận với các giới hạn cho phép) hoặc bất kỳ khi nào cần chuyên gia có thể điều chỉnh vận hành của hệ thống điều khiển tự động hoặc điều khiển thủ công hệ thống này.

Các mô đun của hệ thống điều khiển có thể được thực hiện trong phần cứng trên cơ sở các bộ phận điện tử rời rạc, các vi mạch tích hợp, các bộ xử lý, các cụm, các khối, v.v. Hệ thống điều khiển có thể là tương tự, số hoặc được kết hợp. Các mô đun được kết nối điện tử với thiết bị nằm trong lò phản ứng hoặc trong bảng điều khiển và mô đun này điều khiển vận hành của nó hoặc xử lý dữ liệu có thể bao gồm các bộ chuyển đổi điện áp, dòng điện, tần số, các tín hiệu tương tự thành tín hiệu số và và khe nhiệt, các ổ đĩa, các nguồn dòng điện hoặc điện áp và các bộ phận điều khiển. Tất cả các bộ phận và các mô đun này có thể được đặt trên một hoặc một số tấm lắp ráp, có thể chung một bảng mạch hoặc bộ phận hoặc được phân tách theo đó, hoặc có thể được thực hiện và lắp đặt mà không cần sử dụng các tấm lắp ráp.

Các mô đun hệ thống điều khiển cũng có thể được thực hiện trong phần mềm. Nhằm mục đích này, các vi mạch tích hợp có logic khả trình, các bộ điều khiển, các bộ xử lý và các máy tính có thể được sử dụng làm phần cứng; trong khi phần mềm sẽ bao gồm các chương trình có các lệnh và các mã được thực thi bằng các vi mạch, các bộ điều khiển, các bộ xử lý, các máy tính đã nêu, v.v. được kết nối với các thiết bị và máy của lò phản ứng. Các chương trình này có thể được lưu giữ trong các bộ nhớ mà các bộ nhớ này có thể được thực thi dưới nhiều dạng khác nhau đã được biết đến trong lĩnh vực này và có thể là các bộ mang dữ liệu đọc được bằng máy tính: bộ nhớ chỉ đọc, các đĩa cứng và các đĩa mềm, các thẻ nhớ,

các đĩa quang, các bộ nhớ khung, v.v. Các chương trình này có thể bao gồm các chuỗi mã hoặc lệnh để thực hiện phương pháp và thuật toán theo sáng chế, toàn bộ hoặc một phần. Các vi mạch, các bộ điều khiển, các bộ xử lý và các máy tính có thể được kết nối với các thiết bị đầu vào/đầu ra có thể được đặt riêng biệt hoặc được đưa vào bảng điều khiển này. Các mô đun riêng biệt của hệ thống điều khiển có thể là các mô đun phần mềm hoặc được kết hợp vào một hoặc một số chương trình cũng như là vào một hoặc một số gói phần mềm hoặc các bộ phận.

Hệ thống điều khiển và các mô đun của nó có thể được thực hiện dưới dạng cả phần cứng và phần mềm, tức là một phần của các mô đun hoặc tất cả các mô đun có thể được thực hiện trong phần cứng, và một phần các mô đun hoặc các thiết bị điều khiển có thể được chế tạo dưới dạng phần mềm. Theo phương án được ưu tiên, các mô đun điều khiển của thiết bị lò phản ứng (hệ thống khí, thiết bị dùng để phun khí vào chất tải lạnh) và các mô đun chuyển đổi của các bộ cảm biến có thể được chế tạo trong phần cứng, và các mô đun xử lý dữ liệu và các lệnh, các màn hình hiển thị thông tin và việc điều khiển các thông số xử lý (ví dụ như các giá trị ngưỡng và các giá trị cho phép) có thể được chế tạo dưới dạng phần mềm dựa trên máy tính, bộ xử lý hoặc bộ điều khiển. Ngoài ra, các vi mạch chuyên dụng có thể được chế tạo. Các mạch như vậy sẽ chứa tất cả các bộ phận phần cứng cần thiết cùng với các chương trình hoặc các thông số xử lý dữ liệu được tải vào các mạch này.

Theo phương án được ưu tiên, tất cả các bộ phận và phần tử điện tử và các bộ phận và phần tử khác sẽ được chế tạo chống phóng xạ để cho phép vận hành các bộ phận này và khả năng vận hành của hệ thống này trong tổng thể là một phần của nhà máy điện hạt nhân mà nhà máy điện hạt nhân này có thể là nguồn phóng xạ ion hóa, và bảo toàn khả năng điều khiển vận hành lò phản ứng cho dù trong các điều kiện tai nạn và ngăn ngừa các ảnh hưởng tiêu cực có thể xảy ra, nhờ đó đảm bảo tăng cường độ an toàn và kéo dài tuổi thọ vận hành.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp phun khí vào chất tải lạnh kim loại lỏng (104) của lò phản ứng (101) với chất tải lạnh kim loại lỏng (104) được kết nối với hệ thống khí và bao gồm thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104) được lắp một phần trong chất tải lạnh (104) và một phần trong khoảng không (106) trong lò phản ứng (101) phía trên chất tải lạnh (104) và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không (106) vào chất tải lạnh (104), trong đó hệ thống khí này được kết nối với lò phản ứng (101) để cho hệ thống khí này có thể cấp khí vào và rút khí ra khỏi khoảng không (106), phương pháp này bao gồm các bước sau:

- phun khí vào chất tải lạnh (104), khí này được cấp từ hệ thống khí này tới khoảng không (106);

- phun khí vào chất tải lạnh (104) bằng cách duy trì áp suất khí cao hơn áp suất của chất tải lạnh trong thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104);

- bơm khí vào trong hệ thống khí này từ khoảng không (106).

2. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, khí được cấp liên tục vào khoảng không (106) từ hệ thống khí này và/hoặc được rút ra liên tục từ khoảng không (106) vào hệ thống khí này trong quá trình phun khí vào chất tải lạnh (104).

3. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, khí được phun vào chất tải lạnh (104) trong khoảng thời gian không dài hơn thời gian cần để khí được phun vào chất tải lạnh (104) chạm tới bề mặt chất tải lạnh (105).

4. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, khí được rút ra từ khoảng không (106) tới hệ thống khí này được lọc và được phun trở lại khoảng không (106).

5. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, áp suất khí trong thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104) được duy trì cao hơn áp suất của chất tải lạnh bằng cách tăng áp suất khí trong khoảng không (106).

6. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, áp suất khí trong thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104) được duy trì cao hơn áp suất của chất tải lạnh bằng cách giảm cục bộ áp suất của chất tải lạnh gần thiết bị (112) dùng để phun khí này bằng cách quay ít nhất một phần của thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104).

7. Nhà máy điện hạt nhân bao gồm:

- lò phản ứng (101),

- chất tải lạnh kim loại lỏng (104) trong lò phản ứng (101),

- hệ thống khí được kết nối với lò phản ứng (101) và được làm thích ứng để cấp khí vào/rút khí ra khỏi khoảng không (106) trong lò phản ứng (101) ở phía trên chất tải lạnh (104),

thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104) được lắp một phần trong chất tải lạnh (104) và một phần trong khoảng không (106) và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không (106) tới chất tải lạnh (104), và

hệ thống khí này và thiết bị (112) dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104) được làm thích ứng để vận hành phù hợp với phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6.

8. Nhà máy điện hạt nhân theo điểm 7, khác biệt ở chỗ, hệ thống khí này bao gồm các ống (108, 114, 216), bộ lọc khí (204) và bơm (202) được kết nối vào vòng ống, phần đầu của vòng ống này được làm thích ứng để nhận khí từ khoảng không (106) của lò phản ứng (101) và phần cuối của nó được làm thích ứng để cấp khí vào khoảng không (106) của lò phản ứng (101).

9. Nhà máy điện hạt nhân theo điểm 7, trong đó nhà máy này bao gồm hệ thống điều khiển phun khí được làm thích ứng để vận hành theo phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6.

10. Nhà máy điện hạt nhân theo điểm 9, trong đó hệ thống điều khiển phun khí này bao gồm:

mô-đun được làm thích ứng để điều khiển hệ thống khí này đảm bảo việc cấp khí vào khoảng không (106) của lò phản ứng (101) và đảm bảo việc rút khí ra khỏi khoảng không (106) của lò phản ứng (101); và

mô-đun được làm thích ứng để điều khiển thiết bị (112) được dùng để phun khí vào chất tải lạnh (104) và đảm bảo việc phun khí vào chất tải lạnh (104) từ khoảng không (106).

11. Nhà máy điện hạt nhân theo điểm 10, trong đó mô-đun được làm thích ứng để điều khiển hệ thống khí này được làm thích ứng để đảm bảo cấp khí liên tục vào khoảng không (106) và/hoặc rút khí liên tục ra khỏi khoảng không (106).

12. Nhà máy điện hạt nhân theo điểm 11, trong đó nhà máy này bao gồm bộ định thời và mô-đun được làm thích ứng để điều khiển thiết bị (112) được dùng để bơm khí vào chất tải lạnh (104) được làm thích ứng để đảm bảo việc phun khí vào chất tải lạnh (104) trong khoảng thời gian không dài hơn thời gian cần để khí được phun vào chất tải lạnh (104) chạm tới bề mặt chất tải lạnh (105).

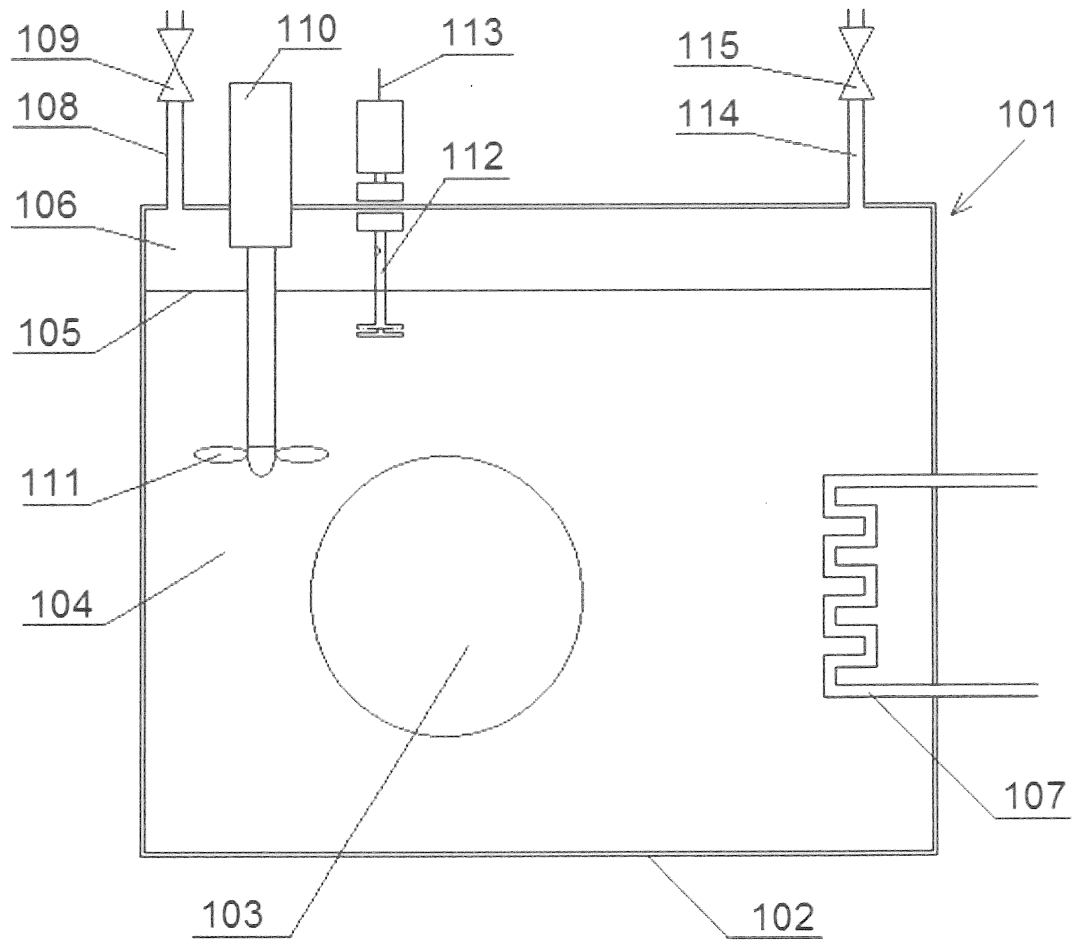


Fig.1

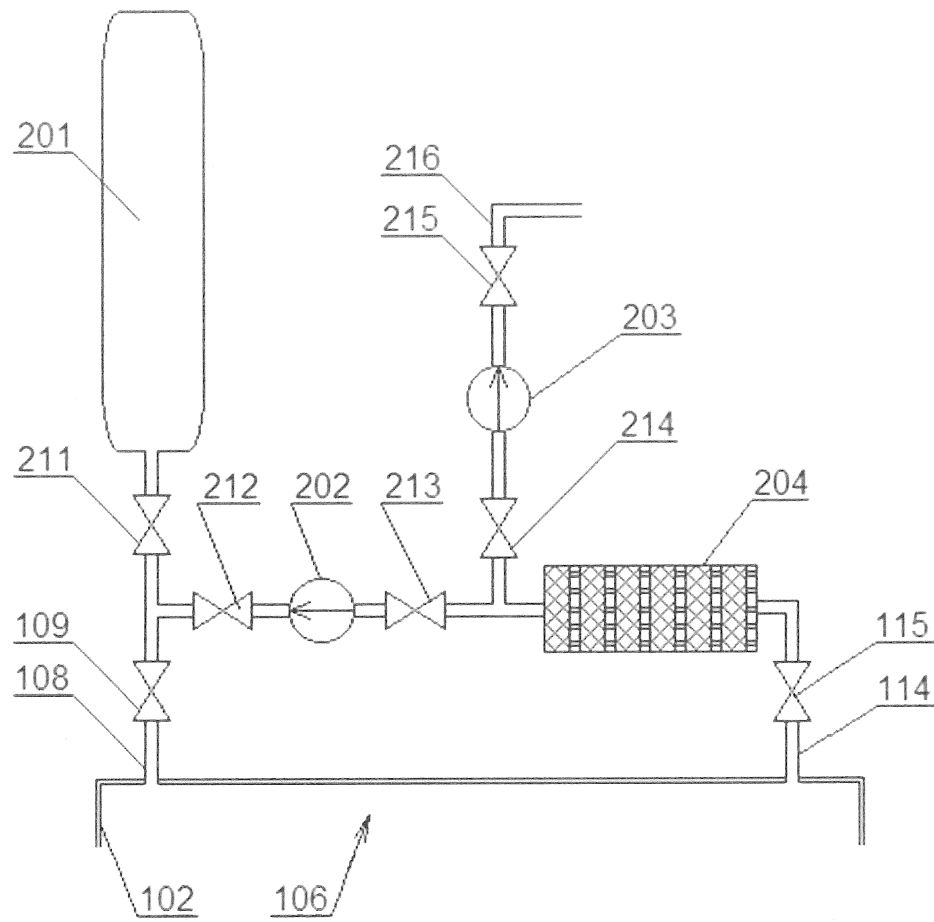


Fig.2

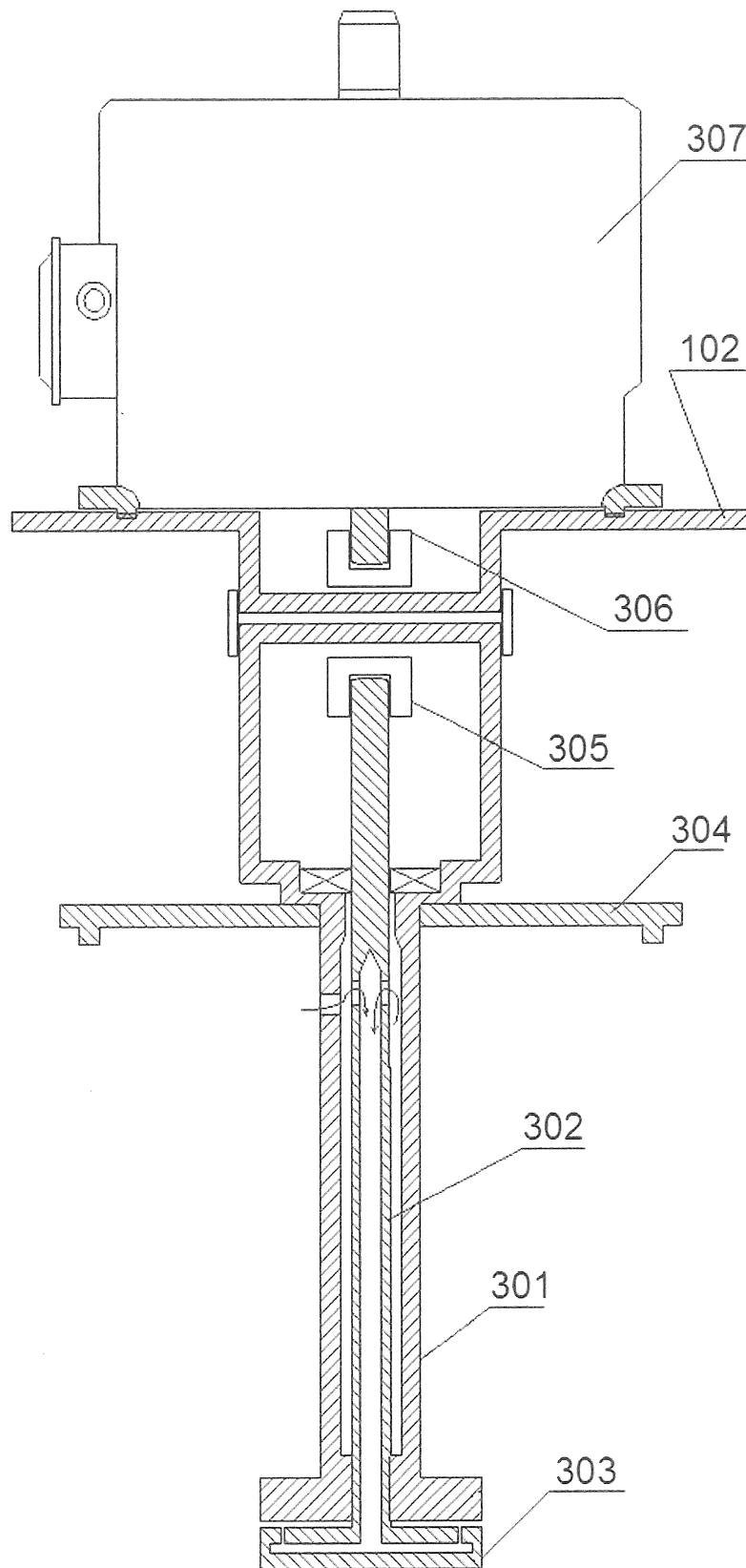


Fig.3

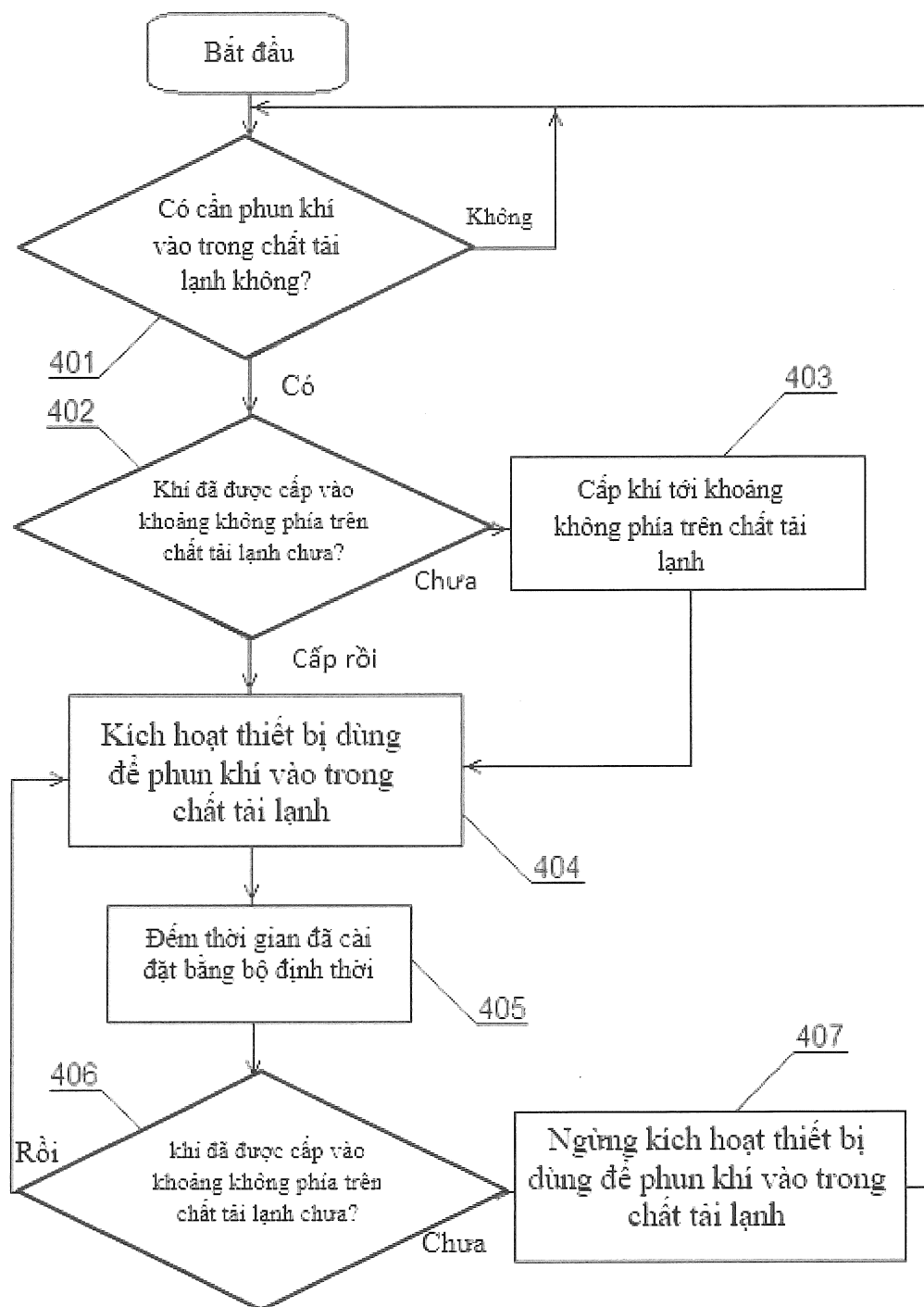


Fig.4