



# Heli được sử dụng cho năng lượng hạt nhân

Theo đề xuất của các nhà thiết kế, nhà máy điện này sẽ vượt xa tất cả các hệ thống trước đây về mức độ an toàn, hiệu quả kinh tế và nhiều thông số khác. Mặc dù có sự gia tăng sử dụng năng lượng mặt trời, năng lượng gió và sóng và các năng lượng thay thế khác, nhưng hàng thập kỷ tới chúng ta vẫn chưa thể từ bỏ năng lượng "cổ điển". Và tất nhiên ở đây, năng lượng nguyên tử là loại thân thiện nhất với môi trường.

Các nhà môi trường khẳng định rằng, các nhà máy nhiệt điện thải vào khí quyển hàng triệu tấn chất độc và khí nhà kính. Nhà máy thủy điện, đi cùng với các hồ chứa nước, làm thay đổi không thuận nghịch hàng chục km môi trường xung quanh, làm ảnh hưởng đến môi trường sống của hàng ngàn loài động thực vật, gây áp lực rất lớn đối với vỏ trái đất.

Với sơ đồ mới của Nhà máy điện nguyên tử mới sẽ loại bỏ các kết cấu của nhiều hệ thống máy điện hạt nhân trước đây. Về phía Mỹ, đối tác chính của dự án là Công ty General Atomics, còn về phía Nga là Cục Thiết kế thử nghiệm cơ khí chế tạo I.I Afrikantov, trực thuộc Cơ quan Liên bang về năng lượng nguyên tử.

Các chuyên gia đang nhìn thấy viễn cảnh của nhà máy nguyên tử mới khi được giới thiệu về mô hình và phương pháp vận hành.

Hệ thống của nhà máy là Tuabin khí – Lò phản ứng modun Helium (GT-MHR). Nhiều viện nghiên cứu của Nga và Mỹ, cũng như các công ty của Pháp và Nhật bản đang tham gia xây dựng đề án chung Nhà máy điện hạt nhân mới. Điểm mới của dự án là có hai lò phản ứng chính. Lò phản ứng hạt nhân làm mát bằng khí Heli và độ an toàn bên trong (tức là khi gia nhiệt càng mạnh thì phản ứng càng yếu) và chuyển đổi nhanh nhất năng lượng heli nóng thành điện năng nhờ có tuabin khí, gọi là chu kỳ kín Brayton. Bởi vì các hộp chất phóng xạ được chôn xuống đất nên không phải sử dụng thiết bị bổ sung (máy bơm, tuabin, ống trên mặt), điều đó công việc xây dựng sẽ đơn giản và giảm chi phí xây dựng và bảo trì.

Tất cả được đóng trong hộp kín. Vì vậy, ngay cả khi hệ thống điều khiển không hoạt động thì nhiên liệu vẫn sẽ không bị nóng chảy. Tất cả sẽ tự động mất đi và nguội từ từ do nhiệt phân tán vào đất nền bao quanh nhà máy.

Nhiên liệu cho nhà máy – đó là oxit và cacbua urani hoặc oxit plutoni chế biến thành dạng viên bi có đường kính 0,2 mm và được bọc bằng các lớp gốm có độ bền nhiệt khác nhau. Các kim loại có sức kháng cao "đỏ" vào que, chúng tạo thành một cụm. Các thông số vật lý (khối lượng của kết cấu, điều kiện xảy ra phản ứng) và các thông số hình học của các lò phản ứng (mật độ năng lượng tương đối thấp) được tính toán trước, để khi xảy ra sự cố bất kỳ, kể cả khí mát hoàn toàn nước làm mát thì những viên bi này không tan chảy.

Toàn bộ lò phóng xạ được chế tạo từ graphit – hoàn toàn không có các chi tiết nào bằng kim loại, còn hợp kim chịu nhiệt chỉ được dùng chế tạo vỏ ngoài. Khi nhiệt độ ở trung tâm nhà máy lên đến tối đa là 1.600 độ C, lò

phản ứng tự nó sẽ bắt đầu được làm mát, nhiệt được truyền vào đất nền xung quanh.

Nhà máy chủ yếu hoạt động là nhờ một tuabin khí - lò phản ứng heli kiểu mô-đun. GT-MHR là một lò phản ứng graphit-khí, gồm có hai modun: một khối lò phản ứng nhiệt độ cao và một khối biến đổi năng lượng. Trong khối thứ nhất gồm có lò phóng xạ và hệ thống điều khiển và bảo vệ an toàn lò; bloc thứ hai gồm có: một tuabin khí với máy phát điện, thiết bị thu hồi nhiệt, thiết bị làm mát. Sự biến đổi năng lượng thực hiện trong một chu kỳ Brighton mạch kín.

Cả hai modun của thiết bị phản ứng bố trí trong hầm betông cốt thép đứng, nằm dưới mặt đất. Những ưu điểm chính của việc sử dụng kết cấu này là hệ số hiệu dụng cao và không có khả năng phá huỷ lò phóng xạ trong trường hợp xảy ra sự cố. Nhược điểm của nhà máy, theo các nhà thiết kế là công suất không cao. Để thay thế một bloc VVEP-1000 yêu cầu phải có 4 bloc GT-MHR. Nhược điểm này đòi hỏi, một mặt phải sử dụng chất làm mát bằng khí, có nhiệt dung nhỏ so với nước hoặc natri, mặt khác, cường độ năng lượng của khu vực phóng xạ thấp do phải thực hiện các yêu cầu về an toàn lò phản ứng./.

# Năng lượng hạt nhân

## **Phần 1: Những phương pháp sản xuất năng lượng hạt nhân**

Ngoài thiên nhiên nguyên tử uranium có tất cả ba đồng vị : 99,3 phần trăm đồng vị  $^{238}U$ , 0,7 phần trăm đồng vị  $^{235}U$ , và một tỷ lệ không đáng kể đồng vị  $^{234}U$ . Đồng vị  $^{235}U$  là đồng vị khả phân tự nhiên duy nhất có khả năng sản xuất năng lượng và sinh ra neutron để duy trì dây chuyền phản ứng. Đồng vị  $^{238}U$  là đồng vị phong phú[2] có thể hấp thụ neutron và, do đó, có khả năng làm tắt dây chuyền phản ứng nhưng, một khi hấp thụ một neutron, trở thành đồng vị khả phân  $^{239}Pu$ .

Những hạt nhân deuterium và tritium hợp nhất với nhau cũng sinh ra năng lượng. Deuterium là một đồng vị của khí hydro có nhiều ngoài thiên nhiên, chủ yếu trong nước biển. Tritium là một đồng vị nhân tạo được chế tạo từ phản ứng phân hạch một hạt lithium với một neutron. Những nguyên tử lithium cũng có rất nhiều trong nước biển.

Nếu thực hiện được phản ứng hợp nhất hạt deuterium với hạt tritium một cách đại trà thì nhân loại sẽ có được một nguồn năng lượng gần như là vô tận. Nghiên cứu và phát triển phương pháp sản xuất năng lượng này phức tạp và tốn kém. Vì thế mà hầu như tất cả các nước công nghệ tiên tiến phải liên kết để chia với nhau chi phí nghiên cứu khai triển[3] : sáu cường quốc, Đại-hàn, Hoa-kỳ, Liên-hiệp Âu Châu, Nga, Nhật-bản và Trung-quốc, hiệp sức để khai triển máy hợp nhất hạt nhân ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor, Lò Phản ứng Thí nghiệm Nhiệt hạch Quốc tế). Khi đang viết bài này các cường quốc đó đang quyết định đặt trung tâm nghiên cứu ở Pháp hay ở Nhật.

Hiện nay chưa ai biết được khi nào chương trình nghiên cứu những quy trình hợp nhất hạt nhân sẽ đạt kết quả. Trong khi chờ đợi thời đại hoàng kim đó, năng lượng hạt nhân được sản xuất nhờ những phản ứng phân hạch hạt nhân.

Phương pháp phân hạch một hạt nhân hiển nhiên nhất là bắn một hạt nhỏ vào hạt nhân đó. Cụ thể thì chúng ta tăng tốc những proton trong một hệ tăng tốc rồi bắn những proton đó vào một lò phản ứng chứa uranium tự nhiên. Những hạt nhân uranium bị đập vỡ sinh ra năng lượng. Sau phản ứng phân hạch này thì những neutron bị bắn ra một phần bị hạt nhân  $^{238}\text{U}$  hấp thụ để biến đồng vị phong phú đó thành đồng vị khả phân  $^{239}\text{Pu}$  và một phần va chạm với những vật có mặt trong lò phản ứng, giảm tốc độ và sinh ra năng lượng sau khi đập vỡ những hạt  $^{235}\text{U}$  có mặt trong uranium tự nhiên và những hạt  $^{239}\text{Pu}$  sinh ra trước đây. Dây chuyền phản ứng có thể duy trì một cách tự nhiên. Nhưng nếu có triệu chứng sắp bị tắt thì chỉ cần bắn vào lò phản ứng thêm một tia proton từ hệ tăng tốc là có thể kích động lại dây chuyền phản ứng.

Quy trình hỗn hợp tăng tốc proton và phân hạch hạt nhân này mới được sáng chế. Chúng tôi không biết đã có nguyên mẫu nào chưa. Nhưng đã có những lò phản ứng điều hành như vậy mà không có bộ tăng tốc proton mà chúng ta gọi là những lò phản ứng neutron mau lẹ.

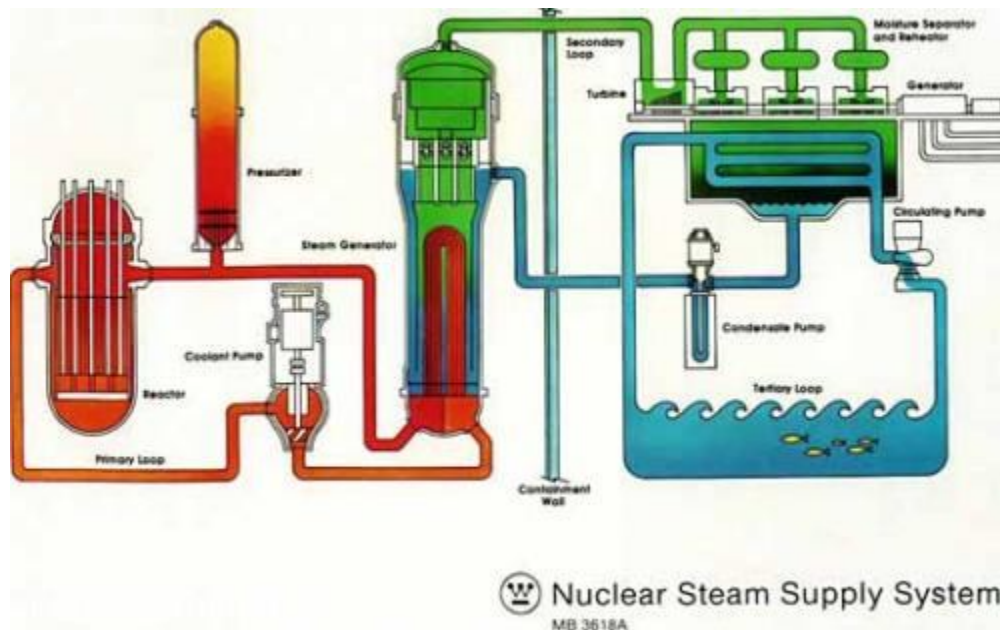
Thực ra một lò phản ứng neutron mau lẹ dùng cả neutron mau lẹ để sản xuất đồng vị  $^{239}\text{Pu}$ , một đồng vị khả phân, lẫn neutron đã được giảm tốc để gây ra những phản ứng phân hạch và sinh ra năng lượng. Neutron bắn ra từ những phản ứng phân hạch có tốc độ 20.000 km/giây. Muốn có thể gây ra một phản ứng phân hạch với một hạt nhân  $^{235}\text{U}$  khác thì neutron đó phải va chạm với một số hạt nhân có mặt trong lò phản ứng để cho tốc độ giảm xuống 2.000 m/giây.

Khi một lò phản ứng sản xuất những hạt  $^{239}\text{Pu}$  với những phản ứng hấp thụ nhiều hơn là đập vỡ chúng với những phản ứng phân hạch thì chúng ta gọi là lò bội sinh. Những lò bội sinh tiêu thụ một phần plutonium được sản xuất như vậy và phần còn lại có thể dùng làm nhiên liệu cho những nhà máy hạt nhân chỉ chạy bằng những phản ứng phân hạch.

Những lò phản ứng neutron mau lẹ được khai triển từ đầu kỷ nguyên năng lượng hạt nhân. Hiện nay chỉ có những lò thí nghiệm vận hành mà thôi. Nhà máy điện hạt nhân thương mại theo công nghệ neutron mau lẹ duy nhất là nhà máy Superphenix ở Creys Malville bên Pháp. Nhà máy này chạy thử để hiệu chỉnh vài năm rồi bị chính phủ Pháp ra

lệnh ngưng hoạt động và tháo dỡ. Lý do chính là vấn đề chất lưu chuyển nhiệt từ lò lò phản ứng ra ngoài chưa được giải quyết ổn thỏa : chất lưu chuyển nhiệt là natri nấu chảy, một vật có phản ứng nổ khi chạm với nước. Có người nghĩ rằng thay thế natri bằng chì nấu chảy thì sẽ an toàn hơn. Lý do phụ là những xí nghiệp vũ khí dành plutonium để sản xuất bom nguyên tử và Thế giới hiện đang thiếu plutonium để khởi động đại tràng những nhà máy hạt nhân neutron mau lẹ[4].

Những lò phản ứng hỗn hợp và những lò neutron mau lẹ có thể tận dụng tất cả những đồng vị uranium ngoài thiên nhiên. Chúng cũng có thể tận dụng những đồng vị thorium cũng có rất nhiều ở ngoài thiên nhiên. Nhưng vì những khó khăn khai triển những lò loại đó nên những lò phản ứng có áp dụng công nghiệp đều là những lò phân hạch những đồng vị khả phân như đồng vị  $^{235}\text{U}$  và những đồng vị của nguyên tử plutonium.



Như nói ở trên, những hạt neutron phải giảm tốc độ từ 20.000 km/giây xuống còn 2.000 m/giây. Những hạt nhân có thể giảm tốc độ của neutron gọi là những vật điều tiết. Để cho dây chuyền phản ứng được duy trì, những vật điều tiết không được hấp thụ neutron hay chỉ được hấp thụ rất ít thôi.

Những vật điều tiết tốt nhất là nước nhẹ, nước nặng, cacbon và khí oxy-cacbonic. Nước nhẹ là nước thường gồm bởi những phân tử  $\text{H}_2\text{O}$ . Nước nặng là nước gồm bởi những

phân tử  $D_2O$ . Nước này tương tự như nước thường chỉ khác là trong phân tử nước  $H_2O$  ion hydro  $H^+$  được thay thế bằng ion deuterium  $D^+$ . Nước tự nhiên gồm bởi nước nhẹ và một chút nước nặng. Muốn có nước nặng thì phải phân cất nước tự nhiên, tách những nguyên tử deuterium và oxy ra rồi kết hợp lại phân tử  $D_2O$  với những nguyên tử đó. Cacbon dùng để làm vật điều tiết là cacbon dưới dạng than chì. Còn khí oxy-cacbonic là kết quả của phản ứng oxy hóa than chì có mặt trong lò phản ứng. Nước, nặng hay nhẹ, và khí oxy cacbon còn có thể được dùng làm chất lưu chuyển nhiệt cho lò phản ứng.

Pháp có xây loại lò phản ứng gọi là UNGG (Unranium Naturel Graphite Gaz) dùng than chì làm vật điều tiết và khí oxy cacbon làm chất lỏng lưu chuyển nhiệt. Canada đã khai triển loại lò phản ứng dùng nước nặng gọi là CANDU (Canadian Deuterium Uranium). Những nhà máy này rất an toàn và chạy bằng uranium tự nhiên nên chi phí điều hành thấp. Nhưng những nhà máy này cần vốn đầu tư rất cao. Một nhà máy có đời sống kỹ thuật 40 năm phải hoạt động trong hơn một chục năm mới hoàn lại được năng lượng bỏ ra để xây ra nó ! Sau khi xây được vài nhà máy UNGG, Pháp ngưng không xây tiếp nữa và chuyển sang công nghệ lò phản ứng nước nhẹ. Còn Canada thì chỉ xuất khẩu được vài nhà máy CANDU thôi.

Song song người ta đã khai triển những lò phản ứng chạy bằng nước nhẹ.

Phân tử  $H_2O$  trong nước nhẹ hấp thụ một chút neutron và hàm lượng đồng vị  $^{235}U$  trong uranium tự nhiên quá thấp để duy trì phản ứng có thể duy trì được. Vì thế những lò phản ứng dùng nước nhẹ cần đến một hỗn hợp uranium có hàm lượng đồng vị  $^{235}U$  cao hơn uranium tự nhiên, khoảng từ 3 tới 5 phần trăm, để duy trì dây chuyền phản ứng hạt nhân. Chúng ta gọi những hỗn hợp đó là uranium được làm giàu.

Những lò PWR (Pressurized Water Reactor, Lò Phản ứng Nước Nén), HTR (High Temperature Reactor, Lò Phản ứng Nước Nóng) và BWR (Boiled Water Reactor, Lò Phản ứng Nước Sôi) là những lò phản ứng hạt nhân chạy bằng uranium đã được làm giàu. Liên Xô cũ có khai triển loại lò RBMK chạy bằng uranium đã được làm giàu và dùng than chì làm vật điều tiết và nước sôi làm chất lỏng lưu chuyển nhiệt[5]. Giữa những loại



lò đó thì lò PWR là thông dụng nhất vì có tỷ trọng khối lớn nên vừa rẻ lại vừa an toàn nhất.

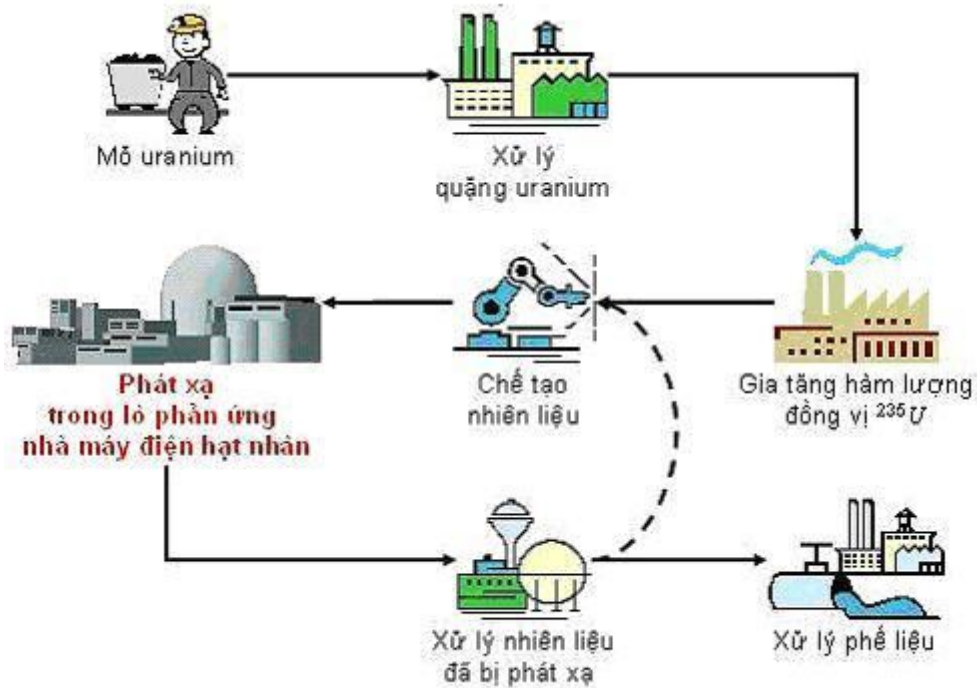
### **Những vấn đề công nghệ của ngành năng lượng hạt nhân**

Rút cục hiện nay chỉ có những lò phản ứng chạy bằng nước nhẹ là thịnh hành. Nhiên liệu của những lò ấy là đồng vị  $^{235}\text{U}$  của nguyên tử uranium và những đồng vị khả phân nhân tạo như là plutonium  $^{239}\text{Pu}$ .

Như mọi công nghệ, công nghệ điện hạt nhân phải hòa nhập vào một chuỗi công nghệ. Muốn nắm được công nghệ điện hạt nhân phải nắm được ít nhiều những công nghệ lân cận. Chúng tôi không nói đến những công nghệ xoong chảo nặng, cơ khí nặng, luyện kim, hóa học hay tự động học mà nếu bỏ nhiều công học tập và nhiều vốn đầu tư thì một ngày nào đó cũng có thể nắm được. Ngoài những công nghệ đó còn phải nắm được những công nghệ của chu trình nhiên liệu.

Một nhà máy hạt nhân chỉ là một khâu trong hẳn một chuỗi công nghệ phức tạp gọi là chu trình nhiên liệu. Chu trình đó gồm bảy khâu :

1. Khai thác quặng Uranium
2. Xử lý quặng uranium,
3. Làm giàu quặng đồng vị  $^{235}\text{U}$ ,
4. Chế tạo thanh nhiên liệu,
5. Phát xạ trong lò phản ứng nhà máy điện hạt nhân,
6. Xử lý nhiên liệu đã được phát xạ,
7. Xử lý phế liệu hạt nhân.



*Chu trình nhiên liệu hạt nhân*

Uranium nằm trong lòng đất từ mấy tỷ năm nay. Trong thời gian đó một số hạt nhân phân hạch và sinh ra khí radon. Khí radon là một vật phóng xạ. Khi đào mỏ thì khí radon bay ra. Nếu mỏ được khai thác trong hầm thì phải thổi gió mạnh vào hầm để thổi khí radon ra khỏi hầm và tránh cho nhân công đào mỏ bị nhiễm. Việc thổi gió vào hầm này không có gì là khó vì những hầm mỏ khác, được khai thác từ thời tiền cổ, cũng cần phải thổi gió như vậy. Đặc biệt những mỏ than đá cũng có khối lượng khí radon tương tự phát ra khi đào than[6].

Sau khi quặng được đào ra khỏi mỏ thì được lọc ra khỏi đất đá vụn. Sau khâu làm tinh khiết thì uranium ở dưới dạng oxy uranium  $UO_2$  hình bánh nguyệt màu vàng xám nên được gọi là *yellow cake* (bánh màu vàng). Khâu này cũng không có gì khó vì đó là công nghệ cổ điển của ngành luyện kim.

Uranium tự nhiên chỉ có 0,7 phần trăm đồng vị  $^{235}U$ . Hàm lượng này không đủ để duy trì dây chuyền phản ứng nên người ta phải gia tăng hàm lượng đó. Để làm việc đó oxy uranium  $UO_2$  được đổi thành khí hexa fluorur uranium  $UF_6$  qua một số quy trình hóa học.

Sau đó một phần phân tử  $UF_6$  có đồng vị  $^{238}U$  được loại ra làm tăng tỷ lệ những phân tử có đồng vị  $^{235}U$ . Việc gia tăng hàm lượng đồng vị  $^{235}U$  này gọi là việc làm giàu uranium. Vì trọng khối phân tử hexa fluorur uranium với đồng vị  $^{235}U$  và trọng khối phân tử có đồng vị  $^{238}U$  chỉ khác nhau không đáng kể nên việc làm giàu rất công phu và tốn kém.

Hiện có nhiều phương pháp tách phân như là phương pháp khuếch tán, phương pháp siêu quay rây hay là phương pháp laser. Chỉ có những cường quốc có vũ khí hạt nhân mới nắm được công nghệ này. Những nước này là Anh, Nga, Hoa-kỳ, Pháp và Trung-quốc. Ấn-độ và Pakistan gần đây cũng có thử vài quả bom nguyên tử nhưng chưa biết có đủ khả năng công nghệ để được coi là thành viên câu lạc bộ những nước có vũ khí hạt nhân hay không. Các nước đó ngăn cản không cho những nước khác mua hay để khai triển công nghệ làm giàu uranium viện cớ rằng họ muốn chống tăng sinh vũ khí hạt nhân.

Sau khâu làm giàu, uranium tự nhiên có hàm lượng đồng vị  $^{235}U$  bị giảm đi. Người ta nói rằng uranium đã bị làm nghèo. Uranium này được để sang một bên chờ ngày công nghệ neutron mau lẹ được hiệu chỉnh và biến thành  $^{239}Pu$  khả phân. Còn uranium với hàm lượng đồng vị  $^{235}U$  được gia tăng, mà chúng ta gọi là uranium được làm giàu, thì được biến đổi trở lại thành oxy uranium  $UO_2$ . Sau khi được vo thành viên, những viên oxy uranium được đổ vào trong lòng những thanh bằng một hợp kim zirconium gọi là zircalloy. Những thanh đó có những cánh để có thể tải nhiệt khi năng lượng sinh ra nhân những phản ứng hạt nhân. Chúng được gom lại thành bó trước khi đặt vào lò phản ứng. Việc chế tạo những viên  $UO_2$ , những thanh và những bó nhiên liệu này cần phải được rất chính xác để không bị trục trặc khi đặt nhiên liệu vào lò phản ứng, khi rút chúng ra khỏi lò và để khi lò điều hành nhiệt năng có thể tỏa ra khỏi những thanh nhiên liệu một cách hài hòa.

Cũng vì viện cớ không cho tăng sinh vũ khí hạt nhân những nước có vũ khí hạt nhân cũng không bán cho những nước khác uranium đã được làm giàu. Vì không có khả năng tự quản lý uranium đã được làm giàu những nước không có vũ khí hạt nhân không còn lý do để khai triển công nghệ sản xuất những bó nhiên liệu hạt nhân nữa.

Về việc chọn lựa những loại nhà máy điện hạt nhân thì các nước không có vũ khí hạt nhân chỉ được mua hay, nếu có khả năng công nghệ, khai triển những lò phản ứng kiểu PWR thôi. Những nước có vũ khí hạt nhân đơn phương quyết định rằng tất cả những lò phản ứng hạt nhân khác đều có tiềm năng tăng sinh vũ khí hạt nhân.

Gần đây liên doanh Framatome Siemens chào hàng loại lò phản ứng gọi là EPR (European Pressurized Reactor, Lò Phản ứng Nước Nén Âu-châu). Họ giới thiệu loại lò đó là một thiết bị thể hệ thứ tư, tối tân hơn, tận dụng đồng vị  $^{235}\text{U}$  hơn, có thể đốt nhiều nguyên tử uranium hơn và nhất là an toàn hơn. Thực ra đó chỉ là một lò thuộc loại PWR có tiến bộ một chút nhưng không phải là một cách mạng công nghệ. Những chuyên gia năng lượng hạt nhân gọi lò phản ứng thể hệ thứ tư là những lò neutron mau lẹ đang được triển khai !

Sau khi nhiên liệu  $\text{UO}_2$  đã được phóng xạ và những đồng vị khả phân đã được tận dụng để sản xuất năng lượng, những bó thanh nhiên liệu được rút ra khỏi lò và đặt trong một bể nước kế cận với lò phản ứng chờ cho mức phóng xạ giảm xuống.

Khi phóng xạ giảm xuống đến mức không đáng kể thì những bó nhiên liệu được xẻ nhỏ và hòa tán trong những bể acid. Những nguyên tử được phân loại. Những nguyên tử uranium và plutonium được biến chế thành nhiên liệu cho một suất nữa. Những nhiên liệu đó gọi là MOX (Mixed Oxyd, Oxyd Hỗn hợp). Những sản phẩm phân hạch còn lại là những chất phóng xạ alpha, rất độc hại, với nửa đời sống[7] rất lâu dài. Vì thế chúng đặt ra vấn đề an toàn. Rất may là khối lượng những sản phẩm đó tương đối rất nhỏ nên có thể kiểm soát việc lưu trữ chúng. Ngoài ra một phần lớn sẽ có thể được xử lý trong những lò neutron mau lẹ tương lai khi những lò đó được hiệu chỉnh.

Cũng như khâu làm giàu uranium, những nước có vũ khí hạt nhân tổ chức độc quyền công nghệ xử lý nhiên liệu đã bị phóng xạ viện có nguy cơ tăng sinh vũ khí hạt nhân.

## **Phần 2: Những áp dụng tương lai của lò hơi hạt nhân**

Chúng ta thường biết rằng những lò phản ứng hạt nhân được dùng trong giảng dạy, nghiên cứu khoa học kỹ thuật và sản xuất điện. Nhưng một lò phản ứng hạt nhân còn có

thể dùng vào nhiều việc khác. Trong bài này chúng tôi xin trình bày một số áp dụng tương lai của lò phản ứng hạt nhân. Sau khi nêu lên những ưu điểm của lò hơi hạt nhân, chúng tôi sẽ trình bày nhu cầu năng lượng và nguyên tắc kỹ thuật của mỗi áp dụng và những gì các lò hơi hạt nhân có thể đóng góp cho áp dụng đó.

### **Ưu điểm của lò hơi hạt nhân**

Trong một lò phản ứng hạt nhân, nước có hai công dụng : (a) làm giảm tốc độ những neutron để chúng có thể đập vỡ những hạt nhân uranium U-235 và sinh ra năng lượng, và (b) chuyển ra khỏi lò năng lượng sinh ra từ những phản ứng hạt nhân. Những lò phản ứng hạt nhân thông dụng là những kiểu lò chạy bằng nước nhẹ gọi chung là *lò phản ứng nước nhẹ* (LWR, Light Water Reactor). Những lò đó sinh ra hơi nước hoặc trực tiếp ngay trong lò phản ứng, như những kiểu lò phản ứng nước sôi (BWR, Boiled Water Reactor), hoặc ở ngoài lò qua một bộ chuyển nhiệt, như những kiểu lò phản ứng nước nén (PWR, Presurized Water Reactor). Vì vậy, một lò phản ứng hạt nhân thường cũng được gọi là *lò hơi hạt nhân*.

Hơi nước sinh ra có thể dùng để sản xuất điện, nhưng cũng có thể dùng trong mọi sinh hoạt cần đến hơi nước. Ngành năng lượng phân biệt mêga-watt dưới dạng nhiệt và mêga-watt dưới dạng điện. Khi chuyển từ dạng hơi nước sang dạng điện thì năng lượng khả dụng sẽ giảm vì phải chịu hiệu suất Carnot của vật lý và hiệu suất cơ học không hoàn hảo của các động cơ. Muốn có công suất một mêga-watt điện (viết tắt là MWe) thì phải sản xuất hai mêga-watt dưới dạng nhiệt (viết tắt là MWt) từ một lò hơi dùng năng lượng hóa thạch và ba mêga-watt dưới dạng nhiệt từ một lò hơi hạt nhân. Sai biệt về công suất đó là một nguồn lãng phí trong sử dụng năng lượng. Vậy, trên phương diện thực tiễn, nếu nhất thiết không cần phải dùng đến điện năng thì tốt hơn là dùng năng lượng trực tiếp dưới dạng hơi nước.

Một lò hơi hạt nhân có nhiều ưu điểm so với một lò hơi cổ điển :

1. Với cùng một công suất, thể tích cũng như khối lượng riêng của một lò hơi hạt nhân cao hơn.

2. Vì không cần đến bãi dự trữ nhiên liệu, diện tích cần thiết để lắp đặt và vận hành một lò hơi hạt nhân nhỏ hơn rất nhiều.
3. Một lò hơi hạt nhân an toàn và làm ít ô nhiễm hơn mọi phương tiện biến đổi năng lượng khác[1].
4. Công suất một lò hơi hạt nhân có thể lên tới 3.000 MWt và những lò đang được khai triển lại còn có công suất lớn hơn nữa.
5. Những kiểu lò hơi hạt nhân có công suất nhỏ, khoảng 100/200 MWt, đặc, và có nổi lò bất khả xâm trong một thùng giam hãm chỉ có một đầu vào và một đầu ra của mạch hơi nước đang được khai triển để có thể phổ biến những áp dụng của năng lượng hạt nhân mà không e ngại về tăng sinh vũ khí hạt nhân.

Nhờ đó chúng ta có thể nghĩ tới những áp dụng hoặc chưa phổ biến hoặc chưa được đưa vào thực hiện hay thử nghiệm :

1. Đặt một lò hơi hạt nhân ở những nơi đất hẹp người đông như là những khu công nghiệp hay là ngoại ô những thành phố.
2. Khai triển những áp dụng công nghiệp cần đến rất nhiều hơi nước hay nhiệt năng mà cho tới nay công suất của những lò hơi cổ điển không cho phép thực hiện.
3. Đặt lò hơi hạt nhân có công suất nhỏ để cung cấp năng lượng trên những nền di động như là tàu biển và dàn khai thác dầu khí.
4. Thay thế lò hơi cổ điển bằng lò hơi hạt nhân công suất nhỏ ở những nơi có ít nhu cầu nhiệt năng mà không sợ những vật liệu phân hạch bị đánh cắp.
5. Thay thế sản xuất nhiệt năng tập trung vào một lò hơi lớn bằng một mạng nhiệt năng liên kết với nhiều lò hơi hạt nhân nhỏ để có nhiều nguồn hơi nước bảo đảm cung cấp hơi liên tục.

## **Chạy tàu thủy**

Vận tải là một ngành tiêu thụ một phần tư năng lượng của Thế-Giới, trong đó một phần mười dành cho tàu thủy. Những tàu nhỏ thường chạy bằng máy nổ có thể lên đến vài triệu mã lực. Những tàu cỡ trung bình, trọng tải từ 1.000 DWT đến 10/20.000 DWT, chạy bằng tua bin khí. Lớn hơn nữa thì có lò hơi với công suất 100/150 MWt. Lò hơi có thể là một lò chạy bằng năng lượng hóa thạch và, trên phương diện kỹ thuật, không gì cản trở thay thế lò cổ điển đó bằng một lò hạt nhân.

Vấn đề của một tàu thủy là thỉnh thoảng phải chờ ở hải cảng để được tiếp tế nhiên liệu. Với những tàu có trọng tải nhỏ hay vừa thì sự ràng buộc đó không quan trọng mấy. Nhưng với những tàu lớn thì sự ràng buộc đó là cả một sự tổn kém thời gian lẫn tiền của. Một tàu có lò hơi cổ điển phải được tiếp tế nhiên liệu trung bình mỗi 1.000 hải lý. Một tàu có lò hơi hạt nhân thì có thể chạy tới ít nhất 500.000 hải lý trước khi mới cần phải thay nồi lò phản ứng !

Những lò phản ứng dùng trên tàu biển thuộc loại nước nén hay là loại được làm nguội bằng kim loại lỏng. Để lò phản ứng có tích lượng riêng cao, nhiên liệu là uranium được làm giàu ở hàm lượng U-235 từ 40 đến hơn 95 phần trăm. Hàm lượng này vượt xa hàm lượng tối đa 20 phần trăm mà cơ quan IAEA (International Atomic Energy Agency, Cơ Quan Nguyên Tử Lực Quốc Tế) cho phép. Vì thế mà cho tới nay chỉ có những chiến hạm các nước đã có vũ khí hạt nhân và, trong số những tàu dân sự, vài tàu phá băng của Liên-Xô cũ là có lò hơi hạt nhân. Những tàu dân sự khác, như tàu Otto Hahn của Đức, Savannah của Hoa-Kỳ và Mutsu của Nhật, đều phải ngưng hoạt động sau vài trục trặc kỹ thuật.

Vận tải bằng đường biển là phương tiện tiết kiệm năng lượng nhất. Mặc dù trọng tải nhiều tàu biển rất lớn và, trong tương lai, sẽ còn lớn hơn, đòi hỏi về công suất cũng không là bao nhiêu. Một tàu trọng tải 100.000 DWT chỉ cần đến một công suất chừng 100/150 MW, nghĩa là công suất của một lò hơi cổ điển tầm thường và công suất của một lò hơi hạt nhân nhỏ. Những lò hơi hạt nhân nhỏ sẽ không có vấn đề với IAEA. Khi chúng được hiệu chỉnh thì có thể nghĩ tới trang bị những tàu biển dân sự.

**Cung cấp nhiệt năng cho đô thị và khu công nghiệp**

Ở đô thị, nhà của thường dân, những văn phòng cũng như những cơ sở thương mại đều có nhu cầu nước nóng gia dụng, tăng nhiệt độ không khí khi trời lạnh và giảm nhiệt độ không khí khi trời nóng. Một số quy trình sản xuất công nghiệp cũng có nhu cầu nhiệt năng trực tiếp dưới dạng hơi nước hay là từ hơi nước đã được ngưng. Những ngành công nghiệp như là hóa học hay chế biến thực phẩm tiêu thụ rất nhiều nhiệt năng.

Mỗi tòa nhà hay mỗi nhà máy có thể tự sản xuất nguồn nhiệt năng cần thiết. Nhưng mua nhiệt năng từ một cơ sở kinh doanh nhiệt năng thì sẽ làm cho tập thể tiết kiệm năng lượng cơ bản. Cơ sở này biến mọi vật liệu có thể đốt được thành nhiệt năng hay trích nhiệt năng từ bộ ngưng của một nhà máy điện để bán. Nhiệt năng đó có thể ở dưới dạng nước nóng ở áp suất cao để vẫn còn ở dạng nước quá nhiệt. Nước quá nhiệt đó được bơm vào một ống nước tới nơi tiêu thụ. Ở nơi tiêu thụ, nhiệt năng được chuyển sang những thiết bị chạy bằng nhiệt năng qua những bộ chuyển nhiệt. Sau đó, nước đã được làm nguội có áp suất đã được giảm đi quay trở về cơ sở sản xuất để được đun nóng và tăng áp suất trước khi đi một vòng nữa. Mạng ống nước nóng đó gọi là *mạng nhiệt năng*. Nếu mạng nhiệt năng bao trùm đầy đặc một đô thị hay một khu công nghiệp thì mua hơi nước sẽ rẻ hơn là tự sản xuất nhiệt năng vì cơ quan quản lý mạng nhiệt năng có khả năng chọn những nguồn năng lượng thích hợp nhất để sản xuất hơi.

Hiện nay nguồn năng lượng của những mạng nhiệt năng là cạn những thùng dầu, khí đồng hành[2], gỗ vụn, bã mía, rác đô thị, những chất thải khác có trữ lượng năng lượng cao,... Ít khi nào người ta dùng những nhiên liệu quý báu như là dầu hay khí đốt. Ở những khu mỏ than, người ta dùng than vụn hay than có trữ lượng năng lượng quá thấp để có thể thành thương phẩm. Ở một cảng dầu, người ta dùng cạn nạo từ những thùng chứa dầu của tàu biển hay ở trên đất liền. Ở những vùng khai thác rừng, người ta dùng gỗ vụn của những nhà máy cưa hay gom từ những công trường đốn gỗ. Ở các miền quê, người ta dùng bã mía, trấu thóc, rơm, vỏ dừa,... mọi vật liệu có thể sinh ra nhiệt lượng khi bị đốt. Một mạng nhiệt năng dùng những vật liệu đó thường nhằm mục đích chính giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường do phế liệu gây ra. Lợi tức của dịch vụ cung cấp hơi nước là một nguồn tài trợ đáng kể của dịch vụ thanh toán phế liệu của một địa phương.



Thực tế thì không bao giờ người ta lắp đặt một lò hơi chỉ để cung cấp mạng nhiệt năng của một đô thị hay một khu công nghiệp. Một đô thị hay một khu công nghiệp bao giờ cũng cần đến điện và nhiệt năng.

Để sản xuất điện với một lò hơi thì hơi phải ở nhiệt độ trên 300 C và áp suất trên 90 Mpa hay cao hơn nữa. Sau khi đi qua tua bin thì nhiệt độ và áp suất của hơi nước giảm. Nếu giảm chưa đủ thì có bộ ngưng làm giảm thêm. Làm như vậy thì tổn hao một nửa tới hai phần ba trữ lượng năng lượng cơ bản mà chúng ta có thể dùng để cung cấp năng lượng cho mạng nhiệt năng. Nhiệt năng cần thiết để đáp ứng những nhu cầu gia dụng hay công nghiệp thường ở nhiệt độ hơn 100 C một chút, quá lắm là lên tới 250 C, một nhiệt độ rất thấp so với nhiệt độ hơi nước của một nhà máy nhiệt điện. Áp suất chỉ cần đủ để nước giữ nước ở dạng quá nhiệt. Vì không cần đến nhiệt độ và áp suất cao, mạng nhiệt năng có thể dùng làm nguồn nước lạnh cho bộ ngưng của nhà máy điện. Như vậy, thay vì bỏ phí ra sông hay ra biển qua bộ ngưng, nhiệt năng tồn tại trong mạch của tua bin có thể được dùng trong mạng nhiệt năng.

Hiện nay các giám đốc nhà máy điện và chính quyền địa phương khai triển mạng nhiệt năng và cố gắng thu hút những ngành công nghiệp tiêu thụ nhiệt năng vào những khu công nghiệp xung quanh nhà máy điện của họ để tận dụng nguồn năng lượng. Một mạng nhiệt năng có công suất 1.000 MWt có thể cung cấp hơi cho những máy nước nóng và máy điều hòa nhiệt độ của tất cả những tòa nhà của một thành phố như Singapore. Đó là công suất một lò phản ứng hạt nhân công suất rất tầm thường.

Khi vận chuyển hơi nước trong những ống thì có thất thoát nhiệt năng. Vì thế, người ta tìm cách đặt cơ sở sản xuất nhiệt năng ở gần nơi tiêu thụ nhất, không quá 10 km. Vì những đòi hỏi về nhiệt độ và áp suất của một mạng không quá đáng, các lò phản ứng nước nhẹ hiện có mặt trên thị trường đều thích hợp hơn những lò cổ điển. Nếu dân địa phương chấp nhận rằng rủi ro của năng lượng hạt nhân thấp hơn là những ngành công nghiệp khác thì chúng ta có thể xây những nhà máy điện hạt nhân gần đô thị và sử dụng năng lượng hữu hiệu qua mạng nhiệt năng.

**Khử muối trong nước biển và nước bị ô nhiễm**

Nước là một thành phần quan trọng của đời sống. Thế mà hơn một nửa nhân loại không có nước ngọt trong sạch mặc dù một nửa nhân loại cư trú cách một bờ biển tối đa 50 km, nơi có 99 phần trăm nước của quả cầu. Cũng có nhiều người thiếu nước sinh hoạt mặc dù sống ở nơi có nước ngọt tự nhiên nhưng nguồn nước đã bị ô nhiễm. Cả tới ở Việt-Nam, dân những vùng ven biển cũng chỉ có thể dùng nước lợ. Khử muối trong nước biển hay nước đã bị ô nhiễm để có nước ngọt trong sạch là một đòi hỏi bức xúc của mọi chính quyền địa phương.

Công suất một nhà máy khử muối tùy ở dân số, đòi hỏi về tiện ích của dân địa phương và nhu cầu của những nhà máy. Hiện trên Thế-Giới có 12.500 nhà máy khử muối. Một nửa số nhà máy đó đặt ở Trung đông. Công suất trung bình của một nhà máy là 2.000 mét khối mỗi ngày. Nhưng có nhà máy sản xuất chỉ có 100 mét khối mỗi ngày và có nhà máy sản xuất tới 500.000 mét khối mỗi ngày.

Hồi tiền cổ những thủy thủ đã biết đặt một chất xốp để hấp thụ hơi nước bốc ra từ một nồi đun nước và sau đó ép chất xốp đó để lấy nước uống. Bây giờ thì chúng ta có bốn phương pháp khử muối : phương pháp cất đa ứng (MED, Multi Effect Distillation), phương pháp cất chớp đa cấp (MSF, Multi Stage Flash Distillation ), phương pháp ép hơi (VC, Vapour Compression) và phương pháp thẩm thấu ngược (RO, Reverse Osmosis).

Phương pháp cất đa ứng dùng nhiệt năng ở nhiệt độ dưới 100 C và phương pháp cất chớp đa cấp, có hiệu suất cao hơn, dùng nhiệt năng ở 120/125 C. Hai phương pháp này cần đến 200 nhiệt năng cho mỗi mét khối nhưng thích ứng với những nhà máy có công suất lớn. Phương pháp ép hơi dùng nhiệt năng ở khoảng 50/80 C cho bộ cất đầu tiên và điện cho máy nén hơi nước của những bộ cất tiếp theo. Phương pháp này cần đến 20 nhiệt năng vừa điện năng để xử lý một mét khối nước và thích ứng với những nhà máy công suất lớn và trung bình. Phương pháp thẩm thấu ngược, thích ứng với những nhu cầu nhỏ (một gia đình đến một chung cư), chỉ dùng điện để chạy máy nén nước và cần đến chừng 6 để xử lý mỗi mét khối nước.

Như với những mạng nhiệt năng, một lò hơi hạt nhân có thể cung cấp năng lượng cho một nhà máy khử muối công suất 100.000 mét khối nước mỗi ngày hay cao hơn. Tốt nhất

là lò hơi đó dùng để sản xuất điện và lấy nhiệt năng của bộ ngưng để khử muối. Tốt hơn nữa, nhiệt năng của bộ ngưng dùng để khử muối và để cung cấp mạng nhiệt năng.

### **Sản xuất khí hydro**

Khí hydro đã được sản xuất đại trà từ đầu kỷ nguyên công nghiệp hóa học. Sản lượng toàn cầu của khí hydro là 10 triệu tấn mỗi năm, gia tăng 10 phần trăm mỗi năm. Một nửa lượng khí hydro dùng để sản xuất phân bón có azot và nửa kia dùng để giảm hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu hydro cacbua ở những nhà máy lọc dầu.

Trong tương lai, khí hydro sẽ có thêm một thị trường vĩ đại. Đó là thị trường giao thông vận tải. Những phương tiện vận tải hiện nay thải ra khí mônô-ôxít-cácbon và những loại khí làm ô nhiễm môi trường khác. Để giải quyết vấn đề, có ý kiến dùng khí hydro làm nhiên liệu cho những phương tiện vận tải : đốt khí hydro chỉ thải ra có hơi nước. Nhưng cho tới nay chưa có thực hiện nào đáng kể vì nhiều vấn đề kỹ thuật về dự trữ, vận chuyển và phân bố khí hydro chưa được giải quyết ổn thỏa.

Sản xuất khí hydro có hai phương pháp được phổ biến : điện phân nước ở nhiệt độ xung quanh và cải hóa khí tự nhiên bằng hơi nước (steam reforming of natural gas). Những phương pháp phân tách hơi nước ở nhiệt độ trên 1.000 C ở điện thế cao hay phân tách hơi nước ở nhiệt độ trên 1.000 C qua một số giai đoạn phản ứng hóa học vẫn còn ở giai đoạn thử nghiệm. Phương pháp thịnh hành nhất là phương pháp cải hóa khí tự nhiên. Hiện nay, 95 phần trăm khí hydro được sản xuất theo phương pháp này vì nó cho phép sản xuất đại trà.

Nhưng phương pháp cải hóa khí tự nhiên sinh ra khí đi-ôxít-cácbon, một khí gây ra hiệu ứng nhà kính. Vấn đề đó chưa đặt ra vì tổng số khối lượng khí hydro đang được sản xuất hãy còn tương đối ít. Nhưng vấn đề sẽ đặt ra khi những phương tiện giao thông vận tải phải chuyển sang dùng khí hydro. Lúc đó, những lò hơi cổ điển khó mà có thể đạt được nhiệt độ 1.000 C cho những phương pháp phân tách hơi nước. Những lò hơi hạt nhân chạy ở những nhiệt độ khoảng đó thì mới đang được nghiên cứu nên chưa ai biết sẽ thực hiện được không.

Vậy chỉ còn phương pháp sản xuất khí hydrô bằng phương pháp điện phân nước. Mặc dù phương pháp này đã được khám phá từ hơn hai thế kỷ nay, có hiệu suất năng lượng cao và dễ được vận dụng nhưng cho tới nay ít được áp dụng vì không thích ứng với đòi hỏi của sản xuất khí ở quy mô lớn. Nhưng hạn chế này lại là một lợi thế khi khí hydrô được dùng đại trà làm nhiên liệu cho ngành giao thông vận tải. Theo phương pháp điện phân thì khí hydrô có thể được sản xuất một cách phân cấp. Chúng ta có thể biến đổi những trạm xăng hiện nay thành những cơ sở điện phân nước để cung cấp khí hydrô. Thậm chí mỗi tòa nhà cá nhân cũng có thể có một bộ điện phân. Như thế, việc cung cấp nhiên liệu sẽ an toàn hơn nhờ có nhiều đơn vị sản xuất nhỏ.

Như nói ở trên, sản xuất khí hydrô bằng phương pháp điện phân thì không khó mấy. Thiết kế một bộ điện phân cũng không có gì là khó. Vấn đề chính, nhưng ngoài đề tài của bài này, là khai triển phương pháp dự trữ an toàn khí hydrô trên phương tiện vận tải. Điện cần thiết cho những đơn vị sản xuất khí hydrô bằng những bộ điện phân nhỏ sẽ do mạng điện công cộng cung cấp. Những mạng điện công cộng có thể dùng điện sản xuất từ nhiều nguồn năng lượng cơ bản khác nhau. Trong tương lai, năng lượng cơ bản dùng để sản xuất điện của mạng điện Việt-Nam chủ yếu sẽ là thủy năng và năng lượng hạt nhân.

### **Khí hóa than**

Trữ lượng than trong lòng đất có thể cung cấp năng lượng trong hai thế kỷ nữa theo nhịp tiêu thụ hiện nay của nhân loại. Nhưng đốt than thì làm ô nhiễm môi trường vì tạo ra nhiều bụi, khí đi-ôxít-cácbon, một khí gây ra hiệu ứng nhà kính, và khí đi-ôxít-sulfur, một khí gây ra mưa acid. Mặc dù khí hóa than cũng sinh ra đi-ôxít-cácbon nhưng lối dùng than kiểu này vừa tiện lợi lại vừa ít làm hại cho môi trường : ít ra chúng ta giảm lượng bụi và lượng khí đi-ôxít-sulfur. Ngoài ra, vận chuyển năng lượng dưới dạng khí thì dễ hơn vận chuyển dưới dạng than. Chúng ta có thể dùng khí sinh ra từ quy trình khí hóa than để đáp ứng những nhu cầu gia dụng hay công nghiệp cần đến năng lượng.

Phương pháp khí hóa than dựa trên tương tác giữa nguyên tử cacbon của than với hơi nước và khí oxy. Phản ứng này sinh ra một hỗn hợp khí hydrô, khí ôxít-cácbon, đi-ôxít-cácbon và khí hydrô có thể dùng làm nguồn năng lượng. Phản ứng đã được áp dụng vào

thế kỷ XIX để sản xuất khí đốt cho mạng khí đốt của đô thị trong những lò ga và vôi than đã được mang lên mặt đất.

Người ta sản xuất khí đốt như vậy trong một lò ga, vôi than bới từ lòng đất ra. Nhưng cũng có thể khí hóa than tại chỗ, nghĩa là ở ngay những lớp than trong lòng đất mà không cần phải moi ra ngoài trời.

Dưới mặt đất có nhiều lớp than đá khai thác không có lợi vì lớp than hoặc quá mỏng, hoặc quá vụn, hoặc quá sâu. Ở nhiều nước có những mỏ than bây giờ ngưng hoạt động vì than còn lại không bới khai thác nữa. Nhưng ở lòng đất vẫn còn rất nhiều than. Tỷ dụ ở Pháp, sau ba thế kỷ khai thác, tất cả những mỏ than đều ngưng hoạt động, các hố đã bị lấp, nhưng trong lòng đất vẫn còn những khối than khổng lồ tản mát xung quanh những đường hầm và những mạch khai thác cũ. Đất đá ở những khu khai thác cũ đã bị rạn nứt khi những thợ mỏ và máy móc đến đó đào bới. Lâu dần khí đốt, chủ yếu là khí mêthan, từ than đá còn lại tỏa ra. Có nhiều người dự định khoan một giếng để khai thác khí đó như là lấy khí đốt từ một túi khí tự nhiên. Nhưng năng lượng mót được như vậy không đáng kể so với năng lượng của than còn tại chỗ.

Từ lâu đã có ý kiến khai thác tiềm năng năng lượng còn lại đó bằng phương pháp khí hóa than. Vào những năm 1930, Liên-Xô có thử khí hóa than tại chỗ. Người ta đào hai giếng ở hai nơi của vùng mỏ. Khí ôxy và hơi nước được thổi vào một giếng. Khoảng cách giữa hai giếng có thể được coi là một lò ga khổng lồ. Khí đốt được lấy ra ở giếng kia. Khí đó thường được dùng để chạy một nhà máy điện. Phương pháp khí hóa than tại chỗ bị bỏ quên trong một thời gian. Gần đây, với triển vọng khan hiếm năng lượng và lo âu về môi trường tự nhiên, nhiều nước như Hoa-Kỳ, Úc, Anh,... lại bắt đầu chú ý đến.

Dùng lò chạy bằng năng lượng hóa thạch để khí hóa than tại chỗ hay trong một lò ga thì không có lợi mấy vì phải dùng một năng lượng hóa thạch để sản xuất hơi nước cho phản ứng khí hóa. Ngoài ra, quy mô sản xuất khí sẽ bị giới hạn bởi vì công suất nhiệt của một lò hơi cỡ điển không quá 1.000 MWt. Ngược lại, một lò hơi hạt nhân sẽ không dùng đến năng lượng hóa thạch và công suất có thể lên đến mấy nghìn mêga-watt nhiệt. Đây là một thị trường tiềm tàng cho những lò hơi hạt nhân có công suất lớn.

## **Khai thác mỏ dầu**

Khi mới khai thác một túi dầu thì dầu phun ra khỏi giếng nhờ áp suất tự nhiên ở dưới đất. Nếu áp suất không đủ thì người ta dùng máy để bơm dầu lên. Sau đó, để tiếp tục lấy dầu, người ta nhồi nước vào trong túi dầu để làm tăng áp suất của túi. Với lo âu về khí đi-ôxít-cácbon gây ra hiệu ứng nhà kính, người ta đang nghĩ đến việc nhồi khí đó từ những nhà máy vào túi dầu để duy trì áp suất thay cho nước. Nhưng dù giữ áp suất để tiếp tục tăng áp suất bằng cách nào đi nữa thì cũng chỉ trích được có 30/35 phần trăm trữ lượng trong túi dầu. Phần còn lại vẫn còn bám vào những hạt khoáng vật trong túi dầu như là nước bám vào những sợi vải của một áo đã được vắt khô. Mặc dù những hạt nhỏ như hạt cát và phim dầu bám vào những hạt rất mỏng, nhưng số hạt nhiều không lường được nên khối lượng dầu còn lại rất lớn.

Ngày xưa, để tiếp tục khai thác túi dầu, người ta dùng thuốc tẩy để tách phim dầu khỏi những hạt khoáng vật đó. Có một phương pháp khác là bơm hơi nước vào túi dầu. Hơi nước cũng có tác động tách phim dầu khỏi những hạt khoáng vật. Làm như thế gọi là *khích thích túi dầu*. Những phương pháp này làm cho tỷ số dầu lấy ra được 40/50 phần trăm dầu hiện diện trong túi dầu[3]. Bây giờ, người ta chuyển sang phương pháp bơm hơi nước vì phương pháp này rẻ và tôn trọng môi trường hơn. Hơi nước có tác động làm cho phim dầu rời khỏi hạt khoáng vật và tụ lại ở phần trên của túi dầu để được bơm ra ngoài trời. Sau khi hơi ngưng lại thì nước ngưng sẽ đọng ở dưới túi dầu và tham gia vào việc tăng áp suất trong túi.

Hiện nay người ta đặt một lò hơi chung với dàn bơm dầu. Lò hơi đó chạy bằng khí đồng hành của giếng dầu hay bằng một phần dầu của giếng. Vì ở một dàn bơm dầu có ít chỗ nên chỉ có thể dùng được những lò hơi nhỏ với công suất thấp. Nhưng những lò hơi hạt nhân công suất nhỏ sắp tới có thể thay thế những lò hơi cổ điển, tăng khả năng sản xuất hơi và tăng lượng dầu trong túi dầu có thể bơm được.

Với triển vọng nguồn dầu sẽ cạn, người ta đang nghĩ đến những mỏ đá phiến hay những bãi cát có nhựa. Nhựa là một chất hydrô cácbua đặc trưng tự như nhựa dùng để tráng đường giao thông. Thực ra nhựa là một thể dầu có chuỗi cácbon rất dài nên đặc hơn dầu

cổ điển. Trong ngành dầu mỏ người ta gọi nhựa đó là dầu *không chính quy*. Người ta tính rằng trữ lượng năng lượng của những mỏ đá phiến hay bãi cát có nhựa tương đương với trữ lượng của những mỏ dầu.

Với dầu không chính quy thì nhựa bao bọc những viên đá phiến hay những hạt cát. Muốn lấy nhựa để mang vào chồi lọc dầu thì hay hạt cát. Nhựa bị hơi nóng làm chảy, rời khỏi viên đá hay hạt cát và tụ lại ở một điểm thuận tiện để có thể gom lại. Để biến nhựa thành những nhiên liệu thông thường có chuỗi cacbon ngắn hơn, người ta gây phản ứng cracking. Phản ứng này rất thông thường đối với những chuyên gia ngành dầu vì đã được áp dụng để lọc dầu thường rồi. Vấn đề là làm thế nào để có một nguồn hơi nước lớn và rẻ để khai thác mỏ. Với công nghệ hiện nay thì chỉ có những lò hơi hạt nhân lớn mới có thể giải quyết được.

## **Kết luận**

Mỗi năm, lượng điện sản xuất trên Thế-Giới là 16.742 TW-h, trong đó phần của năng lượng hạt nhân là 2.635 TW-h (15,7 phần trăm) và lượng nhiệt năng là 3.345 TW-h, trong đó phần của năng lượng hạt nhân là 6 TW-h (0,2 phần trăm)[4]. Như chúng ta có thể thấy, phần của năng lượng hạt nhân dùng để sản xuất nhiệt năng gần như là không đáng kể. Những con số đó cho thấy triển vọng phát triển của những lò hơi hạt nhân dùng để sản xuất điện và, đặc biệt, dùng để cung cấp nhiệt năng cho những nhu cầu gia dụng và công nghiệp.

Như trình bày ở trên, chúng ta có thể khẳng định rằng công nghệ hạt nhân rút cục chỉ khác những công nghệ năng lượng khác ở một lò hơi đặc biệt chạy nhờ những phản ứng hạt nhân.

Lò hơi chỉ là một phần nhỏ của một hệ thống sản xuất và tiêu thụ năng lượng sinh ra từ những lò hơi cổ điển hay lò hơi hạt nhân. Những bộ phận khác đều không thuộc về công nghệ hạt nhân. Nghiên cứu thiết kế những hệ thống và bộ phận đó không cần phải hiểu biết gì về khoa học kỹ thuật hạt nhân cả. Mỗi hệ thống đều khác nhau vì những đòi hỏi về công suất năng lượng và đặc tính kỹ thuật của hơi nước đều khác nhau tùy ở mỗi tình huống cá biệt. Tay nghề của một cơ quan thiết kế công nghiệp biểu hiện ở khả năng kết

cấu những bộ phận làm sao để hệ thống năng lượng thích ứng với ba điều kiện : (a) cân bằng cung cấp với nhu cầu năng lượng trong không gian và thời gian, (b) sử dụng tối ưu nguồn năng lượng cơ bản và (c) giảm thiểu vi phạm môi trường.

Hiện chỉ có vài công ty hay tập đoàn nhiều công ty đa quốc gia có khả năng thiết kế và chế tạo lò hơi hạt nhân. Mỗi tập đoàn cũng chỉ có thể thiết kế được một hai mẫu lò thổi. Vậy Việt-Nam không còn cơ hội để vào cuộc nữa. Mọi đầu tư vào nhân lực và thiết bị nhằm mục đích đó là vô vọng. Quá lắm là Việt-Nam có thể tham gia vào dự án thiết kế của một tập đoàn có sẵn để đảm nhiệm một phần rất nhỏ của một dự án. Điều này không có gì là hổ thẹn vì nhiều nước có công nghiệp tân tiến hùng mạnh cũng chọn ở trong tình trạng này.

Những bộ phận cấu tạo hệ thống cung cấp và tiêu thụ năng lượng thì đa dạng. Trên Thế-Giới có nhiều công ty lớn nhỏ chế tạo những bộ phận đó. Có những bộ phận dễ thiết kế và chế tạo, có những bộ phận phức tạp hơn. Việt-Nam có thể vào thị trường đó. Mỗi xí nghiệp sẽ chọn bộ phận thích ứng với khả năng kỹ thuật của mình.

Ngoài ra, những tập đoàn thiết kế công nghiệp quốc tế không thể đáp ứng được tất cả nhu cầu xây dựng công nghiệp của Thế-Giới. Ngành này thường được coi là đòn bẩy để phát triển công nghệ của một nước. Vậy Việt-Nam nên gấp rút thành lập một tập đoàn lớn chuyên về thiết kế xây dựng công nghiệp. Tuy nhiên vẫn còn chỗ cho nhiều văn phòng thiết kế nhỏ. Đào tạo những chuyên gia cho ngành thiết kế xây dựng công nghiệp thì rất mau và không tốn kém mấy.

**Theo Aivfweb (Đặng Đình Cung)**

---

[1] Chúng tôi xin bàn về vấn đề an toàn và tôn trọng môi trường của năng lượng hạt nhân vào một dịp khác.



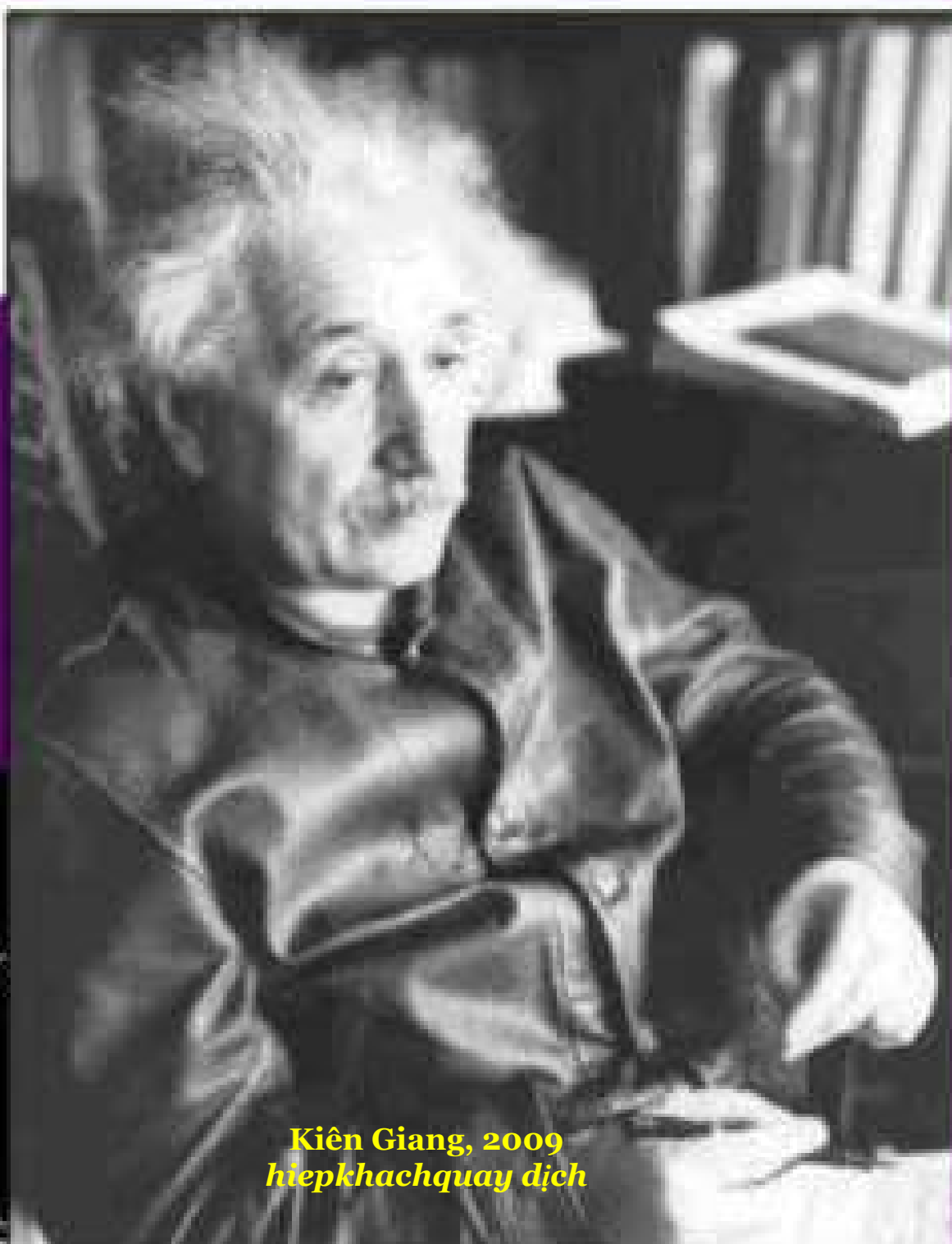
[2] Dầu bốc hơi một chút. Khí tỏa ra là một khí đốt chủ yếu gồm bởi khí mêthan. Người ta gọi khí đó là *khí đồng hành*. Nếu một túi dầu chỉ phát ra một ít khí đồng hành thôi thì người ta đốt khí ở ngọn một ống chỉ thiên để khỏi gây tai nạn nổ. Nhưng nếu dầu tỏa ra nhiều khí đồng hành thì lấy khí làm nguồn năng lượng như khí tự nhiên có thể là có lợi. Ở Việt-Nam, một số nhà máy nhiệt điện chạy một phần bằng khí đồng hành.

[3] Khi xưa những hãng dầu đều có công ty con sản xuất thuốc tẩy và bột giặt quần áo là vì vậy.

[4] Thống kê của IEA (International Energy Agency, Cơ Quan Năng Lượng Quốc Tế) trên trạm Internet

# Lịch sử

## Năng lượng hạt nhân



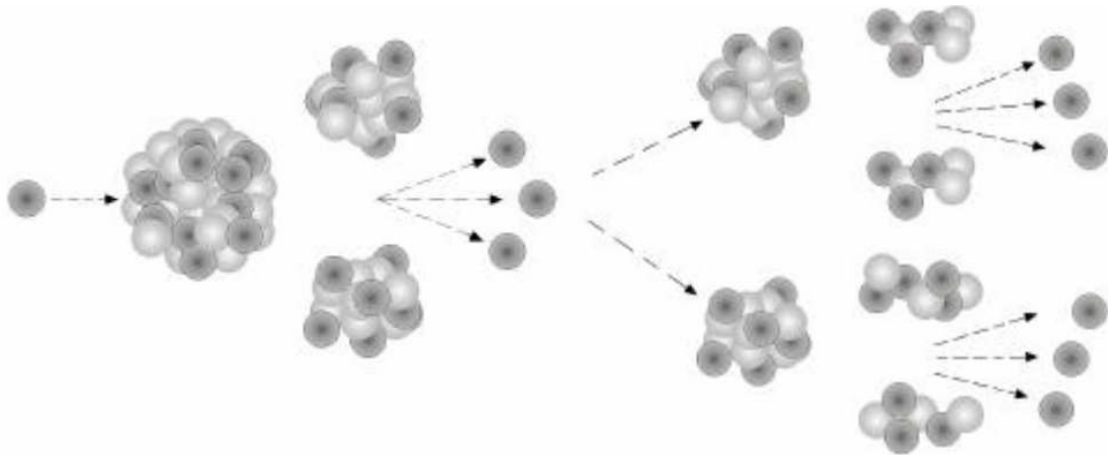
Kiên Giang, 2009  
*hiệpkhachquay dịch*

## Lịch sử năng lượng hạt nhân

Mặc dù chúng nhỏ bé, nhưng các nguyên tử có một lượng lớn năng lượng giữ chúng lại với nhau. Các đồng vị nhất định của một số nguyên tố có khả năng phân tách và sẽ giải phóng năng lượng của chúng dưới dạng nhiệt. Sự phân tách này được gọi là sự phân hạch. Nhiệt giải phóng trong sự phân hạch có thể dùng để giúp phát điện trong các nhà máy điện.

Uranium 235 (U-235) là một trong các đồng vị dễ dàng phân hạch. Trong khi phân hạch, các nguyên tử U-235 hấp thụ các neutron chậm. Sự hấp thụ này làm cho U-235 trở nên không bền và phân tách thành hai nguyên tử nhẹ gọi là các sản phẩm phân hạch.

Tổng khối lượng của các sản phẩm phân hạch nhỏ hơn khối lượng của U-235 ban đầu. Sự suy giảm khối lượng xảy ra vì một phần vật chất đã chuyển hóa thành năng lượng. Năng lượng được giải phóng dưới dạng nhiệt. Hai hoặc ba neutron được giải phóng kèm theo với nhiệt. Các neutron này có thể va chạm với những nguyên tử khác, gây ra nhiều sự phân hạch hơn.



Một chuỗi phân hạch liên tiếp được gọi là phản ứng dây chuyền. Nếu đủ lượng uranium được mang lại với nhau dưới những điều kiện nhất định, thì sẽ xảy ra một phản ứng dây chuyền liên tục. Hiện tượng này gọi là phản ứng dây chuyền tự duy trì. Một phản ứng dây chuyền tự duy trì sinh ra lượng nhiệt rất lớn, có thể dùng để giúp phát điện.

Nhà máy điện hạt nhân phát điện theo kiểu giống như các nhà máy điện hơi nước khác. Nước được đun nóng, và hơi nước bốc lên từ nước sôi làm quay tuabin và phát điện. Sự khác biệt chủ yếu ở các loại nhà máy điện hơi nước là nguồn sinh nhiệt. Trong nhà máy điện hạt nhân, nhiệt phát ra từ phản ứng dây chuyền tự duy trì làm sôi nước. Trong các nhà máy khác, người ta đốt than đá, dầu lửa, hoặc khí thiên nhiên để đun sôi nước.

## Lời nói đầu

Khái niệm nguyên tử đã tồn tại trong nhiều thế kỉ. Nhưng chỉ gần đây, chúng ta mới bắt đầu hiểu được sức mạnh khủng khiếp chứa trong khối lượng nhỏ xíu ấy.

Trong những năm ngay trước và trong Thế chiến thứ hai, nghiên cứu hạt nhân chủ yếu tập trung vào phát triển các loại vũ khí phòng thủ. Sau đó, các nhà khoa học tập trung vào các công dụng hòa bình của công nghệ hạt nhân. Một công dụng quan trọng của năng lượng hạt nhân là phát điện. Sau nhiều năm nghiên cứu, các nhà khoa học đã ứng dụng thành công công nghệ hạt nhân cho nhiều mục đích khoa học, y khoa, và công nghiệp khác.

Tập sách mỏng này trình bày sơ lược lịch sử những khám phá của chúng ta về nguyên tử. Chúng ta bắt đầu với ý tưởng của các nhà triết học Hi Lạp cổ đại. Sau đó, chúng ta dõi theo hành trình đến với những nhà khoa học đầu tiên khám phá ra hiện tượng phóng xạ. Cuối cùng, chúng ta đến với công dụng hiện đại của nguyên tử là một nguồn năng lượng vô giá.

Tập sách mỏng này cũng trình bày một biên niên sử chi tiết của lịch sử điện hạt nhân và một bảng thuật ngữ. Chúng tôi hi vọng bảng thuật ngữ sẽ giải thích được một số khái niệm có thể mới mẻ đối với một số độc giả và việc nghiên cứu phần biên niên sử sẽ khuyến khích quý độc giả tìm hiểu thêm các tài nguyên được liệt kê trong danh sách tham khảo. Như thế, bạn sẽ có thể tự khám phá những nỗ lực của nước Mỹ nhằm phát triển và làm chủ thứ công nghệ đầy sức mạnh này.

## Giới thiệu

Bản tính con người vốn thích kiểm nghiệm, quan sát và mơ ước. Lịch sử năng lượng hạt nhân là câu chuyện giấc mơ nhiều thế kỉ đã trở thành hiện thực.

Các nhà triết học Hi Lạp cổ đại là những người đầu tiên phát triển quan niệm rằng toàn thể vật chất cấu thành từ những hạt không nhìn thấy gọi là nguyên tử. Từ nguyên tử phát sinh từ tiếng Hi Lạp, atomos, nghĩa là không thể chia cắt. Các nhà khoa học vào thế kỉ 18 và 19 đã làm hồi sinh khái niệm này dựa trên những thí nghiệm của họ. Vào năm 1900, các nhà khoa học biết rằng nguyên tử chứa những lượng lớn năng lượng. Nhà vật lí người Anh Ernest Rutherford được gọi là cha đẻ của ngành khoa học hạt nhân vì sự đóng góp của ông cho lí thuyết cấu trúc nguyên tử. Vào năm 1904, ông đã viết:

*Nếu người ta có thể điều khiển tốc độ phân rã của các nguyên tố phóng xạ, thì người ta có thể thu được một lượng lớn năng lượng từ một lượng nhỏ vật chất.*

Albert Einstein đã phát triển lí thuyết của ông về mối quan hệ giữa năng lượng và khối lượng vào năm sau đó. Biểu thức toán học ấy là  $E = mc^2$ , hay “năng lượng bằng khối lượng nhân với bình phương tốc độ ánh sáng”. Mất gần 35 năm để người ta chứng minh cho lí thuyết của Einstein.

## Khám phá ra sự phân hạch

Năm 1934, nhà vật lý Enrico Fermi đã chỉ đạo các thí nghiệm ở Rome chứng tỏ rằng neutron có khả năng phân tách nhiều loại nguyên tử. Các kết quả khiến cả Fermi cũng lấy làm ngạc nhiên. Khi ông dùng neutron bắn phá uranium, ông không được những nguyên tố mà ông trông đợi. Các nguyên tố này nhẹ hơn nhiều so với uranium.



*Enrico Fermi, nhà vật lý người Italy, đã lãnh đạo một đội khoa học tạo ra được phản ứng hạt nhân dây chuyền tự duy trì đầu tiên.*

Mùa thu năm 1938, các nhà vật lý người Đức Otto Hahn và Fritz Strassman đã bắn các neutron phát ra từ một nguồn chứa các nguyên tố radium và beryllium vào uranium (số nguyên tử 92). Họ thật bất ngờ tìm thấy các nguyên tố nhẹ hơn, ví dụ như barium (số nguyên tử 56), trong chất liệu còn lại.

Những nguyên tố này có khối lượng nguyên tử khoảng bằng phân nửa của uranium. Trong những thí nghiệm trước đó, chất liệu còn lại chỉ hơi nhẹ hơn uranium một tí.

Hahn và Strassman đã liên hệ với Lise Meitner ở Copenhagen trước khi đưa ra công bố khám phá của họ. Bà là một đồng nghiệp người Áo buộc phải chạy trốn khỏi chế độ phát xít Đức. Bà làm việc với Niels Bohr và người cháu trai, Otto R. Fritsch. Meitner và Fritsch nghĩ barium và các nguyên tố nhẹ kia trong chất liệu còn lại thu được từ uranium phân rã – hay phân hạch. Tuy nhiên, khi bà cộng số nguyên tử của các sản phẩm phân hạch, thì chúng không bằng khối lượng tổng của uranium. Meitner đã sử dụng lý thuyết của Einstein chứng tỏ rằng phần khối lượng bị mất đã biến đổi thành năng lượng. Phát kiến này đã chứng tỏ sự phân hạch tồn tại và xác nhận lý thuyết của Einstein.

## Phản ứng dây chuyền tự duy trì đầu tiên

Năm 1939, Bohr đến Mỹ. Ông chia sẻ với Einstein các khám phá Hahn-Strassman-Meitner. Bohr cũng gặp Fermi tại một hội nghị về vật lý lý thuyết ở thủ đô Washington. Họ đã thảo luận về khả năng hấp dẫn của một phản ứng dây chuyền tự duy trì. Trong một quá trình như vậy, các nguyên tử có thể phân tách để giải phóng những lượng lớn năng lượng.

Các nhà khoa học trên khắp thế giới bắt đầu tin rằng một phản ứng dây chuyền tự duy trì là có thể. Nó sẽ xảy ra nếu như đủ lượng uranium được mang vào dưới những điều kiện thích hợp. Lượng uranium cần thiết để tạo ra một phản ứng dây chuyền tự duy trì được gọi là khối lượng tới hạn.

Fermi và người phụ tá của ông, Leo Szilard, đã đề xuất một mẫu có thể cho một lò phản ứng uranium dây chuyền vào năm 1941. Mô hình của họ gồm uranium đặt trong một đụn graphite tạo thành một khung chất liệu có thể phân hạch kiểu hình lập phương.



*Leo Szilard*

Đầu năm 1942, một nhóm nhà khoa học do Fermi đứng đầu đã tập trung tại trường Đại học Chicago để phát triển các lý thuyết của họ. Tháng 11 năm 1942, mọi thứ đã sẵn sàng cho việc bắt đầu xây dựng lò phản ứng hạt nhân đầu tiên trên thế giới, cái trở nên nổi tiếng là Cột Chicago 1. Cái cột được dựng đứng trên mảnh sân hình quả bí bên dưới sân vận động của trường Đại học Chicago. Ngoài uranium và graphite, nó còn chứa các thanh điều khiển bằng cadmium. Cadmium là một nguyên tố kim loại hấp thụ neutron. Khi có mặt các thanh cadmium trong cột, thì sẽ có ít neutron làm phân hạch các nguyên tử uranium hơn. Việc này làm phản ứng dây chuyền chậm lại. Khi các thanh bị lấy ra, thì sẽ có nhiều neutron sẵn sàng làm phân tách các nguyên tử hơn. Phản ứng dây chuyền sẽ tăng tốc.

Vào buổi sáng ngày 2 tháng 12 năm 1942, các nhà khoa học đã sẵn sàng để bắt đầu một trình diễn của Cột Chicago 1. Fermi ra lệnh rút các thanh điều khiển ra mỗi lần một vài inch trong vài giờ sau đó. Cuối cùng, lúc 3:25 chiều, giờ Chicago, phản ứng hạt nhân trở thành tự duy trì. Fermi và nhóm của ông đã chuyển hóa thành công lý thuyết khoa học thành thực tại công nghệ. Thế giới đã bước vào kỉ nguyên hạt nhân.

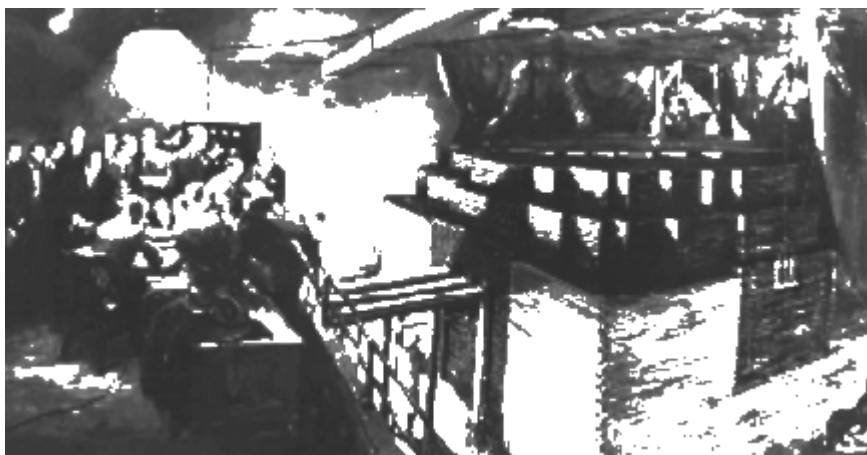
## Sự phát triển năng lượng hạt nhân cho các mục đích hòa bình

Lò phản ứng hạt nhân đầu tiên chỉ mới là cái khởi đầu. Đa phần nghiên cứu nguyên tử lúc đầu tập trung vào việc phát triển một loại vũ khí hiệu quả dùng trong Thế chiến thứ hai. Công việc được thực hiện dưới cái tên mật danh là *Dự án Manhattan*.



*Lise Meitner và Otto R. Frisch*

Tuy nhiên, một số nhà khoa học lại nghiên cứu việc xây dựng các lò tái sinh, lò phản ứng tạo ra chất liệu có khả năng phân hạch trong phản ứng dây chuyền. Do đó, chúng sẽ tạo ra nhiều chất liệu phân hạch là chúng sử dụng vào.



Enrico Fermi đứng đầu một nhóm nhà khoa học đang khởi động phản ứng hạt nhân dây chuyền tự duy trì đầu tiên. Sự kiện lịch sử ấy, xảy ra hôm 02/12/1942, được tái hiện trong bức tranh này.

Sau chiến tranh, chính quyền Mỹ khuyến khích phát triển năng lượng hạt nhân cho các mục đích dân sự hòa bình. Quốc hội Mỹ đã thành lập Ủy ban Năng lượng Nguyên tử (AEC) vào năm 1946. AEC đã ủy quyền xây dựng Lò Tái sinh Thực nghiệm I tại một địa



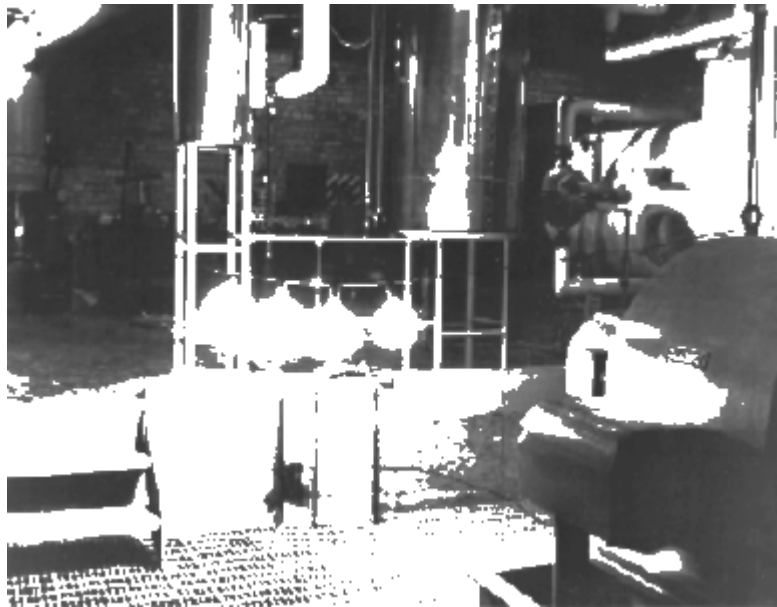
điểm ở Idaho. Lò phản ứng ấy phát điện lần đầu tiên từ năng lượng hạt nhân vào ngày 20 tháng 12 năm 1951.

Một mục tiêu chính trong nghiên cứu hạt nhân vào giữa thập niên 1950 là chứng tỏ rằng năng lượng hạt nhân có thể phát điện dùng cho mục đích thương mại. Nhà máy phát điện thương mại đầu tiên chạy bằng năng lượng hạt nhân đặt tại Shippingport, Pennsylvania. Nó đạt tới công suất thiết kế trọn vẹn vào năm 1957. Các lò phản ứng nước nhẹ kiểu như Shippingport sử dụng nước bình thường để làm nguội lõi lò phản ứng trong phản ứng dây chuyền. Chúng là mẫu thiết kế tốt nhất khi ấy cho nhà máy điện hạt nhân.

Ngành công nghiệp bí mật ngày càng liên quan nhiều hơn đến việc phát triển các lò phản ứng nước nhẹ sau khi Shippingport đi vào hoạt động. Các chương trình năng lượng hạt nhân đã chuyển sự tập trung sang việc phát triển các công nghệ lò phản ứng khác.

Ngành công nghiệp điện hạt nhân ở Mỹ phát triển nhanh chóng trong thập niên 1960. Các công ti thực dụng đã nhìn thấy dạng sản xuất điện này thật kinh tế, sạch về mặt môi trường, và an toàn. Tuy nhiên, vào thập niên 1970 và 1980, sự tăng trưởng bị chậm lại. Nhu cầu điện giảm đi và các lo ngại về điện hạt nhân ngày càng tăng, ví dụ như sự an toàn lò phản ứng, vấn đề chất thải, và những xem xét môi trường khác.

Tuy nhiên, nước Mỹ vẫn có số lượng nhà máy điện hạt nhân đang hoạt động nhiều gấp đôi so với bất kì nước nào trên thế giới vào năm 1991, chiếm hơn một phần tư số lượng nhà máy đang hoạt động trên thế giới. Năng lượng hạt nhân cung cấp gần 22% điện năng sản xuất ở nước Mỹ.



Lò phản ứng Tái sinh Thực nghiệm I phát ra điện năng thấp sáng 4 bóng đèn 200W vào hôm 20/12/1951. Đây là dấu mốc khởi đầu của nền công nghiệp điện hạt nhân.

Cuối năm 1991, 31 quốc gia khác cũng có nhà máy điện hạt nhân đang khai thác thương mại hoặc đang xây dựng. Đó là một sự chuyển giao công nghệ điện hạt nhân rộng khắp và ấn tượng.

Trong thập niên 1990, nước Mỹ phải đối mặt trước một vài vấn đề năng lượng chính, và đã phát triển một vài mục tiêu chính cho năng lượng hạt nhân, đó là:

- Duy trì sự an toàn cao và các chuẩn thiết kế;
- Giảm rủi ro kinh tế;

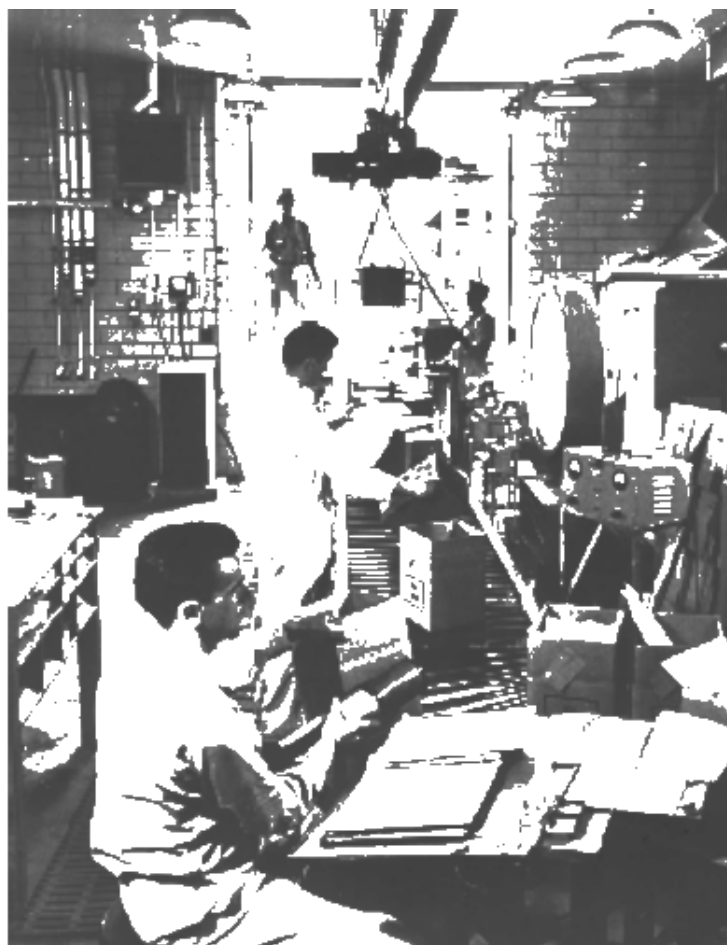
- Giảm rủi ro điều tiết;
- Thiết lập một chương trình chất thải hạt nhân mức cao thật hiệu quả.

Một vài trong số những mục tiêu năng lượng hạt nhân này đã đưa vào Chính sách Năng lượng năm 1992, được kí thành luật [nước Mỹ] vào tháng 10 cùng năm.

Nước Mỹ đang hành động để đạt tới những mục tiêu này theo nhiều phương thức khác nhau. Chẳng hạn, Bộ Năng lượng Mỹ gánh vác một số nỗ lực chung với ngành công nghiệp hạt nhân để phát triển thế hệ tiếp theo của các nhà máy điện hạt nhân. Những nhà máy đã và đang được thiết kế ngày một an toàn hơn và hiệu quả hơn. Đây cũng là một nỗ lực nhằm làm cho nhà máy điện hạt nhân dễ xây dựng hơn bằng cách chuẩn hóa thiết kế và đơn giản hóa các đòi hỏi bản quyền, mà không giảm bớt các tiêu chuẩn an toàn.

Trong lĩnh vực quản lý chất thải, các kĩ sư đang phát triển những phương pháp mới và những địa điểm mới dùng cất trữ chất thải phóng xạ tạo ra bởi các nhà máy điện hạt nhân và những quá trình hạt nhân khác. Mục tiêu của họ là giữ chất thải hạt nhân cách xa môi trường sống và con người trong những khoảng thời gian rất lâu.

Các nhà khoa học cũng đang nghiên cứu năng lượng nhiệt hạch hạt nhân. Sự nhiệt hạch xảy ra khi các nguyên tử liên kết lại – hay hợp nhất – thay vì phân tách ra. Nhiệt hạch là năng lượng đã cấp nguồn cho mặt trời. Trên Trái đất, nhiên liệu nhiệt hạch hứa hẹn nhất là deuterium, một dạng hydrogen. Nó có trong nước và dồi dào. Nó cũng tạo ra chất thải kém độ phóng xạ hơn so với sự phân hạch. Tuy nhiên, các nhà khoa học vẫn chưa thể sản xuất năng lượng có ích từ sự nhiệt hạch và vẫn đang trong tiến trình nghiên cứu của họ.



Ở Oak Ridge, Tennessee, các công nhân đang đóng gói các đồng vị, chúng chủ yếu dùng trong khoa học, công nghiệp, và y khoa.

Nghiên cứu trong những lĩnh vực hạt nhân khác vẫn tiếp tục trong thập niên 1990. Công nghệ hạt nhân giữ vai trò quan trọng trong y khoa, công nghiệp, khoa học, và thực phẩm và nông nghiệp, cũng như phát điện. Ví dụ, các bác sĩ sử dụng các đồng vị phóng xạ để nhận dạng và nghiên cứu các nguyên nhân gây bệnh. Họ còn dùng chúng để tăng hiệu quả điều trị y khoa truyền thống. Trong công nghiệp, các đồng vị phóng xạ được dùng để đo những chiều dày vi mô, dò tìm những dị thường trong vỏ bọc kim loại, và kiểm tra các mối hàn. Các nhà khảo cổ sử dụng kỹ thuật hạt nhân để xác định niên đại các vật thời tiền sử một cách chính xác và định vị các khiếm khuyết ở các tượng đài và nhà cửa. Bức xạ hạt nhân được dùng để bảo quản thực phẩm. Nó giữ được nhiều vitamin hơn so với đóng hộp, đông lạnh hoặc sấy khô.

Nghiên cứu hạt nhân còn mang lợi ích cho nhân loại theo nhiều kiểu. Nhưng ngày nay, ngành công nghiệp hạt nhân phải đối mặt trước những vấn đề lớn, rất phức tạp. Làm thế nào chúng ta có thể giảm tối thiểu các rủi ro? Tương lai sẽ tùy thuộc vào kỹ nghệ tiên tiến, nghiên cứu khoa học, và sự tham gia của mọi công dân đã giác ngộ.

## **Biên niên các nghiên cứu và phát triển năng lượng hạt nhân**

### *Thập niên 1940*

**02/12/1942.** Phản ứng hạt nhân dây chuyền tự duy trì đầu tiên xảy ra tại trường Đại học Chicago.

**16/07/1945.** Đặc vụ Manhattan của quân đội Mỹ thử quả bom nguyên tử đầu tiên tại Alamogordo, New Mexico, dưới tên gọi mật *Dự án Manhattan*.

**06/08/1945.** Quả bom nguyên tử mang tên *Thằng gày* thả xuống Hiroshima, Nhật Bản. Ba ngày sau, một quả bom nữa, *Gã béo*, thả xuống Nagasaki, Nhật Bản. Nước Nhật đầu hàng hôm 15/08, kết thúc Thế chiến thứ hai.

**01/08/1946.** Chương trình hành động Năng lượng nguyên tử 1946 [của Mỹ] lập ra Ủy ban Năng lượng nguyên tử (AEC) để điều khiển sự phát triển năng lượng hạt nhân và khảo sát những ứng dụng hòa bình của năng lượng hạt nhân.

**06/10/1947.** AEC lần đầu tiên nghiên cứu khả năng sử dụng hòa bình của năng lượng nguyên tử, đưa ra một bản báo cáo vào năm sau đó.

**01/03/1949.** AEC công bố chọn một địa điểm ở Idaho xây dựng nhà máy thử nghiệm lò phản ứng quốc gia.

### *Thập niên 1950*

**20/12/1951.** Ở Arco, Idaho, Lò phản ứng tái sinh thực nghiệm 1 lần đầu tiên sản sinh điện năng từ năng lượng hạt nhân, thấp sáng bốn bóng đèn.

**14/06/1952.** Con tàu ngầm hạt nhân đầu tiên của Hải quân, Nautilus, đặt tại Groton, Connecticut.

**30/03/1953.** Nautilus bắt đầu khởi động những đơn vị hạt nhân đầu tiên của nó.

**08/12/1953.** Tổng thống Eisenhower đọc bài phát biểu “Nguyên tử cho Hòa bình” trước Liên hiệp quốc. Ông kêu gọi sự hợp tác quốc tế mạnh mẽ hơn nữa nhằm phát triển năng lượng nguyên tử vì mục đích hòa bình.

**30/08/1954.** Tổng thống Eisenhower kí Luật Năng lượng nguyên tử năm 1954, lần bổ sung quan trọng đầu tiên của Luật Năng lượng nguyên tử ban đầu, cho phép chương trình năng lượng hạt nhân dân sự tiếp cận gần hơn với công nghệ hạt nhân.

**10/01/1955.** AEC công bố Chương trình Lò phản ứng cấp điện, theo đó AEC và ngành công nghiệp sẽ hợp tác trong việc xây dựng và điều hành các lò phản ứng điện hạt nhân thực nghiệm.

**17/07/1955.** Arco, Idaho, thị tứ 1000 dân, trở thành thị tứ đầu tiên được cấp điện bằng năng lượng hạt nhân, lò phản ứng nước sôi thực nghiệm BORAX III.

**08-20/08/1955.** Geneva, Thụy Sĩ, chủ trì Hội nghị quốc tế lần thứ nhất của Liên hiệp quốc về Công dụng hòa bình của năng lượng nguyên tử.

**12/07/1957.** Tổ hợp hạt nhân dân sự đầu tiên cấp điện bởi Lò phản ứng thí nghiệm Natri ở Santa Susana, California. Nhà máy ấy cấp điện cho đến năm 1966.

**02/09/1957.** Đạo luật Price-Anderson đảm bảo tài chính cho dân chúng và giấy phép AEC cùng các nhà thầu nếu xảy ra một tai nạn bất ngờ tại một nhà máy điện hạt nhân.

**01/10/1957.** Liên hiệp quốc thành lập Cơ quan Năng lượng Nguyên tử quốc tế (IAEA) ở Vienna, Áo, để xúc tiến việc sử dụng hòa bình của năng lượng hạt nhân và chống sự truyền bá vũ khí hạt nhân trên khắp thế giới.



*Tàu ngầm nguyên tử đầu tiên, Nautilus.*

**02/12/1957.** Nhà máy điện hạt nhân quy mô lớn đầu tiên trên thế giới bắt đầu hoạt động tại Shippingport, Pennsylvania. Nhà máy đạt tới công suất trọn vẹn ba tuần sau đó và cấp điện cho khu vực Pittsburgh.

**22/05/1958.** Bắt đầu chế tạo con tàu buôn chạy bằng năng lượng hạt nhân đầu tiên trên thế giới, N.S. Savannah, ở Camden, New Jersey. Con tàu được hạ thủy ngày 21/07/1959.

**15/10/1959.** Nhà máy điện hạt nhân Dresden-1 ở Illinois, nhà máy điện hạt nhân đầu tiên ở nước Mỹ xây dựng ngoài ngân sách nhà nước, đạt tới phản ứng hạt nhân tự duy trì.

#### *Thập niên 1960*

**19/08/1960.** Nhà máy điện hạt nhân thứ ba của Mỹ, Nhà máy điện hạt nhân Yankee Rowe, đạt tới phản ứng hạt nhân tự duy trì.

**Đầu những năm 1960.** Lần đầu tiên các nhà máy điện hạt nhân cỡ nhỏ được sử dụng ở những nơi xa xôi để cấp điện cho các trạm khí tượng và hải đăng trong hàng hải.



*N.S. Savannah*

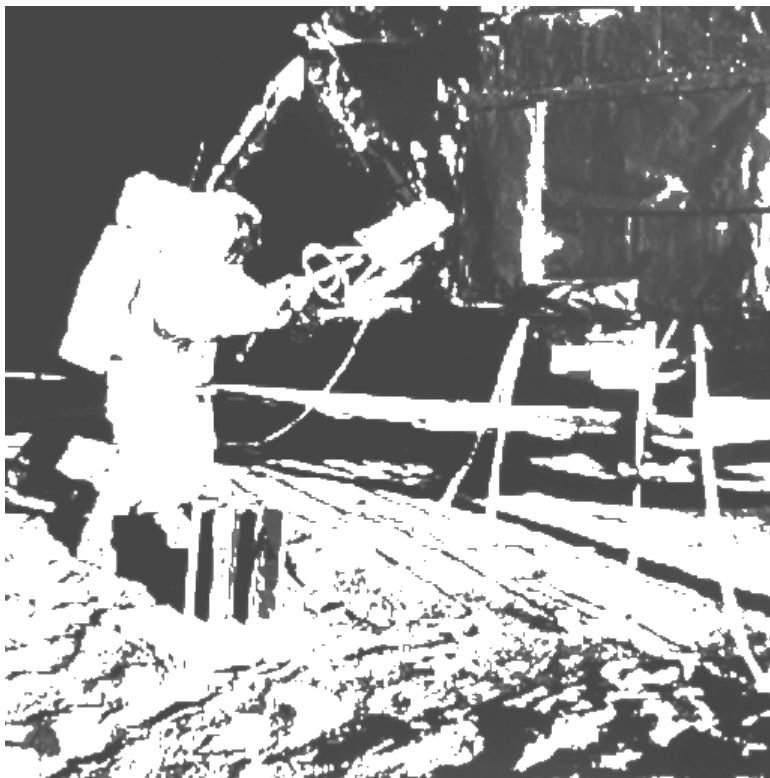
**22/11/1961.** Hải quân Mỹ hạ thủy con tàu lớn nhất thế giới, U.S.S Enterprise. Nó là một tàu sân bay cấp điện hạt nhân có khả năng ở tốc độ lên tới 30 knot với quãng đường lên tới 400.000 dặm (740.800 km) mà không cần nạp lại nhiên liệu.

**26/08/1964.** Tổng thống Lyndon B. Johnson kí Đạo luật Quyền tư hữu Các chất liệu Hạt nhân đặc biệt, cho phép ngành công nghiệp điện hạt nhân được sở hữu nhiên liệu trong các đơn vị nhà máy của mình. Sau ngày 30/06/1973, quyền tư hữu nhiên liệu uranium là bắt buộc.

**12/12/1963.** Công ti Điện và Bóng đèn Trung Jersey công bố được ủy nhiệm nhà máy điện hạt nhân Oyster Creek, lần đầu tiên một nhà máy hạt nhân được xem là một lựa chọn mang tính kinh tế so với một nhà máy nhiên liệu hóa thạch.

**03/10/1964.** Ba con tàu nổi trên biển cấp điện bằng hạt nhân, Enterprise, Long Beach, và Bainbridge, hoàn thành “Cuộc hành quân biển”, một hành trình vòng quanh thế giới.

**03/04/1965.** Lò phản ứng hạt nhân đầu tiên trong không gian (SNAP-10A) được nước Mĩ phóng lên quỹ đạo. SNAP là viết tắt của *Systems for Nuclear Auxiliary Power* (Hệ thống phát điện hạt nhân hỗ trợ).



*Một pin nguyên tử đã hoạt động liên tục trên mặt trăng trong ba năm. Nhà máy điện hạt nhân đến mặt trăng lần đầu tiên vào hôm 19/11/1969, khi các nhà du hành Apollo 12 triển khai máy phát hạt nhân SNAP-27 của AEC trên bề mặt mặt trăng.*

### *Thập niên 1970*

**05/03/1970.** Mĩ, Anh, Liên Xô và 45 quốc gia khác phê chuẩn Hiệp ước Không phổ biến Vũ khí hạt nhân.

**1971.** 22 nhà máy điện hạt nhân thương mại hoạt động trên khắp nước Mĩ. Chúng sản ra 2,4% điện năng của nước Mĩ lúc ấy.

**1973.** Các công ti Mĩ đăng kí 41 nhà máy điện hạt nhân, con số kỉ lục trong một năm.

**1974.** Nhà máy điện hạt nhân 1000MW đầu tiên đi vào phục vụ - Commonwealth Edison's Zion 1.

**11/10/1974.** Đạo luật Cơ cấu lại Năng lượng năm 1974 phân chia các chức năng AEC giữa hai cơ quan mới – Ban điều hành Nghiên cứu và Phát triển Hạt nhân (ERDA) thực hiện chức năng nghiên cứu và phát triển, và Ủy ban Điều phối Hạt nhân (NRC) đảm đương vai trò điều phối điện hạt nhân.

**07/04/1977.** Tổng thống Jimmy Carter công bố nước Mỹ sẽ hoãn vô thời hạn các kế hoạch tái xử lý nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng.

**04/08/1977.** Tổng thống Carter kí Đạo luật Tổ chức Bộ Năng lượng, chuyển các chức năng ERDA sang cơ quan mới – Bộ Năng lượng (DOE).

**01/10/1977.** DOE bắt đầu hoạt động.

**28/03/1979.** Tai nạn thảm khốc nhất trong lịch sử điện hạt nhân thương mại của nước Mỹ xảy ra tại nhà máy điện hạt nhân Three Mile Island ở gần Harrisburgh, Pennsylvania. Tai nạn có nguyên do mất chất lỏng làm nguội từ lõi lò phản ứng do trục trặc kỹ thuật và lỗi con người. Không ai bị tổn thương và không có sự chiếu xạ quá mức nào từ vụ tai nạn. Cuối năm ấy, NRC đã đưa ra các quy định an toàn lò phản ứng nghiêm khắc hơn và các thủ tục thanh kiểm tra chặt chẽ hơn nhằm tăng cường sự an toàn của hoạt động của lò phản ứng.

**1979.** 72 lò phản ứng được cấp phép, sản xuất 12% điện năng thương mại của nước Mỹ.

### *Thập niên 1980*

**26/03/1980.** DOE khởi động chương trình nghiên cứu và phát triển Three Mile Island nhằm phát triển công nghệ tháo rời và lấy nhiên liệu ra khỏi lò phản ứng đã bị phá hủy. Chương trình tiếp tục trong 10 năm và đã mang lại nhiều tiến bộ quan trọng trong việc phát triển công nghệ an toàn hạt nhân mới.

**01/10/1982.** Sau 22 năm phục vụ, nhà máy điện Shippingport ngừng hoạt động. Việc tháo dỡ hoàn thành trong năm 1989.

**07/01/1983.** Luật chính sách chất thải hạt nhân (NWPAA) đưa ra một chương trình tìm một địa điểm chôn cất chất thải hạt nhân có độ phóng xạ cao, trong đó có nhiên liệu đã qua sử dụng từ nhà máy điện hạt nhân ra. Đạo luật cũng đề ra mức phí đối với những người sở hữu và những người tạo ra chất thải phóng xạ và nhiên liệu đã qua sử dụng, họ phải trả các chi phí của chương trình.

**1983.** Điện hạt nhân phát ra sản lượng nhiều hơn điện khí.

**1984.** Nguyên tử trở thành nguồn điện năng lớn thứ hai, sau than đá. 83 lò phản ứng điện hạt nhân cung cấp khoảng 14% điện năng tiêu thụ ở nước Mỹ.

**1985.** Viện Điều phối Năng lượng Hạt nhân thành lập một trường đào tạo cấp quốc gia nhằm đào tạo nhân lực cho các nhà máy điện hạt nhân.

**1986.** Nhà máy hạt nhân Perry ở Ohio trở thành nhà máy điện hạt nhân thứ 100 của Mỹ đi vào hoạt động.

**26/04/1986.** Sai lầm trong điều khiển đã gây ra hai vụ nổ tại nhà máy điện hạt nhân Chernobyl số 4 ở Liên Xô cũ. Lò phản ứng đặt trong một tòa nhà chứa không tương xứng, và những lượng lớn bức xạ đã thoát ra ngoài. Một nhà máy có thiết kế như vậy sẽ không được cấp phép ở Mỹ.

**22/12/1987.** Luật Chính sách Chất thải Hạt nhân (NWPAA) được sửa đổi. Thượng viện yêu cầu DOE chỉ nghiên cứu tiềm năng của đỉnh núi Yucca, Nevada, địa điểm dành để chôn cất chất thải hạt nhân phóng xạ cao.

**1988.** Nhu cầu điện năng ở Mỹ cao hơn 50% so với năm 1973.

**1989.** 109 nhà máy điện hạt nhân cung cấp 19% điện năng sử dụng ở nước Mỹ; 46 nhà máy đi vào phục vụ trong thập niên này.

**18/04/1989.** NRC đề xuất một kế hoạch chứng nhận thiết kế lò phản ứng, và giấy phép xây dựng và hoạt động kết hợp.

### *Thập niên 1990*

**03/1990.** DOE công bố một sáng kiến chung nhằm cải thiện tình hình an toàn hoạt động của các nhà máy điện hạt nhân ở Liên Xô cũ.

**1990.** 110 nhà máy điện hạt nhân ở Mỹ lập kỉ lục về lượng điện phát ra, vượt qua tổng công suất của tất cả các nhà máy chạy nhiên liệu cộng lại

**19/04/1990.** Kịch bản nhiên liệu bị phá hủy cuối cùng tháo dỡ từ nhà máy điện hạt nhân Three Mile Island được chuyển tới một cơ sở trực thuộc DOE ở Idaho để nghiên cứu và cất trữ tạm thời. Năm này cũng kết thúc chương trình nghiên cứu và phát triển Three Mile Island kéo dài 10 năm của DOE.



*Nhà máy điện hạt nhân tại Fort Calhoun, Nebraska*

**1991.** 111 nhà máy điện hạt nhân hoạt động ở Mỹ có tổng công suất lên tới 99.673 MW. Chúng sản xuất gần 22% điện năng thương mại ở nước Mỹ.

**1992.** 110 nhà máy điện hạt nhân sản xuất gần 22% tổng điện năng của nước Mỹ.

**26/02/1992.** DOE kí thỏa thuận hợp tác với ngành công nghiệp hạt nhân đồng tài trợ cho việc phát triển các thiết kế chuẩn cho các lò phản ứng nước nhẹ tiên tiến.

**24/10/1992.** Đạo luật Chính sách Năng lượng 1992 được kí thành luật. Đạo luật đã mang lại một số thay đổi quan trọng trong tiến trình cấp phép cho nhà máy điện hạt nhân.

**02/12/1992.** Lễ kỉ niệm lần thứ 50 thí nghiệm Fermi lịch sử được truyền hình đến khắp thế giới.

**30/03/1993.** Tập đoàn thiết bị hạt nhân Mỹ, Advanced Reactor Cooperation (ARC) kí một hợp đồng với Tập đoàn Điện lực Westinghouse thực hiện nghiên cứu kĩ thuật cho một lò phản ứng nước áp lực tiên tiến, đã chuẩn hóa, công suất 600MW. Tài trợ cho nhà máy thế hệ mới này là ARC, Westinghouse và DOE.

**06/09/1993.** Tập đoàn thiết bị hạt nhân Mỹ, ARC, kí một hợp đồng với Công ty Điện lực General Electric cùng chia sẻ chi phí, các chi tiết kĩ thuật cho một nhà máy điện hạt nhân



tiên tiến, quy mô lớn. Kỹ thuật được tài trợ dưới một chương trình hợp tác giữa các công ti thuộc ARC, General Electric, và DOE.

## Thuật ngữ

**cadmium.** Một kim loại mềm, màu trắng xanh. Các thanh điều khiển trong những lò phản ứng điện hạt nhân đầu tiên được chế tạo bằng cadmium, vì nó hấp thụ neutron.

**deuterium.** Một đồng vị của hydrogen dùng trong sự nhiệt hạch.

**dự án Manhattan.** Tên mã cho chương trình sản xuất bom nguyên tử phát triển trong Thế chiến thứ hai. Cái tên phát sinh từ nơi điều hành dự án, Hạt kĩ thuật Manhattan.

**đồng vị.** Một dạng của một nguyên tố chứa một số neutron không bình thường trong hạt nhân của nó.

**đồng vị phóng xạ.** Một đồng vị có khả năng phóng xạ của một nguyên tố.

**khối lượng tới hạn.** Lượng uranium cần thiết để gây ra một phản ứng dây chuyền tự duy trì.

**lò phản ứng nước nhẹ (LWR).** Kiểu lò phản ứng điện hạt nhân tiêu biểu. Nó sử dụng nước bình thường (nước nhẹ) để tạo ra hơi nước. Hơi nước làm quay tuabin và phát điện.

**lò phản ứng tái sinh.** Một lò phản ứng hạt nhân tạo ra nhiều nhiên liệu hơn nó sử dụng. Nó được thiết kế sao cho một trong các sản phẩm phân hạch của U-235 dùng trong sự phân hạch là plutonium-239 (Pu-239). Pu-239 cũng là một đồng vị có khả năng phân hạch.

**nguồn radium-beryllium.** Hỗn hợp của các nguyên tố radium và beryllium. Radium là một kim loại hiếm, màu trắng xám, có khả năng phát quang, có hoạt tính phóng xạ cao. Beryllium là một kim loại nhẹ, màu thép xám, nhiệt độ nóng chảy cao, chống ăn mòn.

**nguyên tử.** Đơn vị nhỏ nhất của một nguyên tố. Nó cấu thành từ electron, proton, và neutron. Proton và neutron tạo thành hạt nhân nguyên tử. Các electron thì quay xung quanh hạt nhân.

**phản ứng dây chuyền.** Một sự phân hạch liên tục của các nguyên tử.

**phản ứng dây chuyền tự duy trì.** Một chuỗi phản ứng diễn ra liên tiếp.

**sản phẩm phân hạch.** Các hạt nhân nhẹ thu được từ sự phân hạch. Tổng khối lượng của các sản phẩm phân hạch nhỏ hơn khối lượng của toàn bộ nguyên tử ban đầu, vì đã có sự giải phóng năng lượng và neutron.

**sự nhiệt hạch.** Quá trình trong đó các nguyên tử hợp nhất lại, tạo ra năng lượng.

**sự phân hạch.** Quá trình trong đó hạt nhân của một nguyên tử phân tách và tạo ra nhiệt.

**uranium.** Một kim loại nặng, màu trắng bạc, có tính phóng xạ.

**uranium-235 (U-235).** Một đồng vị của uranium dùng làm nhiên liệu trong nhà máy điện hạt nhân.

## **Tài liệu tham khảo**

Cantelon, Philip, và Robert C. Williams.

**Crisis Contained: The Department of Energy at Three Mile Island: A History.** Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 1980.

Cohen, Bernard L.

**Before It's Too Late, A Scientist's Case for Nuclear Energy.** New York: Plenum Press, 1983.

Edelson, Edward.

**The Journalist's Guide to Nuclear Energy.** Nuclear Energy Institute, 1994.

Glasstone, Samuel.

**Sourcebook on Atomic Energy.** Princeton: D. Van Nostrand Company, 3rd ed., 1979.

Groves, Leslie R.

**Now It Can Be Told, The Story of the Manhattan Project.** New York: Harper, 1975.

Hewlett, Richard, và Oscar Anderson.

**The New World, 1939-1946.** Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press, 1990. Vol I.

Hewlett, Richard, và Francis Duncan.

**Atomic Shield, 1947-1952.** Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press, 1990. Vol. II.

Holl, Jack M., Roger M. Anders, Alice L. Buck, và Prentice D. Dean.

**United States Civilian Nuclear Power Policy, 1954-1984 : A History.** Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, 1985.

Kruschke, Earl Roger và Byron M. Jackson.

**Nuclear Energy Policy: A Reference Handbook.** Santa Barbara, Calif.: ABCCLIO, 1990.

Mazuzan, George, và J. Samuel Walker.

**Controlling the Atom: The Beginnings of Nuclear Regulation, 1946-1962.** University of California Press, 1985.

Rhodes, Richard

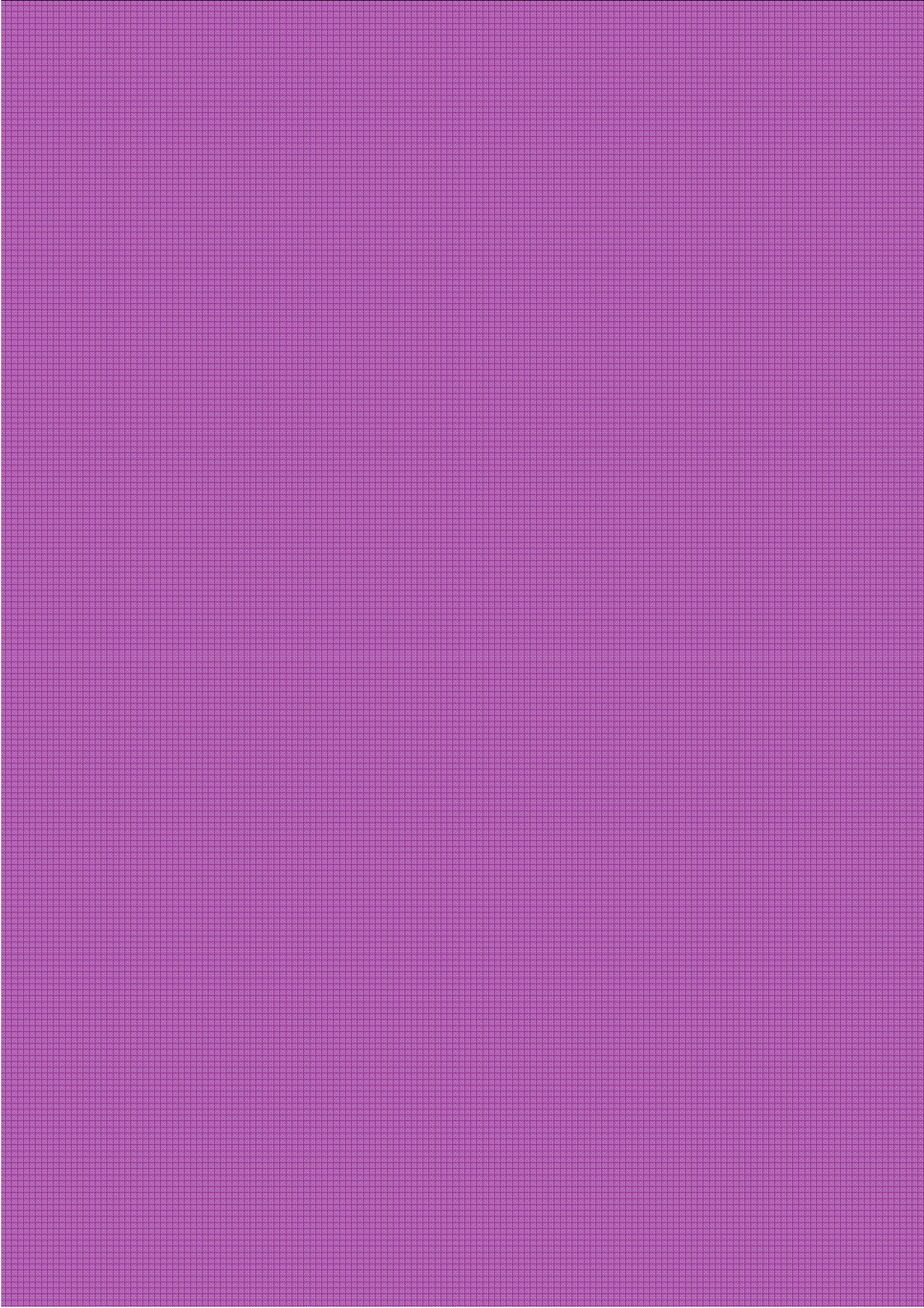
**The Making of the Atomic Bomb,** Touchstone, 1988.

Rhodes, Richard

**Nuclear Renewal: Common Sense about Energy,** Viking, 1993.

Smyth, Henry D.

**Atomic Energy for Military Purposes.** Princeton: Princeton University Press, 1976.



## Cách nhìn mới về năng lượng hạt nhân

Bất chấp hình ảnh không thân thiện với môi trường của nó, năng lượng hạt nhân vẫn nhất định quay trở lại chương trình năng lượng của thế giới do nhu cầu cắt giảm sự phát thải cacbon dioxit. Paul Norman, Andrew Worrall và Kevin Hesketh mô tả cách mà thế hệ kế tiếp của các nhà máy điện hạt nhân sẽ sạch hơn và hiệu quả hơn bao giờ hết.

Sự ám lên toàn cầu có nguồn gốc ở một trong những ý tưởng cơ bản nhất của nền vật lí học Newton: không có tác dụng nào mà không có phản tác dụng. Nói đơn giản, chúng ta không thể cứ tiếp tục bơm cacbon dioxit và các chất độc hại khác sinh ra từ sự cháy của nhiên liệu hóa thạch vào môi trường của chúng ta mà không phải gánh chịu hậu quả. Các nhà khoa học môi trường đã cảnh báo vấn đề này nhiều lần, nhưng chỉ đến bây giờ chính quyền các nước mới có sự lưu tâm thích đáng tới vấn đề. Sự biến đổi khí hậu do con người tạo ra là một trong những đe dọa lớn nhất đến bộ mặt hành tinh của chúng ta, và người ta ước tính nó là nguyên

nhân gây ra hơn 160.000 cái chết trên thế giới mỗi năm do hạn hán, lũ lụt và mùa màng thất bát.



Nhưng việc giải quyết sự ấm lên toàn cầu mà chúng ta đối mặt là một bài toán nan giải. Các nhiên liệu hóa thạch cung cấp ít nhất là 85% tổng nhu cầu năng lượng của chúng ta, từ điện sử dụng trong nhà chúng ta cho tới việc sản xuất các sản phẩm hàng hóa và nguồn cung thực phẩm cho chúng ta. Các nguồn năng lượng có thể hồi phục, như các nguồn khai thác Mặt Trời, gió, và sóng biển, có thể giúp giảm bớt sự phụ thuộc của chúng ta vào nhiên liệu hóa thạch, nhưng tính chất không chắc chắn của chúng và thường có công suất thấp nên chúng chỉ có thể cung cấp

một phần nhỏ cho bài toán năng lượng. Thật vậy, đa số các dạng năng lượng có khả năng hồi phục đều có sự tác động đến môi trường đáng kể của riêng chúng – ví dụ như làm biến đổi cảnh quan, hoặc gây nguy hiểm cho cuộc sống hoang dã. Chúng cũng yêu cầu các nhà máy điện nhiên liệu hóa thạch phải sẵn sàng hoạt động khi công suất ra thấp, ví dụ như khi các tuabin gió không phát điện được trong những điều kiện nhất định.

May thay, có một lựa chọn khác để giải quyết cơn khủng hoảng năng lượng lờ mờ hiện ra trước mắt chúng ta: đó là năng lượng hạt nhân. Ở mức độ nguyên tử, năng lượng nhiệt giải phóng trong một sự kiện phân hạch là 200 eV, so với chỉ có vài eV phát sinh ra khi mỗi phân tử hydrocarbon bị phá vỡ bằng việc đốt nhiên liệu có chứa cacbon. Kết quả là một viên nhiên liệu lò phản ứng hạt nhân dài chỉ 1 cm có thể tạo ra lượng điện tương đương với 1,5 tấn than đá. Hơn nữa, nhà máy điện hạt nhân tạo ra lượng chất thải rất ít, ngược với lượng chất độc khổng lồ được bơm không qua kiểm tra vào môi trường bởi việc đốt nhiên liệu hóa thạch. Mặc dù chất thải hạt nhân thì độc hơn nhiều so với những

chất độc này, nhưng ít nhất nó có thể được cô lập hoàn toàn.

Năng lượng hạt nhân tiến lên giữ vai trò chủ đạo vào cuối thập niên 1950 và 1960, với việc xây dựng nhiều nhà máy điện hạt nhân trên khắp thế giới. Tuy nhiên, mối nguy hiểm đến môi trường đi kèm với chất thải hạt nhân luôn luôn là lí lẽ để chống lại năng lượng hạt nhân. Thêm với tai nạn Chernobyl năm 1986 và các tác động thị trường trong lĩnh vực năng lượng, nền công nghiệp hạt nhân đã đi vào thời suy tàn trong thập niên 1980 và 1990. Nhưng xu thế đó ngày nay hình như đang có sự chuyển biến. Hồi tháng năm, chẳng hạn, chính phủ Mỹ đã tỏ dấu hiệu mục tiêu của họ là xây dựng một hạm đội mới các nhà máy điện hạt nhân trên khắp đất nước, và một số nước khác, gồm Trung Quốc, Phần Lan, Pháp, Ấn Độ và Nga đã thông báo hoặc đã bắt tay vào xây dựng những lò phản ứng mới.

Không phải chỉ có sự khẩn thiết phải chiến đấu với sự biến đổi khí hậu chậm ngòi cho đợt hồi phục hạt nhân này. Các luận cứ kinh tế dựa trên sự tăng liên tục giá khí đốt và dầu



mở, cộng với sự quan tâm chiến lược trong việc đảm bảo mỗi nước có nguồn cung ứng năng lượng bền vững, cũng là những nhân tố chính. Trong thực tế, các luận cứ kinh tế và chiến lược mạnh mẽ cho thấy hiện nay không thể nào có được giải pháp thực tế cho bài toán năng lượng mà trong đó năng lượng hạt nhân không đóng vai trò chính một lần nữa. Và ở đâu có năng lượng hạt nhân, ở đó có các nhà vật lí.

### **Lịch sử điện hạt nhân**

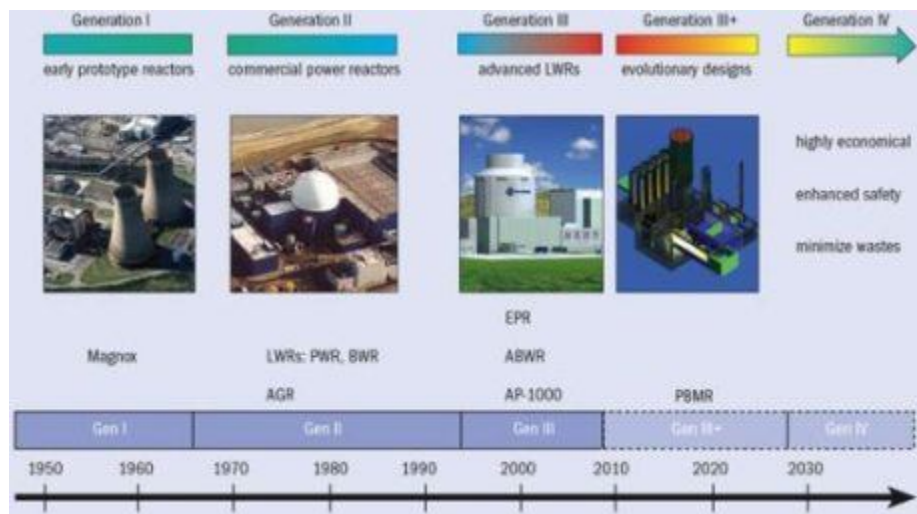
Lò phản ứng hạt nhân hoạt động bằng năng lượng giải phóng trong sự phân hạch hạt nhân. Quá trình này bao gồm việc bắn neutron vào hạt nhân uranium-235, hạt nhân này chuyển thành hạt nhân uranium-236 có năng lượng vượt mức đủ để trở nên biến dạng và tách thành hai mảnh vỡ phân hạch nặng cộng với hai hoặc ba neutron mới sinh trên mỗi sự kiện phân hạch. Sự hụt khối lượng nhỏ giữa những sản phẩm cuối cùng này và neutron ban đầu và hạt nhân uranium được giải phóng dưới dạng năng lượng theo phương trình nổi tiếng của Einstein.

Đa số năng lượng này tồn tại dưới dạng động năng của các

sản phẩm phân hạch, chúng làm phát ra rất nhiều nhiệt do va chạm với các nguyên tử xung quanh. Nhiệt này được mang ra ngoài bằng một chất lỏng làm nguội như cacbon dioxid hoặc nước (tạo thành mạch làm nguội chính) và được dùng để đun sôi hơi trong mạch thứ cấp tạo ra hơi nước làm quay tuabin và máy phát – tương tự như nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Trong số các neutron được giải phóng, một số sẽ thoát khỏi lò phản ứng, còn số khác bị hấp thụ, nhưng khoảng phân nửa sẽ làm tách thêm hạt nhân uranium, kích hoạt phản ứng dây chuyền. Để giữ quá trình này dưới sự kiểm soát, đa số lò phản ứng yêu cầu một bộ phận điều tiết – thường cấu tạo từ graphit hoặc nước vì nguyên tử nhẹ của chúng hấp thụ tốt động năng của các neutron.

Nhà máy điện hạt nhân thương mại đầu tiên trên thế giới khai trương ở Anh năm 1956 tại địa điểm Sellafield trên bờ biển Cumbrian, và nó chạy trong gần như nửa thế kỉ trước khi đóng cửa vào năm 2003. Bốn lò phản ứng Calder Hall thuộc loại Magnox, nghĩa là chúng sử dụng hợp kim magnesium “không oxi hóa” bọc các thanh nhiên liệu

uranium. Cũng giữ lại các sản phẩm phân hạch dễ biến đổi, như caesium và strontium, lớp phủ Magnox này có tiết diện hấp thụ neutron thấp và do đó làm giảm “sự hấp thụ kí sinh” neutron. Chế tạo từ graphit và chứa lỗ cho cả các thanh nhiên liệu và cho phép chất khí làm lạnh chảy, chất điều tiết làm chậm neutron bằng cách làm tán xạ đàn hồi sao cho phân bố động năng của chúng trở nên sánh được với phân bố động năng của chất khí ở trạng thái cân bằng nhiệt với graphit. Vì ở những năng lượng này, neutron có xác suất tương tác với phân tử cao hơn, nên lò phản ứng Magnox có thể sử dụng nhiên liệu chứa các mức xảy ra tự nhiên của uranium-235 (khoảng 0,7%), tránh phải dùng – và hao phí – uranium đã qua “làm giàu”.



*Kể từ khi nhà máy điện hạt nhân thương mại đầu tiên mở cửa ở Anh vào năm 1956, các mẫu lò phản ứng đã tiến triển rất nhiều. Mặc dù sự khác biệt giữa các mẫu không rõ ràng cho lắm, nhưng Bộ Năng lượng Mĩ (DOE) đã phân loại chúng thành bốn thế hệ khi họ bắt đầu nhắm tới việc xây dựng các lò phản ứng mới trong giữa đến cuối thập niên 1990. Nhà máy Magnox buổi đầu, nhiều trong số đó vẫn đang hoạt động, được gán cho là thế hệ I, còn những mẫu kế vị của chúng trong thập niên 1970 và 1980 – các lò phản ứng nước nhẹ (LWR) - được gọi là thế hệ II. Những lò kiểu này tạo nên khối nhà máy điện hạt nhân trên khắp thế giới hiện nay, và nhiều lò vẫn đang được xây dựng thêm. Các mẫu thế hệ III, tương tự như các lò phản ứng thế hệ II nhưng có đặc điểm an toàn cải tiến, đang sẵn sàng được xây dựng, trong khi một số nước đang theo đuổi các mẫu “thế hệ III+” hơi cải tiến hơn một chút. Còn các mẫu thế hệ IV – trong đó DOE đã chọn 6 - hiện vẫn ở giai đoạn đầu, nhưng chúng hứa hẹn mang lại những nhà máy điện hạt nhân sạch hơn và kinh tế hơn vào giữa thế kỉ này.*

Vào đầu thập niên 1970, nước Anh có 11 nhà máy điện hạt nhân Magnox (gồm tổng cộng 26 lò phản ứng) hoặc đang hoạt động hoặc đang trong giai đoạn xây dựng hoặc lên kế hoạch. Anh cũng đã xuất khẩu mẫu Magnox – từ đây gọi là “thế hệ I” – sang Nhật và Italy, mỗi nước một nhà máy điện hạt nhân. Tuy nhiên, trong một nỗ lực nhằm tăng tỉ lệ công suất điện trên công suất nhiệt thì Ủy ban Điện lực đã đưa ra ý tưởng về lò phản ứng cải tiến làm lạnh bằng chất khí (AGR) – bây giờ gọi là mẫu “thế hệ II”. Lò đầu tiên mở cửa vào giữa thập niên 1970, tất cả 7 nhà máy điện AGR (14 lò phản ứng) hiện vẫn đang hoạt động.

Chất điều tiết (graphit) và chất làm lạnh (cacbon dioxit) có mặt trong cả mẫu Magnox lẫn mẫu AGR. Tuy nhiên, AGR có hiệu suất nhiệt cao hơn do hoạt động ở nhiệt độ 600oC so với khoảng 370oC ở mẫu Magnox. Vì ở nhiệt độ cao, uranium chịu sự biến đổi pha tinh thể khiến nó nở ra, có khả năng làm suy yếu lớp phủ ngoài, nên AGR dùng uranium oxit làm nhiên liệu của chúng. Và vì Magnox trở nên mềm nhũn và có thể còn dễ nóng chảy trong không khí ở nhiệt độ AGR, nên thép sạch được dùng làm lớp phủ

thay thế. Vì thép sạch hấp thụ nhiều neutron hơn Magnox, nên AGR yêu cầu uranium có thành phần uranium-235 chiếm vài phần trăm, giá thành tăng thêm sẽ được lấy lại qua công suất năng lượng tăng của nhiên liệu.

Nước Anh cũng tiến hành nghiên cứu các mẫu “lò phản ứng nhanh” cho đến đầu thập niên 1990, ví dụ tại địa điểm Dounreay ở miền bắc Scotland. Những lò phản ứng này không có chất điều tiết và neutron giải phóng trong mỗi sự kiện phân hạch do đó vẫn giữ được động năng lớn của chúng. Kết quả là các lò phản ứng này có khả năng biến uranium suy kiệt (tức là uranium có hầu hết thành phần uranium-235 của nó đã bị xài hết) thành plutonium, chất này cũng có thể dùng làm nhiên liệu hạt nhân. Vì khi mỗi nguyên tử plutonium bị phá vỡ do phân hạch thì ít nhất một hoặc nhiều nguyên tử khác được tạo ra trong nhiên liệu đã qua sử dụng, nên lò phản ứng nhanh – hay lò phản ứng tái sinh – tạo ra nhiều chất dễ phân tách hơn nhiên liệu của nó, do đó có khả năng làm tăng kho dự trữ nhiên liệu hạt nhân lên rất lớn.

Vì các neutron năng lượng tính trong lò phản ứng nhanh có xác suất tương tác với hạt nhân khác thấp hơn, cho nên lò phản ứng yêu cầu chất liệu có thể phân hạch đậm đặc hơn và các chất có thể sống được trước dòng neutron rất lớn. Kết quả là lò phản ứng nhanh phức tạp hơn và đắt hơn lò phản ứng Magnox hoặc AGR, một phần là do chúng yêu cầu thêm một mạch làm lạnh nữa, và mẫu đó chưa hề được sử dụng về mặt thương mại.

### **Lò phản ứng nước nhẹ**

Tại một nơi khác trên thế giới, nước Pháp bắt đầu đi theo sự chỉ đạo của Anh bằng việc xây dựng các lò phản ứng tương tự như mẫu Magnox trong thập niên 1960. Trong khi đó, nước Mỹ nhận ra rằng lò phản ứng kinh tế nhất là các lò thường được gọi chung là lò phản ứng nước nhẹ (LWR).

Các lò này dễ xây dựng và hoạt động hơn lò Magnox hoặc AGR, và chúng cũng có lợi hơn về mặt kinh tế. Chẳng hạn, nhiên liệu sử dụng được cải thiện qua nỗ lực chung của nhiều nước sao cho ngày nay nó có thể duy trì được công suất năng lượng có ích cao hơn nhiên liệu AGR, loại chỉ có

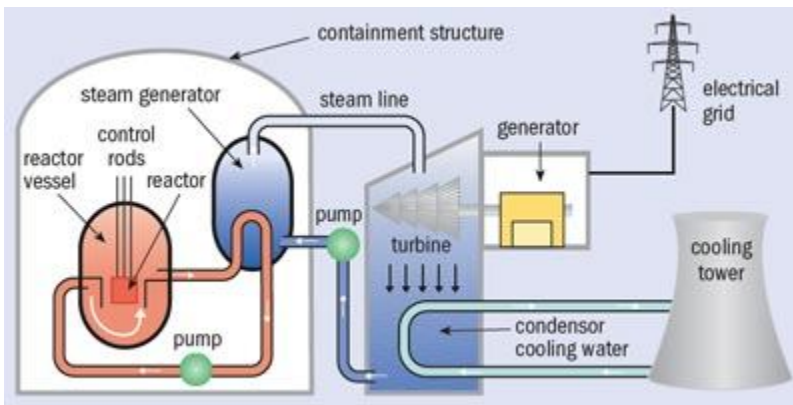
một mình nước Anh phát triển.

LWR sử dụng nước thường làm chất điều tiết và chất làm lạnh, chạy trên nhiên liệu uranium oxit làm giàu lên tới 5% uranium-235 và chứa trong một vỏ bọc hợp kim zirconium. LWR có hai loại cơ bản: lò phản ứng nước điều áp (PWR) và lò phản ứng nước sôi (BWR). PWR giữ nước trong mạch làm lạnh chính ở dạng lỏng và cho bốc hơi trong một mạch thứ hai điều hành ở áp suất thấp hơn. Ngược lại, BWR sử dụng một mạch áp suất hai pha nước-hơi nước, trong đó hơi nước từ lõi lò trực tiếp làm quay tuabin. Lợi thế của mẫu này là nó không yêu cầu một mạch làm lạnh thứ cấp và các chất trao đổi nhiệt đi kèm, các ống, van và bơm. Tuy nhiên, lợi thế này có xu hướng bị bù lại bởi sự tăng độ phức tạp ở những khía cạnh khác, nhất là việc duy trì và khởi động vì hơi nước đi qua tuabin có tính phóng xạ và do đó sẽ làm nhiễm bẩn chúng.

Nhiều ưu điểm của LWR đến từ lõi lò phản ứng rất rắn chắc của chúng, có thể là do nước là chất hiệu quả nhất trong số tất cả các chất điều tiết được sử dụng phổ biến để



làm chậm các neutron phân hạch. Ưu điểm này khiến LWR kinh tế hơn và dễ xây dựng và hoạt động hơn nhiều so với nhà máy điện hạt nhân Magnox và AGR (mặc dù AGR không yêu cầu mức độ làm giàu uranium cao như thế). Ví dụ, nồi áp suất trong đó lò phản ứng được chứa cộng với tất cả cấu trúc xung quanh đủ nhỏ để chế tạo trong một phân xưởng và vận chuyển đến địa điểm xây dựng, trong khi nồi áp suất Magnox và AGR quá lớn nên yêu cầu phải xây dựng tại chỗ.



*Sự phát điện hạt nhân bắt đầu từ lõi của lò phản ứng, trong đó neutron được cho bắn vào hạt nhân uranium-235 làm cho chúng tách thành hạt nhân nhẹ hơn và neutron khác. Những neutron này phải được làm chậm bằng chất điều tiết sao cho chúng có thể khởi động các phản ứng phân hạch*

*khác và duy trì phản ứng dây chuyền. Trong trường hợp lò phản ứng nước điều áp (PWR, hình), nước được dùng làm chất điều tiết, trong khi graphit và nước nặng được sử dụng trong các mẫu lò khác. Các “thanh điều khiển” hấp thụ neutron có thể chèn vào lõi lò phản ứng lúc hoạt động, cho phép tốc độ phản ứng ngừng lại. Va chạm giữa các sản phẩm phân hạch và các nguyên tử xung quanh làm phát sinh nhiệt, nhiệt này có thể trích ra bằng một chất làm lạnh (nước trong trường hợp của PWR) lưu thông qua vùng lõi và làm bốc hơi nước trong mạch thứ cấp. Hơi nước làm quay tuabin và máy phát, máy phát được nối vào mạng lưới điện.*

Mặc dù nước Anh đã thiết kế AGR để cạnh tranh với LWR, nhưng mẫu này sớm phải bỏ đi vì chi phí xây dựng đắt và khó điều hành hơn LWR. Với hiệu suất hoạt động hơi tệ của chúng, cuộc cạnh tranh với LWR nhanh chóng đi tới kết thúc – hơi giống như Boeing đấu với các nhà sản xuất máy bay cỡ nhỏ của Anh. Nước Anh nhận ra điều này bằng việc quyết định bỏ AGR theo PWR, và việc xây dựng nhà máy PWR đầu tiên và duy nhất của nước Anh (Sizewell B

ở bờ biển Suffolk – bắt đầu vào năm 1988. Thật vậy, trong số 436 lò phản ứng đang hoạt động hiện nay trên thế giới thì 357 lò là LWR, trong đó 264 là PWR, và đây cũng là loại lò đang được xây dựng chủ yếu hiện nay.

## **Các lò kiểu mới**

Ngày nay, nhiều quốc gia đang phải đối mặt với vấn đề làm sao cân đối giữa nhu cầu năng lượng của họ đồng thời tạo ra ít cacbon dioxid hơn, và nước Anh cũng không ngoại lệ. Khi cựu thủ tướng Anh Tony Blair lên nắm quyền hồi năm 1997 – hai năm sau khi Sizewell đi vào hoạt động – ông quyết định “khoanh vùng” vấn đề năng lượng hạt nhân. Nhưng hiện nay rõ ràng là chính phủ Anh đã chấp nhận rằng cách duy nhất để đạt được mục tiêu nhiều tham vọng của mình trong việc cắt giảm sự phát thải cacbon dioxid là ít nhất phải duy trì cho được đóng góp 18% hiện nay mà năng lượng hạt nhân mang tới cho “tổ hợp năng lượng”.

Việc xây dựng một nhà máy điện hạt nhân không phải diễn ra trong ngày một ngày hai. Và nếu như chính phủ Anh

quyết định tiến tới một hạm đội nhà máy điện hạt nhân mới (một quyết định hiện nay đang thăm dò dư luận và sẽ cho kết quả cuối cùng vào tháng 10), thì họ cần phải quyết định là chọn công nghệ nào và ai sẽ xây dựng và điều hành nhà máy. Những lựa chọn vừa nói là tùy thuộc vào tác động thị trường, tùy thuộc vào nhà cung cấp lò phản ứng hoặc chủ sở hữu công nghệ nào đến chào hàng trước, và tùy thuộc tiêu chuẩn môi trường và tiêu chuẩn an toàn nghiêm ngặt. Tóm lại, mất khoảng 10 năm nữa thì một nhà máy điện hạt nhân mới có thể hòa vào lưới điện quốc gia.

Hai ứng viên sáng giá nhất cho các lò phản ứng xây mới ở Anh là các lò PWR, giống như Sizewell B : Areva EPR (lò phản ứng nước điều áp châu Âu) và Westinghouse AP-1000 (AP là viết tắt của “thụ động cải tiến” và 1000 biểu thị 1000MW công suất điện mà nhà máy có thể sản xuất). Các mẫu có triển vọng khác là lò phản ứng nước sôi cải tiến (ABWR), về cơ bản là một phiên bản tối ưu hóa của BWR, và lò phản ứng Candu cải tiến (ACR), dựa trên các lò phản ứng Candu rất thành công của Canada. Các lò này tương tự với PWR nhưng sử dụng nước nặng (D2O) làm

chất điều tiết. Nước nặng hầu như không bắt lấy neutron nào, nhưng vì nó chứa deuterium rất tốt trong việc làm chậm neutron. Điều này có nghĩa là sẽ có sẵn nhiều neutron phân hạch hơn, cho phép ACR hoạt động với nhiên liệu có mức làm giàu thấp.

Đặc điểm chung của tất cả các mẫu “thế hệ III” này là chúng hoạt động đơn giản: chúng yêu cầu ít can thiệp hơn, ít nhiên liệu hơn và dễ duy trì hơn các mẫu trước. Chúng cũng đã được cải tiến, các đặc điểm an toàn thụ động dựa trên các lực vật lý như hấp dẫn và đối lưu, có ít hoặc không cần đến các dụng cụ cơ học như bơm. Tuy nhiên, các nhóm vận động như CND và Hòa bình Xanh đã thực sự phớt lờ đi các đặc điểm đó và thay vào đó lại tập trung vào những lo lắng không ngừng tăng lên về chất thải hạt nhân mà một hệ thống nhà máy điện hạt nhân mới sẽ tạo ra.

Trong khi hiển nhiên là càng có nhiều nhà máy điện hạt nhân thì sẽ càng có nhiều chất thải hạt nhân, thì khối lượng chất thải phát sinh trên kWh công suất ra ở các mẫu mới sẽ ít hơn nhiều so với ở các mẫu trước đây. Chẳng hạn, một tổ

hợp 10 nhà máy LWR gigawatt mới sẽ phát ra gấp đôi lượng điện trong tuổi thọ 60 năm của chúng so với tổ hợp đó hiện nay, nhưng sẽ tạo ra chỉ khoảng thêm 10% chất thải phóng xạ mức độ cao trong cùng thời gian trên dưới những điều kiện hợp lí. Hơn nữa, các lò phản ứng mới này có thể cho phép chúng ta sử dụng kho dự trữ plutonium quân sự bằng cách dùng nhiên liệu “oxit hỗn hợp” chất tạo từ oxit uranium và plutonium.

Các mẫu AP-1000, EPR, ACR và BWR đều sử dụng cùng loại nhiên liệu, mạch áp suất, máy phát hơi nước và những thành phần chủ chốt khác như các lò phản ứng thế hệ I và thế hệ II đang hoạt động ngày nay. Các nhà máy mới xây dựng trên các mẫu này do đó sẽ được xây dựng ngay. Thật vậy, một nhà máy EPR đang được xây dựng ở Phần Lan (xem hình), với một cái ở Pháp sau đó, còn Trung Quốc đã đặt hàng vài lò AP-1000. Tuy nhiên, có lẽ trong vòng 20 năm tới, chúng ta sẽ có thể sẵn sàng xây dựng cái được gọi là mẫu lò phản ứng thế hệ IV.

## **Thế hệ IV**

Vào cuối thập niên 1990, Bộ Năng lượng Mỹ đã chọn ra 6 mẫu thể hệ IV trong danh sách thu gọn hơn 100 ý tưởng nhằm “mở rộng khả năng sử dụng năng lượng hạt nhân”. Ba trong số các mẫu này là lò phản ứng nhanh, có chu trình nhiên liệu có chấp nhận được, trong đó plutonium-239 được tạo ra từ phản ứng bắt neutron uranium-238 và do đó có thể hoạt động trong nhiều trăm năm với nguồn dự trữ uranium hiện có. Ba mẫu lò phản ứng nhanh đó khác nhau chủ yếu ở việc chọn chất làm lạnh: đó là natri lỏng, chì lỏng và khí heli, một số trong đó là chất dẫn nhiệt tốt, còn một số thì khó giải quyết nếu như chúng rò rỉ.



*Lò phản ứng EPR đầu tiên của thế giới đang được xây dựng ở địa điểm Olkiluoto, Phần Lan, và sẽ hoàn thành vào năm 2009.*

Một mẫu thể hệ IV khác là lò phản ứng nước siêu tới hạn, trong đó nước ở trong pha siêu tới hạn của nó được dùng làm chất làm lạnh. Nước ở trạng thái này (tức là trạng thái trong đó không có sự phân biệt giữa thể lỏng và thể khí) có dung lượng nhiệt đặc biệt rất cao, cho hiệu suất nhiệt cao hơn so với các lò LWR hiện có.

Cũng còn có lò phản ứng nhiệt độ rất cao (VHTR), họ hàng với các lò phản ứng HTR hiện nay, như công nghệ giường thạch anh mà hiện Nam Phi đang theo đuổi. Các lò này thường sử dụng chất điều tiết graphit và chất khí làm lạnh và giữ được khả năng cho hiệu suất nhiệt cao. Hơn nữa, VHTR còn an toàn tới mức khó tin, vì thành phần phóng xạ của nhiên liệu bị chặn lại ngay cả khi lò phản ứng đạt tới quá nhiệt độ 1500°C (tức là trên 500°C so với nhiệt độ hoạt động bình thường).



Tuy nhiên, có lẽ mặt hấp dẫn nhất của mẫu VHTR là ở chỗ nó có thể tạo ra hydro thông qua sự điện phân trong nước hoặc phản ứng nhiệt hóa và do đó sẽ có chỗ đứng trong nền kinh tế hydro tương lai. Tạo ra hydro là một quá trình năng lượng tập trung cao độ, yêu cầu một lượng lớn điện năng hoặc nhiệt – cả hai đều dồi dào trong mẫu VHTR với hầu như không có sự phát sinh cacbon dioxit. Sản phẩm của hydro không ảnh hưởng tới hiệu suất của lò phản ứng, mặc dù nó thật sự làm giảm công suất điện phát ra. Việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch để tạo ra hydro là không thể bào chữa được về phương diện môi trường.

Mẫu thế hệ IV sau cùng – gọi là lò phản ứng muối nóng chảy – có tính cơ bản nhất. Ở đây, nhiên liệu ở dạng muối uranium lưu thông trong chất làm lạnh sao cho không có chất làm lạnh nào bị thất thoát làm ngừng trệ phản ứng dây chuyền. Công trình này được đưa vào thực tiễn như thế nào hiện nay vẫn chưa có quyết định chính thức, vì nghiên cứu về mẫu muối nóng chảy – và tất cả các mẫu thế hệ IV khác, trong thực tế - vẫn còn ở giai đoạn rất sớm. Không gì chắc chắn là cả 6 mẫu sẽ thành công trong cấu hình thương mại

thực tế. Một số rôt cuộc sẽ bị bỏ rơi khi một số lò phản ứng tỏ ra đứng vững hơn những lò khác. Lạc quan mà nói, sự nhiệt hạch hạt nhân sẽ bắt đầu có mặt vào cùng thời điểm và sẽ mang lai một chiều hướng mới cho năng lượng hạt nhân.

### **Sự phục hưng của năng lượng hạt nhân**

Nền công nghiệp hạt nhân ở châu Âu (với ngoại lệ ở Pháp) và Mỹ đã bị đình trệ kể từ giữa thập niên 1980, với một số nhà máy mới hiện đang được đặt hàng. Xu hướng này một phần là do nỗ lực của các nhóm phản đối hạt nhân và cũng do sự cố Chernobyl năm 1986, nhưng tác động thị trường lại một lần nữa phát huy tác dụng. Ở Anh, chẳng hạn, do cạnh tranh với khí thiên nhiên, việc bãi bỏ quy định về thị trường năng lượng và sự bảo hộ dễ thay đổi của chính phủ đã gây khó khăn cho các nhà máy điện hạt nhân mới đảm bảo được nguồn đầu tư riêng cần thiết. Ở những nước khác, sự cạnh tranh với than đá rẻ tiền đã làm suy yếu sự ủng hộ cho các nhà máy điện hạt nhân, còn ở cả Anh và Mỹ, việc kéo dài thành công thời gian hoạt động của các nhà máy

điện hạt nhân hiện có, mìa may thay, lại làm cản trở việc xây dựng các nhà máy điện hạt nhân mới.

Tuy nhiên, ngày nay chúng ta đang bước vào một thời kì phục hưng của năng lượng hạt nhân. Mặc dù tự nó không phải là giải pháp hoàn chỉnh cho bài toán biến đổi khí hậu, nhưng năng lượng hạt nhân có thể giúp làm chậm lại sự ấm lên toàn cầu và cung cấp nguồn điện đáng tin cậy với tư cách là một phần của tổ hợp năng lượng gồm nhiều loại. Và trong cuộc đảo ngược thời vận, sự tăng giá khí đốt và dầu mỏ gần đây đã cho thấy nhà máy điện hạt nhân hiện nay là sự lựa chọn kinh tế nhất ở nhiều nước. Nhận thức được rằng dầu mỏ và khí đốt đang bắt đầu cạn kiệt, nước Anh và những chính phủ khác cần phải đi theo sự tiên phong của Trung Quốc, Pháp, Hàn Quốc và Nhật Bản trong việc theo đuổi một chương trình hạt nhân mới.

Vì vậy, chúng ta có thể mong đợi sẽ nhìn thấy một tổ hợp mới các lò phản ứng của Anh, có khả năng là hỗn hợp các mẫu EPR và AP-1000, sẽ đi vào hoạt động trong 10-15 năm tới và có lẽ sẽ chạy cho đến năm 2080. Trước ngày đó,

chúng ta cũng có thể nhìn thấy các lò phản ứng thế hệ IV, một trong số đó cũng có khả năng tạo ra hydro. Khi đó, năng lượng hạt nhân cùng với các dạng năng lượng có thể hồi phục sẽ giúp nước Anh cắt giảm sự phát thải cacbon dioxide của mình đến mức độ dễ chấp nhận hơn. Ngược lại, bằng việc thay thế tổ hợp hạt nhân hiện nay với các dạng có thể hồi phục cung cấp cùng tỉ trọng năng lượng (hiện chiếm khoảng 19% tổng lượng ở Anh), chúng ta sẽ không cắt giảm được chút nào sự phát khí thải cả.

Trước viễn cảnh nền công nghiệp hạt nhân có vẻ sáng sủa hơn nhiều so với 5 năm trước đây, các nhà vật lí đã có thể tìm thấy chính mình trong nhu cầu đang tăng trưởng. Lĩnh vực hạt nhân có tầm quan trọng toàn cầu và là một trong số ít lĩnh vực, trong đó các nhà vật lí thật sự sử dụng kĩ năng của họ bên ngoài hàn lâm viện. Kiến thức về khoa học vật liệu và sự truyền nhiệt bên trong lò phản ứng có thể chỉ quan trọng như sự hiểu biết về các phản ứng hạt nhân, và nền vật lí neutron, chủ đề được dạy trong các khóa đào tạo trên đại học.

Thật trớ trêu, quyết định thành công mới đây do Hòa bình Xanh mang lại hồi đầu năm nay chống lại tiến trình xét lại năng lượng của chính phủ Anh hình như cũng báo hiệu một sự hồi sinh của chương trình năng lượng hạt nhân của Anh, vì chính phủ phản ứng với một quyết tâm đanh thép rằng tiếp tục xét lại và khẳng định rằng năng lượng hạt nhân là cần thiết. Thật đáng tiếc, sự chống đối bởi các nhóm hòa bình chống lại các nhà máy điện hạt nhân chỉ mang lại nhiều nhà máy nhiên liệu hóa thạch hơn được xây dựng. Sự thành lập Phòng thí nghiệm Hạt nhân quốc gia ở Anh là một bằng chứng nữa cho sự hồi sinh hạt nhân, và dường như xu thế đang có biến chuyển và bây giờ chúng ta sẽ chào đón một cách hiểu mới về năng lượng hạt nhân.

### **Giữ lò phản ứng hạt nhân dưới sự điều khiển**

Trái với những gì mà một số nhóm chống hạt nhân có thể làm cho bạn tin, các lò phản ứng hạt nhân không phải là những cỗ máy không ổn định sẵn sàng thoát khỏi tầm kiểm soát bất cứ lúc nào. Các nguyên lý vật lý âm học được sử dụng để đảm bảo an toàn cho các lò phản ứng được xây

dụng hợp thức. Ví dụ, trong lò phản ứng nước điều tiết, các neutron giải phóng trong sự phân hạch được làm chậm bằng va chạm với hạt nhân hydro và oxy (đa số được thực hiện chỉ bởi hydro), khiến chúng dễ bị bắt lấy hơn. Tuy nhiên, nếu vì một số nguyên nhân mà số phản ứng tăng lên, thì công suất nhiệt tăng thêm sẽ làm cho chất điều tiết giãn nở - do đó làm giảm tốc độ phản ứng và ngăn cản hệ thống ra khỏi tầm kiểm soát. Một cơ chế phản hồi tương tự gọi là mở rộng Doppler được mang lại bởi sự gia tăng hấp thụ neutron trong chất lò phản ứng khi chúng nóng lên, và mục tiêu là thiết kế một lò phản ứng trong đó một số cơ chế như thế kết hợp nhau để tạo ra hệ thống bền vững.



Một ví dụ về hệ thống được thiết kế kém là lò phản ứng RBMK của Nga. Năm 1986, một lò phản ứng như thế tại Chernobyl đã gây ra thảm họa hạt nhân tồi tệ nhất trong lịch sử. Các lò phản ứng này sử dụng graphit để điều tiết neutron và nước để làm lạnh hệ thống, chúng thông thường là sự chọn lựa tốt. Tuy nhiên, một sự kết hợp không may của hai lò khiến cho RBMK cực kì nguy hiểm: đa số sự điều tiết được cung cấp bởi graphit, còn nước chủ yếu đóng vai trò chất hấp thụ. Khi nước nóng đến sôi lên thì mật độ chất hấp thụ giảm. Điều này dẫn tới nhiều phản ứng hơn, càng làm sôi nhiều chất hấp thụ hơn nữa, gây ra một vòng phản hồi không lường trước được.

Một nhân tố khác góp mặt trong vụ tai nạn có liên quan tới các neutron phát ra bởi các sản phẩm phân hạch. Hai hoặc ba neutron giải phóng trong một sự kiện phân hạch được gọi là neutron nhanh, vì chúng phát ra tức thời tại điểm phân tách hoặc nhanh chóng “bốc hơi” ra khỏi sản phẩm phân hạch bị kích thích. Tuy nhiên, các sản phẩm phân hạch này lại tự phát ra neutron theo phân rã beta. Mặc dù có số lượng dưới 1% so với số neutron nhanh, nhưng các

“neutron chậm” này – có thể tiếp tục khởi động những phân hạch mới – đảm bảo rằng trong một lò phản ứng thông thường, các mức công suất trong log thay đổi rất chậm và an toàn. Nhưng tại Chernobyl, số lượng neutron tăng rất nhanh và không an toàn do chỉ một mình các neutron nhanh, làm cho lò phản ứng đi từ 10% công suất đầy đủ lên 100 lần công suất tổng trong 3 giây. Thiếu sót này chỉ có trong các lò phản ứng RBMK, có nghĩa là một vụ “Chernobyl khác” không thể nào xảy ra.

## **Vấn đề chất thải hạt nhân**

Nhận thức chung của mọi người là các lò phản ứng hạt nhân làm phát sinh một lượng lớn chất thải phóng xạ, chất thải này khó quản lí an toàn, và nó khác với các loại chất thải độc hại khác phát sinh bởi nền công nghiệp. Thực tế thì khác: thể tích chất thải tương đối thấp, đặc biệt đối với chất thải mức cao gồm các sản phẩm phân hạch phóng xạ chủ yếu và các chất có tính phóng xạ cao hơn uranium (số lượng chỉ vài mét khối từ 1 GW PWR/năm). Trong khi chất thải mức cao này biểu hiện sự rủi ro đáng kể, thì nửa thế kỉ



kinh nghiệm cho thấy nó có thể được quản lí rất an toàn. Còn đối với thể tích lớn hơn nhiều của chất thải phóng xạ mức thấp, thì sự rủi ro tiềm ẩn của nó thay đổi từ rất thấp đến mức thực tế không đáng kể (lượng phóng xạ vượt mức trung bình mỗi ngày với một người công nhân tại kho chất thải mức thấp gần Sellafield, chẳng hạn, là vào bậc tương đương với việc ăn một quả hạch Brazil mỗi ngày!). Thật đáng tiếc, nước Anh, chẳng hạn, đã thất bại trong việc thực hiện nhiều tiến bộ tiến tới việc xây dựng các kho địa chất sau cùng cho chất thải hoạt tính phóng xạ cao của mình, chỉ mới có quyết định vào cuối năm ngoái rằng đây là cách tốt nhất để xử lí các chất như thế. Đây là một thách thức mang tính chính trị chứ không phải kĩ thuật, và một thách thức nữa là có nên xây dựng thêm các nhà máy điện hạt nhân hay không. Tương ứng là cho dù bạn ủng hộ điện hạt nhân hay chống lại nó, thì chất thải hiện có phải được xử lí thấu đáo và nó sẽ vẫn tồn tại ở gần như cùng bậc độ lớn ngay cả nếu như chúng ta không xây dựng thêm nhà máy điện hạt nhân nào.



*Chất thải mức thấp như găng tay và quần áo cũ của công nhân làm việc tại nhà máy điện hạt nhân được đặt trong một cái thùng trước khi mang đi đóng gói cất đi (hình bên trái), còn chất thải mức trung bình như lớp bọc nhiên liệu được gói gọn trong bê tông (hình giữa). Chất thải mức cao, gồm các sản phẩm phân hạch và các nguyên tố siêu uranium, được tráng men, đặt vào trong một cái hũ thép không gỉ (hình bên phải), rồi chôn trong hầm mộ kỹ thuật.*

### **Tóm lược về điện hạt nhân**

- Nhà máy điện hạt nhân thương mại đầu tiên mở cửa ở Anh năm 1956 và ngày nay có trên 400 là phản ứng đang hoạt động trên khắp thế giới.
- Đa số các nhà máy này là lò phản ứng nước nhẹ, trong đó

nước được sử dụng vừa để làm lạnh lò phản ứng (từ đó trích lấy năng lượng làm quay tuabin) vừa để điều tiết neutron giải phóng trong sự phân hạch.

- Tạo ra một lượng rất lớn năng lượng mà không phát sinh chất khí nhà kính nào, điện hạt nhân có thể giữ một vai trò quan trọng trong cuộc chiến chống lại sự ấm lên toàn cầu.
- Mặc dù bị ngăn trở bởi hình ảnh chất thải phóng xạ, nhưng điện hạt nhân một lần nữa đã trở lại chương trình nghị sự của một số nước, trong đó có Anh.
- Các thế hệ lò phản ứng hạt nhân kế tiếp sẽ an toàn hơn và có tính thương mại hơn các mẫu hiện có và cũng sẽ tạo ra ít chất thải hơn.

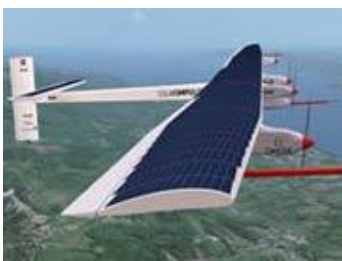
*Paul Norman (Physics World, tháng 7/2007)*

## Các ứng dụng năng lượng độc đáo từ mặt trời

Trong cuộc chạy đua tìm kiếm những nguồn năng lượng mới nhằm thay thế cho nguồn năng lượng đang dần cạn kiệt trên trái đất, giới khoa học đã tìm mọi cách tận dụng nguồn năng lượng vô tận từ vũ trụ, mà đặc biệt là năng lượng mặt trời. Nguồn năng lượng đó đã giúp các nhà khoa học ứng dụng và vận hành thành công nhiều phát minh khoa học độc đáo, đồng thời mở ra những cơ hội khai thác năng lượng mới cho toàn nhân loại.

Trong tương lai, đây có thể sẽ là nguồn năng lượng của nhiều thiết bị di động chẳng hạn như: máy tính xách tay, điện thoại di động, camera, ipod hay thậm chí cả người máy. Những thiết bị này có thể được đem đi khắp nơi mà người sử dụng không cần phải lo lắng đến việc chúng bị hết pin hay phải tìm cách sạc năng lượng thường xuyên để duy trì hoạt động, bởi năng lượng mặt trời luôn được tìm thấy ở khắp mọi nơi.

### **Phát minh máy bay sử dụng năng lượng mặt trời**



Máy bay sử dụng năng lượng mặt trời từ lâu đã được một số quốc gia như Anh, Mỹ, Nhật Bản... tìm cách phát triển và đã thu được thành công lớn. Chiếc máy bay chạy bằng năng lượng mặt trời hiện đại nhất hiện nay của Mỹ là loại máy bay với sải cánh dài 70 m, trọng lượng khoảng 1,6 tấn đã thực hiện thành công nhiều chuyến bay không cần đến bất kỳ một nhiên liệu nào khác.

Theo dự tính của các nhà khoa học Mỹ, đến năm 2011, nước này sẽ hoàn tất việc chế tạo máy bay sử dụng năng lượng mặt trời và thực hiện chuyến bay vòng quanh thế giới.

### **Điện thoại di động sử dụng năng lượng mặt trời**



Thành công đầu tiên trong ứng dụng năng lượng mặt trời vào việc cung cấp năng lượng cho điện thoại di động thuộc về nhà cung cấp điện thoại di động Samsung, sau khi hãng này cho ra đời loại điện thoại di động thân thiện với môi trường được chế tạo từ nhựa tái chế, và đặc biệt là có thể gọi, hoặc nghe liên tục mà không cần sạc pin.

Thay vào đó, người sử dụng chỉ việc để mặt sau chiếc điện thoại tiếp xúc với ánh sáng mặt trời, và nó sẽ tự nạp năng lượng thông qua pin năng lượng mặt trời. Chiếc điện thoại này của Samsung được đánh giá là điểm nhấn của khoa học công nghệ trong thế kỷ XXI.

### **Năng lượng sạch trong sinh hoạt của con người**

Tại một số nơi trên thế giới, năng lượng mặt trời đã bắt đầu được sử dụng để cung cấp điện năng cho các khu dân cư sinh sống. Ở Mỹ, Anh và Pháp... người ta đã lắp đặt những tấm pin thu năng lượng mặt trời trên những diện tích rộng hàng trăm héc-ta và chính "những cánh đồng pin" năng lượng mặt trời này đã cung cấp đủ năng lượng cho sinh hoạt của hơn 78.000 hộ gia đình. Mô hình này hiện đã phát huy hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và đang được nhân rộng trên khắp thế giới.

**Trạm xe buýt chiếu sáng tự động**



Ý tưởng này bắt đầu được đưa ra thực hiện tại Florence - Italia. Vào ban đêm, những trạm xe buýt này trở thành những công trình chiếu sáng công cộng hết sức thu hút và sang trọng. Ngoài ra, trong trạm xe buýt, còn cài đặt thêm hệ thống cho phép người đợi xe kết nối wifi và sử dụng điện thoại truy cập Internet miễn phí trong lúc chờ đợi.

**Những ngôi nhà tí hon ứng dụng công nghệ tích trữ năng lượng mặt trời**



Thực chất đó là những chiếc lều phục vụ những người đi picnic với hình dáng giống như quả cam. Đây là sản phẩm của Tập đoàn Kaleidoscope - Mỹ, được dùng cho những người yêu thích hoạt động du lịch và cắm trại. Khi đó, những chiếc lều với thiết bị chiếu sáng và thiết bị sưởi ấm sử dụng năng lượng mặt trời này sẽ là nơi để các vị khách du lịch dừng chân nghỉ ngơi. Ngoài ra, căn lều còn được trang bị nhiều tiện nghi độc đáo khác.

Trong hội trại đêm hè diễn ra nhân dịp Festival âm nhạc được tổ chức tại Mỹ, người chủ sở hữu căn lều này không thể tìm được trại của mình trong đám đông, ông đã tận dụng tính năng vô cùng độc đáo của chiếc lều ứng dụng năng lượng mặt trời, đó là gửi một tin nhắn kích hoạt bằng điện

thoại di động đến số điện thoại gắn trong lều để bật hệ thống đèn chiếu sáng tự động của căn lều. Nhờ đó, người chủ này đã dễ dàng tìm ra vị trí căn lều đặc biệt của mình trước sự ngạc nhiên của những người chứng kiến.

**Siêu ô tô chạy bằng năng lượng mặt trời**



Là sản phẩm của các nhà sản xuất ô tô Thụy Sĩ từng được trưng bày trong triển lãm xe ô tô tại Geneva. Chiếc ô tô này được phủ bởi một lớp film quang điện mỏng cho phép hấp thụ năng lượng từ mặt trời và có thể giúp nó vận hành liên tục trong 20 phút.

Tuy chỉ có thể tích trữ và cung cấp năng lượng trong một thời gian ngắn, song loại xe được đánh giá là thân thiện với môi trường này đang được các nhà khoa học tại nhiều quốc gia trên thế giới nghiên cứu phát triển.



# Năng lượng hạt nhân

Bách khoa toàn thư mở Wikipedia

Bước tới: [menu](#), [tìm kiếm](#)



[Nhà máy điện hạt nhân Ikata](#), [lò phản ứng nước áp lực](#) làm lạnh bằng chất lỏng trao đổi nhiệt thứ cấp với đại dương.



[Trạm phát điện hơi nước Susquehanna](#), [lò phản ứng hơi nước](#). Các lò phản ứng được đặt trong các [tòa nhà bảo vệ](#) hình chữ nhật phía trước các [tháp làm lạnh](#).



Ba loại tàu năng lượng hạt nhân, từ trên xuống là: du thuyền [USS Bainbridge](#) và [USS Long Beach](#) với [USS Enterprise](#) là [hàng không mẫu hạm](#) vận hành bằng năng lượng hạt nhân đầu tiên năm 1964. Các thủy thủ vẽ công thức  $E=mc^2$  của [Einstein](#) lên sàn tàu.

**Năng lượng hạt nhân** là một loại [công nghệ hạt nhân](#) được thiết kế để tách [năng lượng](#) hữu ích từ [hạt nhân nguyên tử](#) thông qua các [lò phản ứng hạt nhân](#) có kiểm soát. Phương pháp duy nhất được sử dụng hiện nay là [phân hạch hạt nhân](#), mặc dù các phương pháp khác có thể bao gồm [tổng hợp hạt nhân](#) và [phân rã phóng xạ](#). Tất cả các lò phản ứng với nhiều kích thước và mục đích sử dụng khác nhau<sup>[1]</sup> đều dùng nước được nung nóng để tạo ra hơi nước và sau đó được chuyển thành cơ năng để phát [điện](#) hoặc tạo [lực đẩy](#). Năm 2007, 14% lượng điện trên thế giới được sản xuất từ năng lượng hạt nhân. Có hơn 150 tàu chạy bằng năng lượng hạt nhân và một vài [tên lửa đồng vị phóng xạ](#) đã được sản xuất.

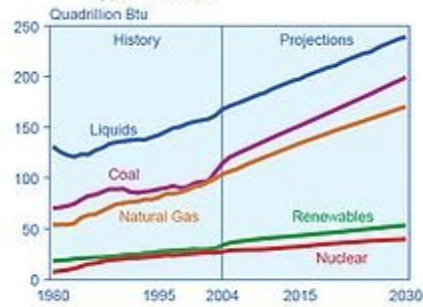
## Mục lục

[\[ân\]](#)

- [1 Sử dụng](#)
- [2 Lịch sử](#)
  - [2.1 Nguồn gốc](#)
  - [2.2 Những năm trước đây](#)
  - [2.3 Sự phát triển](#)
- [3 Kinh tế](#)
- [4 Triển vọng](#)
- [5 Công nghệ lò phản ứng hạt nhân](#)
- [6 Tuổi thọ](#)
  - [6.1 Các nguồn nguyên liệu truyền thống](#)
    - [6.1.1 Breeding](#)
    - [6.1.2 Tổng hợp](#)
  - [6.2 Nước](#)
  - [6.3 Chất thải phóng xạ](#)
    - [6.3.1 Chất thải phóng xạ cao](#)
    - [6.3.2 Chất thải phóng xạ thấp](#)
    - [6.3.3 Chất thải phóng xạ và chất thải công nghiệp độc hại](#)
  - [6.4 Tái xử lý](#)
    - [6.4.1 Tách Urani](#)
- [7 Tranh luận về sử dụng năng lượng hạt nhân](#)
- [8 Xem thêm](#)
- [9 Tham khảo](#)
- [10 Liên kết ngoài](#)
  - [10.1 Trang web thông tin hạt nhân](#)
  - [10.2 Phản đối](#)
  - [10.3 Ủng hộ](#)

**[\[sửa\]](#) Sử dụng**

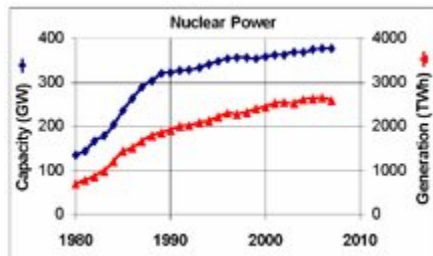
Figure 4. World Marketed Energy Use by Fuel Type, 1980-2030



Sources: **History:** Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). **Projections:** EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2007).



Lịch sử và dự án sử dụng năng lượng trên thế giới phân theo nguồn năng lượng giai đoạn 1980-2030, Nguồn: International Energy Outlook 2007, Cục Thông tin Năng lượng Hoa Kỳ (EIA).



Công suất lắp đặt và phát điện từ năng lượng hạt nhân, 1980 - 2007 (EIA).



Hiện trạng sử dụng năng lượng hạt nhân toàn cầu. Nhấn vào hình để xem chú dẫn.

Xem thêm: [Năng lượng hạt nhân theo quốc gia](#) và [Danh sách các lò phản ứng hạt nhân](#)

Đến năm 2005, năng lượng hạt nhân cung cấp 2,1% nhu cầu năng lượng của thế giới và chiếm khoảng 15% sản lượng điện thế giới, trong khi đó chỉ tính riêng [Hoa Kỳ](#), [Pháp](#), và [Nhật Bản](#) sản lượng điện từ hạt nhân chiếm 56,5% tổng nhu cầu điện của ba nước này<sup>[2]</sup>. Đến năm 2007, theo báo cáo của [Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế](#) (IAEA) có 439 lò phản ứng hạt nhân đang hoạt động trên thế giới<sup>[3]</sup>, thuộc 31 quốc gia<sup>[4]</sup>.

Năm 2007, sản lượng điện hạt nhân trên thế giới giảm xuống còn 14%. Theo [IAEA](#), nguyên nhân chính của sự sụt giảm này là do một trận động đất xảy ra vào ngày [16 tháng 7](#) năm [2007](#) ở phía tây Nhật Bản, làm cho nước này ngưng tất cả 7 lò phản ứng của [nhà máy điện hạt nhân Kashiwazaki-Kariwa](#). Một vài nguyên nhân khác như "ngưng hoạt động bất thường" do thiếu nhiên liệu đã xảy ra ở Hàn Quốc và Đức. Thêm vào đó là sự

gia tăng [hệ số tải](#) của các lò phản ứng để đáp ứng nhu cầu sử dụng chỉ diễn ra trong một thời gian ngắn (cao điểm)<sup>[5]</sup>.

Hoa Kỳ sản xuất nhiều năng lượng hạt nhân nhất cung cấp 19%<sup>[6]</sup> lượng điện tiêu thụ, trong khi đó tỷ lệ điện hạt nhân của Pháp là cao nhất trong sản lượng điện của nước này đạt 78% vào năm 2006<sup>[7]</sup>. Trong toàn [Liên minh châu Âu](#), năng lượng hạt nhân cung cấp 30% nhu cầu điện<sup>[8]</sup>. [Chính sách năng lượng hạt nhân](#) có sự khác biệt giữa các quốc gia thuộc Liên minh châu Âu, và một vài quốc gia khác như [Úc](#), [Estonia](#), và [Ireland](#), không có các trạm năng lượng hạt nhân hoạt động. Khi so sánh với các quốc gia khác thì Pháp có nhiều nhà máy điện hạt nhân, tổng cộng là 16 tổ hợp đang sử dụng.

Ở Hoa Kỳ, khi công nghiệp phát điện từ than và khí được quy hoạch đạt khoảng 85 tỷ đô la Mỹ vào năm 2013, thì các nhà máy phát điện hạt nhân được dự đoán đạt khoảng 18 triệu đô la Mỹ<sup>[9]</sup>.

Bên cạnh đó, một số tàu quân sự và dân dụng (như [tàu phá băng](#)) sử dụng [động cơ đẩy hạt nhân biển](#), một dạng của [động cơ đẩy hạt nhân](#)<sup>[10]</sup>. Một vài động cơ đẩy không gian được phóng lên sử dụng các [lò phản ứng hạt nhân](#) có đầy đủ chức năng: loạt tên lửa của Liên Xô [RORSAT](#) và [SNAP-10A](#) của Hoa Kỳ.

Trên phạm vi toàn cầu, việc hợp tác nghiên cứu quốc tế đang tiếp tục triển khai để nâng cao độ an toàn của việc sản xuất và sử dụng năng lượng hạt nhân như các nhà máy [an toàn bị động](#)<sup>[11]</sup>, sử dụng [phản ứng tổng hợp hạt nhân](#), và sử dụng nhiệt của quá trình như trong [sản xuất hydro](#) để [loc nước biển](#), và trong hệ thống [sưởi khu vực](#).

## [\[sửa\]](#) Lịch sử

### [\[sửa\]](#) Nguồn gốc

[Phản ứng phân hạch hạt nhân](#) được [Enrico Fermi](#) thực hiện hành công vào năm 1934 khi nhóm của ông dùng neutron bắn phá hạt nhân [uranium](#)<sup>[12]</sup>. Năm 1938, các nhà hóa học người Đức là [Otto Hahn](#)<sup>[13]</sup> và [Fritz Strassmann](#), cùng với các nhà vật lý người Úc [Lise Meitner](#)<sup>[14]</sup> và [Otto Robert Frisch](#) cháu của Meitner<sup>[15]</sup>, đã thực hiện các thí nghiệm tạo ra các sản phẩm của urani sau khi bị neutron bắn phá. Họ xác định rằng các neutron tương đối nhỏ có thể cắt các hạt nhân của các nguyên tử urani lớn thành hai phần khá bằng nhau, và đây là một kết quả đáng ngạc nhiên. Rất nhiều nhà khoa học, trong đó có [Leo Szilard](#) là một trong những người đầu tiên nhận thấy rằng nếu các phản ứng phân hạch sinh ra thêm neutron, thì một [phản ứng hạt nhân dây chuyền](#) kéo dài là có thể tạo ra được. Các nhà khoa học tâm đắc điều này ở một số quốc gia (như Hoa Kỳ, Vương quốc Anh, Pháp, Đức và Liên Xô) đã đề nghị với chính phủ của họ ủng hộ việc nghiên cứu phản ứng phân hạch hạt nhân.

Tại Hoa Kỳ, nơi mà Fermi và Szilard di cư đến đây, những kiến nghị trên đã dẫn đến sự ra đời của lò phản ứng đầu tiên mang tên [Chicago Pile-1](#), đạt được [khối lượng tới hạn](#) vào ngày [2 tháng 12](#) năm [1942](#). Công trình này trở thành một phần của [dự án Manhattan](#), là một dự án xây dựng các lò phản ứng lớn ở [Hanford Site](#) (thành phố trước đây của

[Hanford, Washington](#)) để làm giàu [plutoni](#) sử dụng trong các [vũ khí hạt nhân](#) đầu tiên được thả xuống các thành phố [Hiroshima](#) và [Nagasaki](#) ở Nhật Bản. Việc cố gắng [làm giàu urani](#) song song cũng được tiến hành trong thời gian đó.

Sau [thế chiến thứ 2](#), mối đe dọa về việc nghiên cứu lò phản ứng hạt nhân có thể là nguyên nhân thúc đẩy việc phổ biến công nghệ và vũ khí hạt nhân nhanh chóng<sup>[[cần dẫn nguồn](#)]</sup>, kết hợp với những điều mà các nhà khoa học nghĩ, có thể là một đoạn đường phát triển dài để tạo ra bối cảnh mà theo đó việc nghiên cứu lò phản ứng phải được đặt dưới sự kiểm soát và phân loại chặt chẽ của chính phủ. Thêm vào đó, hầu hết việc nghiên cứu lò phản ứng tập trung chủ yếu vào các mục đích quân sự. Trên thực tế, không có gì là bí mật đối với công nghệ, và sau đó sinh ra một số nhánh nghiên cứu khi quân đội Hoa Kỳ từ chối tuân theo đề nghị của cộng đồng khoa học tại đất nước này trong việc mở rộng hợp tác quốc tế nhằm chia sẻ thông tin và kiểm soát các vật liệu hạt nhân. Năm 2006, các vấn đề này đã trở nên khép kín với Hội Năng lượng Hạt nhân Toàn cầu.

Điện được sản xuất đầu tiên từ lò phản ứng hạt nhân thực nghiệm [EBR-I](#) vào ngày 20 tháng 12 năm 1951 tại [Arco, Idaho](#), với công suất ban đầu đạt khoảng 100 kW (lò phản ứng Arco cũng là lò đầu tiên thí nghiệm về [làm lạnh từng phần](#) năm 1955). Năm 1952, một bản báo cáo của Hội đồng Paley (*Hội đồng Chính sách Nguyên liệu của Tổng thống*) cho Tổng thống [Harry Truman](#) đưa ra một đánh giá "tương đối bi quan" về năng lượng hạt nhân, và kêu gọi chuyển hướng nghiên cứu sang lĩnh vực [năng lượng Mặt Trời](#)<sup>[[16](#)]</sup>. Bài phát biểu tháng 12 năm 1953 của Tổng thống [Dwight Eisenhower](#), nói về "[nguyên tử vì hòa bình](#)," nhấn mạnh việc khai thác nguyên tử để sản xuất điện và tạo một tiền lệ hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ Hoa Kỳ cho việc sử dụng năng lượng hạt nhân trên toàn cầu.

## **[sửa]** Những năm trước đây

Tập tin:Calderhall.jpeg

[Calder Hall](#) nuclear power station in the [United Kingdom](#) was the world's first nuclear power station to produce electricity in commercial quantities.<sup>[[17](#)]</sup>



[Trạm năng lượng nguyên tử Shippingport](#) trên [Shippingport, Pennsylvania](#) là lò phản ứng thương mại đầu tiên ở Hoa Kỳ và được vận hành năm 1957.

Ngày [27 tháng 6](#) năm [1954](#), [nhà máy điện hạt nhân Obninsk](#) của [Liên Xô](#) trở thành nhà máy điện hạt nhân đầu tiên trên thế giới sản xuất điện hòa vào [mạng lưới](#) với công suất không tải khoảng 5 MW điện.<sup>[[18](#)][[19](#)]</sup>

Sau đó vào năm 1954, [Lewis Strauss](#) chủ tịch Ủy ban Năng lượng Nguyên tử Hoa Kỳ (U.S. AEC là tên gọi trước đây của Ủy ban Điều phối Hạt nhân Hoa Kỳ (*Nuclear Regulatory Commission*) và Bộ Năng lượng Hoa Kỳ) nói về điện trong tương lai sẽ "too cheap to meter"<sup>[20]</sup> (quá rẻ để sử dụng). U.S. AEC đã đưa ra một vài bằng chứng để đặt đề cập đến vấn đề phân hạch hạt nhân lên Quốc Hội Hoa Kỳ chỉ trong vòng vài tháng trước đó, quy hoạch rằng "các chi phí có thể bị cắt giảm ... [xuống] ... khoảng bằng với chi phí phát điện từ các nguồn truyền thống...". Strauss lúc đó có thể đang mập mờ đề cập đến sự hợp hạch hydro vốn là một bí mật vào thời điểm đó hơn là sự phân hạch urani, nhưng dù gì chẳng nữa ý định của Strauss đã được làm sáng tỏ bởi cộng đồng với lời hứa giá năng lượng rất rẻ từ phân hạch hạt nhân. Sự thất vọng đã gia tăng sau đó khi các nhà máy điện hạt nhân không cung cấp năng lượng đủ để đạt được mục tiêu "too cheap to meter."<sup>[21]</sup>

Năm 1955 "Hội nghị Geneva đầu tiên" của Liên Hiệp Quốc tập hợp phần lớn các nhà khoa học và kỹ sư bàn về khám phá công nghệ. Năm 1957 EURATOM thành lập Cộng đồng Kinh tế châu Âu (bây giờ là Liên minh châu Âu). Cũng cùng năm này cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế cũng được thành lập.

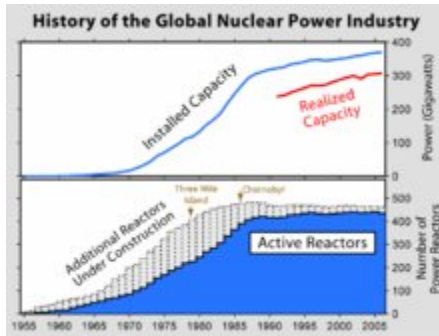
Nhà máy năng lượng nguyên tử thương mại đầu tiên trên thế giới, [Calder Hall](#) tại [Sellafield](#), England được khai trương vào năm 1956 với công suất ban đầu là 50 MW (sau này nâng lên 200 MW).<sup>[17][22]</sup> Còn nhà máy phát điện thương mại đầu tiên vận hành ở Hoa Kỳ là lò phản ứng [Shippingport](#) (Pennsylvania, tháng 12 năm 1957).

Một trong những tổ chức đầu tiên phát triển năng lượng hạt nhân là Hải quân Hoa Kỳ, họ sử dụng năng lượng này trong các bộ phận đẩy của tàu ngầm và hàng không mẫu hạm. Nó được ghi nhận là an toàn hạt nhân, có lẽ vì các yêu cầu nghiêm ngặt của đô đốc [Hyman G. Rickover](#). Hải quân Hoa Kỳ vận hành nhiều lò phản ứng hạt nhân hơn các đội quân khác bao gồm cả quân đội Liên Xô,<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> mà không có các tình tiết chính được công khai. Tàu ngầm chạy bằng năng lượng hạt nhân đầu tiên [USS Nautilus \(SSN-571\)](#) được hạ thủy tháng 12 năm 1954<sup>[23]</sup>. Hai tàu ngầm của Hoa Kỳ khác là [USS Scorpion](#) và [USS Thresher](#) đã bị mất trên biển. Hai tàu này bị mất do hỏng các chức năng hệ thống liên quan đến các lò phản ứng. Những vị trí này được giám sát và không ai biết sự rò rỉ xảy ra từ các lò phản ứng trên boong.

Quân đội Hoa Kỳ cũng có chương trình năng lượng hạt nhân bắt đầu từ năm 1954. Nhà máy điện hạt nhân SM-1, ở Ft. Belvoir, Va., là lò phản ứng đầu tiên ở Hoa Kỳ sản xuất điện hòa vào mạng lưới thương mại (VEPCO) tháng 4 năm 1957, trước Shippingport.

Enrico Fermi và [Leó Szilárd](#) vào năm 1955 cùng nhận [Bằng sáng chế Hoa Kỳ số 2.708.656](#) về lò phản ứng hạt nhân, được cấp rất muộn cho công trình của họ đã thực hiện trong suốt dự án Manhattan.

**[sửa]** Sự phát triển



Lịch sử sử dụng năng lượng hạt nhân (trên) và số lượng các nhà máy điện hạt nhân hoạt động.

Công suất lắp đặt hạt nhân tăng tương đối nhanh chóng từ dưới 1 [gigawatt](#) (GW) năm 1960 đến 100 GW vào cuối thập niên 1970, và 300 GW vào cuối thập niên 1980. Kể từ cuối thập niên 1980 công suất toàn cầu tăng một cách chậm chạp và đạt 366 GW năm 2005. Giữa khoảng thời gian 1970 và 1990, có hơn 50 GW công suất đang trong quá trình xây dựng (đạt đỉnh trên 150 GW vào cuối thập niên 1970 đầu 1980) — năm 2005 có khoảng 25 GW công suất được quy hoạch. Hơn 2/3 các nhà máy hạt nhân được đặt hàng sau tháng 1 năm 1970 cuối cùng đã bị hủy bỏ. [\[23\]](#)



[Hệ thống cung cấp năng lượng công cộng Washington](#) Các nhà máy điện hạt nhân số 3 và 5 không bao giờ được hoàn thành.

Trong suốt thập niên 1970 và 1980 việc tăng chi phí (liên quan đến các giai đoạn xây dựng mở rộng do các thay đổi về mặt cơ chế và sự kiện tụng của các nhóm phản đối) [\[24\]](#) và giảm giá nhiên liệu hóa thạch làm cho các nhà máy năng lượng hạt nhân trong giai đoạn xây dựng không còn sức hấp dẫn. Vào thập niên 1980 (Hoa Kỳ) và 1990 (châu Âu), sự tăng trưởng tải lượng điện đạt ngưỡng và [tự do hóa điện năng](#) cũng bổ sung thêm một lượng lớn công suất tối thiểu mới vốn đã trở nên không còn hấp dẫn nữa.

Cuộc [khủng hoảng dầu hỏa năm 1973](#) tác động đến nhiều quốc gia nặng nhất là Pháp và Nhật Bản vốn là những nước phụ thuộc phần lớn vào lượng dầu hỏa để phát điện (tương ứng 39% ở Pháp và 73% ở Nhật) và đây cũng là động lực để các nước này đầu tư vào năng lượng hạt nhân [\[25\]\[26\]](#). Ngày nay, lượng điện từ năng lượng hạt nhân ở Pháp chiếm 80% và ở Nhật Bản là 30% trong sản lượng điện của các nước này.

Sự chuyển dịch của việc gia tăng sử dụng năng lượng hạt nhân trong cuối thế kỷ 20 xuất phát từ những lo sợ về các [tai nạn hạt nhân](#) tiềm ẩn như mức độ nghiêm trọng của các vụ tai nạn, [bức xạ](#) như mức độ ảnh hưởng của bức xạ ra cộng đồng, [phát triển hạt nhân](#), và ngược lại, đối với [chất thải hạt nhân](#) vẫn còn thiếu các dự án chứa chất thải sau cùng. Những rủi ro trước mắt đối với sức khỏe và an toàn của dân chúng như tai nạn năm [1979](#) tại [Three Mile Island](#) và [thảm họa Chernobyl](#) năm [1986](#) là vấn đề quan trọng thúc đẩy việc ngừng xây dựng các nhà máy điện hạt nhân mới ở một số quốc gia<sup>[27]</sup>, mặc dù các tổ chức chính sách công cộng Brookings Institution đề nghị rằng các lò phản ứng hạt nhân mới không được đặt hàng ở Hoa Kỳ bởi vì việc nghiên cứu của Viện này bao gồm phần chi phí chiếm 15–30% tuổi thọ của nó so với các nhà máy điện chạy bằng than và khí thiên nhiên<sup>[28]</sup>.

Không giống như tai nạn Three Mile Island, thảm họa Chernobyl nghiêm trọng hơn nhiều đã không làm tăng thêm các điều lệ ảnh hưởng đến các lò phản ứng phương Tây kể từ khi các lò phản ứng Chernobyl, là lò phản ứng theo thiết kế [RBMK](#), vẫn còn bàn cãi chỉ sử dụng ở Liên Xô, ví dụ như thiếu các [tòa nhà chống phóng xạ](#) "vững vàng".<sup>[29]</sup> Một số lò phản ứng kiểu này vẫn được sử dụng cho đến ngày nay. Tuy nhiên, các thay đổi cũng đã được thực hiện ở các khâu phản ứng (sử dụng urani được làm giàu thấp) và hệ thống điều khiển (ngăn chặn sự vô hiệu hóa hệ thống an toàn) để giảm khả năng xuất hiện các tai nạn tương tự.

Sau đó, tổ chức quốc tế về nâng cao độ nhận thức an toàn và sự phát triển chuyên nghiệp trong vận hành các chức năng liên quan đến hạt nhân được thành lập với tên gọi [WANO](#); World Association of Nuclear Operators.

Ngược lại, các nước như [Ireland](#), New Zealand và [Ba Lan](#) đã cấm các chương trình hạt nhân trong khi [Úc](#) (1978), [Thụy Điển](#) (1980) and [Ý](#) (1987) (bị ảnh hưởng bởi Chernobyl) đã thực hiện trung cầu dân ý bỏ phiếu chống lại năng lượng hạt nhân.

## [\[sửa\]](#) Kinh tế

*Bài chi tiết: [Kinh tế và nhà máy điện hạt nhân mới](#)  
Xem thêm tranh cãi về năng lượng hạt nhân.*

Đặc điểm kinh tế của các nhà máy hạt nhân mới thường bị ảnh hưởng bởi chi phí đầu tư ban đầu. Tuy vậy, sẽ mang lại nhiều lợi nhuận hơn khi vận hành chúng càng lâu dài càng có thể cho đến khi chúng có khuynh hướng giảm công suất<sup>[30]</sup>. Việc so sánh giá trị kinh tế của nhà máy hạt nhân so với các nguồn khác được đề cập ở bài chi tiết về [tranh cãi về năng lượng hạt nhân](#).

## [\[sửa\]](#) Triển vọng





[Nhà máy điện hạt nhân Diablo Canyon](#) ở San Luis Obispo County, California, Hoa Kỳ

Xem thêm: [Chính sách năng lượng hạt nhân](#) và [Giảm thiểu sự ấm lên toàn cầu](#)

Năm 2007, [Watts Bar 1](#), đã hòa vào mạng lưới ngày 7 tháng 2 năm 1996, là lò phản ứng hạt nhân thương mại cuối cùng của Hoa Kỳ hòa vào lưới điện. Đây là một "dấu hiệu" của một chiến dịch thành công trên toàn cầu nhằm từng bước loại bỏ năng lượng hạt nhân. Tuy nhiên, thậm chí ở Hoa Kỳ và ở châu Âu, việc đầu tư nghiên cứu và [chu trình nguyên liệu hạt nhân](#) vẫn tiếp tục, và theo dự đoán của một số chuyên gia về công nghiệp hạt nhân<sup>[31]</sup> cho rằng [khủng hoảng điện năng](#) sẽ làm giá nhiên liệu hóa thạch sẽ tăng, sự [ấm lên toàn cầu](#) và phát thải kim loại nặng từ việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch, các công nghệ mới như các nhà máy [an toàn thu động](#), và an ninh năng lượng quốc gia sẽ làm sống lại nhu cầu sử dụng các nhà máy điện hạt nhân.

Theo [Tổ chức Hạt nhân Thế giới](#), nhìn trên góc độ toàn cầu trong suốt thập niên 1980 cứ trung bình 17 ngày là có một lò phản ứng hạt nhân mới đưa vào hoạt động, và tỷ lệ đó có thể sẽ tăng lên 5 ngày vào năm 2015.<sup>[32]</sup>

Một số quốc gia vẫn duy trì hoạt động phát triển năng lượng hạt nhân như Pakistan, Nhật Bản, Trung Quốc, và Ấn Độ, tất cả đều đang phát triển công nghệ nhiệt và neutron nhanh, Hàn Quốc (Nam Hàn) và Hoa Kỳ chỉ phát triển công nghệ nhiệt, Nam Phi và Trung Quốc đang phát triển các phiên bản [Lò phản ứng modun đáy cuối](#) (PBMR). Một số thành viên của Liên minh châu Âu thuyết phục thúc đẩy các chương trình hạt nhân, trong khi các thành viên khác vẫn tiếp tục cấm sử dụng năng lượng hạt nhân. Nhật Bản có một chương trình xây dựng hạt nhân còn hoạt động với một lò phản ứng mới được hòa vào mạng lưới năm 2005. Ở Hoa Kỳ, 3 côngxoocxiom hưởng ứng vào năm 2004 về những thúc giục của [Bộ Năng lượng Hoa Kỳ](#) trong [chương trình năng lượng hạt nhân 2010](#) và được trao chi phí cho hoạt động này — [Hành động chính sách năng lượng 2005](#) được ủy quyền bảo lãnh các khoản vay để xây dựng khoảng 6 lò phản ứng mới và cho phép Bộ Năng lượng xây dựng một lò phản ứng theo công nghệ Thế hệ IV [lò phản ứng nhiệt độ rất cao](#) để sản xuất cả điện năng và [thủy điện](#). Vào đầu thế kỷ 21, năng lượng hạt nhân có một sức hấp dẫn đặc biệt đối với Trung Quốc và Ấn Độ theo công nghệ [lò phản ứng breeder nhanh](#) vì nguồn năng lượng này giúp họ phát triển kinh tế một cách nhanh chóng (xem thêm [phát triển năng lượng](#)). Trong [chính sách năng lượng của Liên hiệp Vương quốc Anh](#) cũng nêu rằng có sự sụt giảm cung cấp năng lượng trong tương lai, để bù đắp vào sự thiếu hụt đó hoặc là xây dựng các nhà máy năng lượng hạt nhân mới hoặc là kéo dài tuổi thọ của các nhà máy hiện tại.<sup>[[cần dẫn nguồn](#)]</sup>

Một trở ngại trong việc sản xuất các nhà máy điện hạt nhân là chỉ có 4 công ty toàn cầu ([Japan Steel Works](#), China First Industries, OMX Izhora và Doosan Heavy Industries) có khả năng sản xuất các vỏ bọc <sup>[33]</sup>, bộ phận này có chức năng làm giảm rủi ro rò rỉ hạt nhân. Japan Steel Works chỉ có thể sản xuất 4 vỏ bọc lò phản ứng 1 năm, tuy nhiên sản lượng có thể tăng lên gấp đôi trong 2 năm tới. Các nhà sản xuất khác đang xem xét những lựa chọn khác nhau bao gồm cả việc tự làm các bộ phận của lò phản ứng cho riêng họ hoặc tìm kiếm cách khác để làm những bộ phận tương tự bằng cách sử dụng các phương pháp thay thế. <sup>[34]</sup> Các giải pháp khác bao gồm việc sử dụng các mẫu thiết kế không đòi hỏi các lớp vỏ bọc chịu áp suất riêng biệt như ở [lò phản ứng CANDU cải tiến](#), Canada hoặc [lò phản ứng nhanh làm lạnh bằng natri](#).

Các công ty khác có thể làm những xưởng luyện kim lớn đòi hỏi các vỏ bọc chịu áp suất như [OMZ](#) của Nga, là loại đang được nâng cấp có thể sản xuất từ 3 đến 4 vỏ bọc một năm; <sup>[35]</sup> [Doosan Heavy Industries Hàn Quốc](#); <sup>[36][37]</sup> và [Mitsubishi Heavy Industries](#) đang tăng công suất sản xuất các vỏ bọc chịu áp lực và các bộ phận lò hạt nhân lớn khác lên gấp đôi. <sup>[38]</sup> [Sheffield Forgemasters](#) của Anh đang đánh giá lợi nhuận của việc chế tạo các công cụ này đối với xưởng đúc vật liệu hạt nhân.

Theo báo cáo năm 2007 của tổ chức, [European Greens](#), chống hạt nhân tuyên bố rằng "thậm chí nếu Phần Lan và Pháp xây dựng một lò phản ứng nước áp lực kiểu châu Âu (EPR), thì Trung Quốc đã khởi động xây dựng thêm 20 nhà máy và Nhật Bản, Hàn Quốc hoặc đồng Âu sẽ thêm 1 hoặc hơn. Xu hướng chung trên toàn cầu về công suất năng lượng hạt nhân sẽ giảm trong vòng 2 đến 3 thập kỷ tới vì với khoảng thời gian dài từ hàng chục năm để xây dựng xong một nhà máy hạt nhân, nên về mặt thực tế thì khó có thể tăng sản lượng thậm chí duy trì vận hành các nhà máy hiện tại cho tới 20 năm tới, trừ khi tuổi thọ của các nhà máy có thể được tăng lên trên mức trung bình là 40 năm." <sup>[39]</sup> Thực tế, Trung Quốc lên kế hoạch xây dựng hơn 100 nhà máy, <sup>[40]</sup> trong khi ở Hoa Kỳ giấy phép của gần phân nửa các lò phản ứng đã được gia hạn đến 60 năm, <sup>[41]</sup> và các dự án xây mới 30 lò phản ứng đang được xem xét. <sup>[42]</sup> Hơn thế, U.S. NRC và Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đã bước đầu đặt vấn đề cho phép gia hạn giấy phép lò phản ứng hạt nhân lên 60 năm, cấp lại cứ sau mỗi 20 năm nhưng phải chứng minh được độ an toàn, giảm tải phát thải chất không phải CO<sub>2</sub> từ các lò phản ứng hết tuổi thọ. Các lò này có thể góp phần vào cung cầu điện đang mất cân bằng nhằm phục vụ cho yêu cầu an toàn năng lượng Hoa Kỳ, nhưng có khả năng gia tăng phát thải [khí nhà kính](#). <sup>[43]</sup> Năm 2008, [IAEA](#) dự đoán rằng công suất điện hạt nhân có thể tăng gấp đôi vào năm 2030, mặc dù nó không đủ để tăng tỷ lệ điện hạt nhân trong ngành điện. <sup>[44]</sup>

## **[sửa]** Công nghệ lò phản ứng hạt nhân

Bài chi tiết: [Công nghệ lò phản ứng hạt nhân](#)





## [Nhà máy năng lượng hạt nhân Cattenom.](#)

Cũng giống như một số [trạm năng lượng nhiệt](#) phát điện bằng [nhiệt năng](#) từ việc đốt [nhiên liệu hóa thạch](#), các nhà máy năng lượng hạt nhân biến đổi năng lượng giải phóng từ hạt nhân nguyên tử thông qua [phản ứng phân hạch](#).

Khi một [hạt nhân nguyên tử](#) dùng để [phân hạch](#) tương đối lớn (thường là [urani 235](#) hoặc [plutoni-239](#)) hấp thụ [notron](#) sẽ tạo ra sự phân hạch nguyên tử. Quá trình phân hạch tách nguyên tử thành 2 hay nhiều [hạt nhân](#) nhỏ hơn kèm theo [động năng](#) (hay còn gọi là [sản phẩm phân hạch](#)) và cũng giải phóng [tia phóng xạ gamma](#) và [notron tự do](#).<sup>[45]</sup> Một phần notron tự do này sau đó được hấp thụ bởi các nguyên tử phân hạch khác và tiếp tục tạo ra nhiều notron hơn.<sup>[46]</sup> Đây là phản ứng tạo ra notron theo cấp số nhân.

[Phản ứng dây chuyền hạt nhân](#) này có thể được kiểm soát bằng cách sử dụng chất [hấp thụ notron](#) và bộ [điều hòa notron](#) để thay đổi tỷ lệ notron tham gia vào các phản ứng phân hạch tiếp theo.<sup>[46]</sup> Các lò phản ứng hạt nhân hầu hết có các hệ thống vận hành bằng tay và tự động để tắt phản ứng phân hạch khi phát hiện các điều kiện không an toàn.<sup>[47]</sup>

Hệ thống làm lạnh giải phóng nhiệt từ lõi lò phản ứng và vận chuyển nhiệt đến bộ phận phát điện từ nhiệt năng này hoặc sử dụng vào những mục đích khác. Đặc biệt chất làm lạnh nóng là nguồn nhiệt sẽ được dùng cho các [lò nung](#), và hơi nước nén từ lò nung sẽ làm quay các [tuốc bin hơi nước](#) vận hành các [máy phát điện](#).<sup>[48]</sup>

Có nhiều kiểu lò phản ứng khác nhau sử dụng các nguyên liệu, chất làm lạnh và các cơ chế vận hành khác nhau. Một vài trong các mẫu này được thiết đạt yêu cầu kỹ thuật. Lò phản ứng dùng trong các [tàu ngầm hạt nhân](#) và các các tàu hải quân lớn, ví dụ, thường sử dụng nhiên liệu [urani được làm giàu rất cao](#). Việc sử dụng nguyên liệu urani làm giàu rất cao sẽ làm tăng mật độ năng lượng của lò phản ứng và gia tăng hệ số sử dụng của tải lượng nhiên liệu hạt nhân, nhưng giá của nó đắt và có nhiều rủi ro hơn so với các nguyên liệu hạt nhân khác.<sup>[49]</sup>

Một số kiểu lò phản ứng mới dùng cho các nhà máy điện hạt nhân, như các [lò phản ứng hạt nhân thế hệ IV](#), là đối tượng nghiên cứu và có thể được sử dụng để thí nghiệm phát điện trong tương lai. Một vài trong số các kiểu mới này đang được thiết kế để đạt được các phản ứng phân hạch sạch hơn, an toàn hơn và ít rủi ro hơn đối với sự gia tăng nhanh chóng các vũ khí hạt nhân. Các nhà máy [an toàn thụ động](#) (như [lò phản ứng ESBWR](#)) đang được xây dựng<sup>[50]</sup> và các kiểu khác đang được thuyết phục.<sup>[51]</sup> Các [lò phản ứng hợp hạch](#) có thể có triển vọng trong tương lai nhằm giảm bớt hoặc loại bỏ những rủi ro liên quan đến phân hạch hạt nhân.<sup>[52]</sup>

## [\[sửa\]](#) Tuổi thọ



**Chu trình nguyên liệu hạt nhân** bắt đầu khi urani được khai thác, làm giàu, và chế tạo thành nguyên liệu hạt nhân, (1) đưa đến [nhà máy năng lượng hạt nhân](#). Sau khi sử dụng ở nhà máy, nguyên liệu đã qua sử dụng được đưa tới nhà máy tái xử lý (2) hoặc kho chứa cuối cùng (3). Trong [quá trình tái xử lý](#) 95% nguyên liệu đã sử dụng có thể được thu hồi để đưa trở lại nhà máy năng lượng (4).

*Bài chi tiết: [Chu trình năng lượng hạt nhân](#)*

Lò phản ứng hạt nhân là một phần trong chu trình năng lượng hạt nhân. Quá trình bắt đầu từ khai thác mỏ (xem [khai thác mỏ urani](#)). Các mỏ urani nằm dưới lòng đất, được khai thác theo phương thức [lộ thiên](#), hoặc các mỏ [đãi tại chỗ](#). Trong bất kỳ trường hợp nào, khi quặng urani được chiết tách, nó thường được chuyển thành dạng ổn định và nén chặt như [bánh vàng](#) (*yellowcake*), và sau đó vận chuyển đến nhà máy xử lý. Ở đây, bánh vàng được chuyển thành [urani hexaflorua](#), loại này sau đó lại được đem đi [làm giàu](#) để sử dụng cho các ngành công nghệ khác nhau. Urani sau khi được làm giàu chứa hơn 0,7% U-235 tự nhiên, được sử dụng để làm [cần nguyên liệu](#) trong lò phản ứng đặc biệt. Các cần nguyên liệu sẽ trải qua khoảng 3 chu trình vận hành (tổng cộng khoảng 6 năm) trong lò phản ứng, về mặt tổng quát chỉ có khoảng 3% lượng urani của nó tham gia vào phản ứng phân hạch, sau đó chúng sẽ được chuyển tới một [hố nguyên liệu đã sử dụng](#), ở đây các đồng vị có tuổi thọ thấp được tạo ra từ phản ứng phân hạch sẽ phân rã. Sau khoảng 5 năm trong hố làm lạnh, nguyên liệu tiêu thụ nguội đi và giảm tính phóng xạ đến mức có thể tách được, và nó được chuyển đến các thùng chứa khô hoặc đem tái xử lý.

## **[sửa] Các nguồn nguyên liệu truyền thống**

*Bài chi tiết: [Thị trường urani](#) và [Phát triển năng lượng hạt nhân](#)*

[Urani](#) là một [nguyên tố](#) khá phổ biến trong vỏ Trái Đất cũng giống như [kẽm](#) hoặc [germani](#), và phổ biến gấp khoảng 35 lần so với [bac](#). Urani là thành phần trong hầu hết các đá và bụi. Thực tế rằng urani quá phân tán là một trở ngại bởi vì khai thác mỏ urani chỉ đạt hiệu quả kinh tế khi nó tập trung hàm lượng cao. Cho đến ngày nay, giá urani có thể thu lợi nhuận đạt khoảng 130 USD/kg, và lượng urani đủ để cung cấp cho các nhà máy hoạt động "ít nhất một thế kỷ" với tốc độ tiêu thụ như hiện nay.<sup>[53][54]</sup> Điều này tương ứng với một mức tài nguyên chắc chắn cao hơn mức bình thường cho hầu hết các khoáng vật.

Điểm giống nhau cơ bản với các khoáng vật kim loại khác đó là giá tăng gấp đôi từ mức được kỳ vọng trong hiện tại có thể tạo ra mức tăng gấp 10 lần đối với tài nguyên đã cân nhắc. Tuy nhiên, giá năng lượng hạt nhân chiếm phần lớn trong công trình nhà máy năng lượng. Vì vậy, đóng góp của nguyên liệu vào giá điện toàn cầu chỉ là một phần tương đối nhỏ, thậm chí giá nhiên liệu leo thang có ảnh hưởng tương đối nhỏ đến giá thành phẩm. Ví dụ, giá urani tăng gấp đôi trên thị trường có thể tăng chi phí nguyên liệu đối với các lò phản ứng nước nhẹ lên 26% và giá điện khoảng 7%, trong khi đó việc tăng gấp đôi giá khí thiên nhiên có thể góp phần làm tăng thêm 70% vào giá điện. Ở mức giá nguyên liệu cao, việc khai thác các nguồn khí trong đá granit và dưới biển sẽ mang lại lợi nhuận.<sup>[55][56]</sup>

Các [lò phản ứng nước nhẹ](#) hiện tại ít bị ảnh hưởng lớn từ nguyên liệu hạt nhân, vì quá trình phân hạch chỉ sử dụng rất ít đồng vị hiếm urani-235. [Tái xử lý hạt nhân](#) có thể sử dụng lại từ nguồn chất thải của lò này và đạt hiệu quả cao hơn đối với những lò được thiết kế sử dụng những nguồn nguyên liệu phổ biến.<sup>[57]</sup>

## [\[sửa\]](#) Breeding

*Bài chi tiết: [Phản ứng Breeder](#)*

Ngược lại với lò phản ứng nước nhẹ hiện nay sử dụng urani-235 (chiếm 0,7% tổng lượng urani tự nhiên), các lò phản ứng fast breeder sử dụng urani-238 (chiếm 99,3% urani tự nhiên). Người ta tính toán rằng lượng urani-238 đủ để sử dụng cho các nhà máy hạt nhân đến 5 tỷ năm.<sup>[58]</sup>

Công nghệ breeder đã được sử dụng cho một số lò phản ứng, nhưng chi phí xử lý nguyên liệu cao đòi hỏi giá urani vượt hơn 200 USD/kg.<sup>[59]</sup> Tháng 12 năm 2005, chỉ có một lò phản ứng loại này hoạt động là lò BN-600 ở Beloyarsk, Nga. Công suất điện đầu ra của nó là 600 MW — Nga cũng đã có kế hoạch xây thêm một lò khác tên BN-800, ở Beloyarsk. Tương tự, lò phản ứng [Monju](#) của Nhật Bản đã được lên kế hoạch để khởi công nhưng đã bị ngừng từ năm 1995, trong khi đó cả Trung Quốc và Ấn Độ cũng dự định xây các lò phản ứng kiểu này.

Một loại lò thay thế khác có thể sử dụng urani-233 sinh ra từ [thori](#) làm nguyên liệu phân hạch trong [chu trình nguyên liệu thori](#). Thori phổ biến hơn urani khoảng 3,5 lần trong vỏ Trái Đất, và có đặc điểm phân bố khác nhau. Nguồn nguyên liệu này sẽ làm tăng lượng nguyên liệu phân hạch lên đến 450%.<sup>[60]</sup> Không giống quá trình biến đổi U-238 thành [plutoni](#), các lò phản ứng fast breeder không cần quy trình này — nó có thể thể hiện một cách đầy đủ hơn so với các nhà máy truyền thống. Ấn Độ đã thấy công nghệ này, khi mà họ có nguồn thori dồi dào hơn urani.

## [\[sửa\]](#) Tổng hợp

Những người ủng hộ [năng lượng hợp hạch](#) đề nghị nên sử dụng [deuterium](#) hoặc [triti](#) là các [đồng vị](#) của [hidro](#), làm nguyên liệu và trong một vài kiểu lò phản ứng hiện nay cũng dùng [lithi](#) và [boron](#). Năng lượng đầu ra của chúng bằng với năng lượng đầu ra hiện tại

trên toàn cầu và nó sẽ không tăng thêm trong tương lai, và các nguồn tài nguyên lithi đã được phát hiện hiện tại có thể cung cấp cho ít nhất 3000 năm nữa, lithi từ nước biển khoảng 60 triệu năm, và quá trình tổng hợp phức tạp hơn chỉ sử dụng deuteri khai thác từ nước biển có thể cung cấp nguyên liệu cho 150 tỉ năm.<sup>[61]</sup> Mặc dù quá trình này chưa trở thành thực tế nhưng các chuyên gia tin rằng tổng hợp hạt nhân là một nguồn năng lượng đầy hứa hẹn trong tương lai vì nó tạo ra các chất thải phóng xạ có thời gian sống ngắn, phát thải cacbon ít.

## **[sửa]** Nước

*Xem thêm: [Nước#Sử dụng trong công nghiệp](#) và [Tác động môi trường của năng lượng hạt nhân](#)*

Cũng giống như tất cả các dạng nhà máy phát điện sử dụng [tuốc bin hơi nước](#), các nhà máy điện hạt nhân sử dụng rất nhiều nước để làm lạnh. [Sellafield](#), nhà máy này không còn sản xuất điện, sử dụng lượng nước tối đa là 18.184,4 m<sup>3</sup> một ngày và 6.637,306 m<sup>3</sup> nước được xử lý từ [nước thải](#) một năm để tạo hơi nước (số liệu từ Environment Agency).<sup>[[cần dẫn nguồn](#)]</sup> Đối với hầu hết các nhà máy điện, 2/3 năng lượng tạo ra từ nhà máy điện hạt nhân trở thành nhiệt không có ích (xem [chu trình Carnot](#)), và lượng nhiệt đó được mang ra khỏi nhà máy ở dạng nước nóng (chúng vẫn không bị nhiễm phóng xạ). Nước giải phóng nhiệt bằng cách đưa vào các tháp làm lạnh ở đó hơi nước bốc lên và đọng sương rồi rơi xuống (mây) hoặc thải trực tiếp vào nguồn nước như ao làm lạnh, hồ, sông hay đại dương.<sup>[62]</sup> Trong trường hợp có hạn hán sẽ là một khó khăn đối với các nhà máy do nguồn cung cấp nước làm lạnh bị cạn kiệt.<sup>[63][64]</sup>

[Nhà máy điện hạt nhân Palo Verde](#) gần [Phoenix](#), AZ là nhà máy phát điện hạt nhân duy nhất không nằm gần nguồn nước lớn. Thay vào đó, nó sử dụng nước thải đã qua xử lý từ các đô thị lân cận để làm nước làm lạnh, với lượng nước thải khoảng 76.000.000 m<sup>3</sup> mỗi năm.<sup>[[cần dẫn nguồn](#)]</sup>

Giống như các nhà máy năng lượng truyền thống, các nhà máy năng lượng hạt nhân tạo ra một lượng lớn nhiệt thừa, nó bị thải ra khỏi [bộ phận ngưng tụ](#) sau khi qua [tuốc bin hơi nước](#). Bộ phận [phát điện kép](#) của các nhà máy có thể tận dụng nguồn nhiệt này theo như đề xuất của [Oak Ridge National Laboratory](#) (ORNL) trong quá trình cộng năng lượng<sup>[65]</sup> để tăng hệ số sử dụng nhiệt. Ví dụ như sử dụng hơi nước từ các nhà máy năng lượng để sản xuất hidro.<sup>[66]</sup>

## **[sửa]** Chất thải phóng xạ

*Xem thêm về nội dung này tại [Chất thải phóng xạ](#).*

Việc lưu giữ và thải chất thải hạt nhân an toàn vẫn còn là một thách thức và chưa có một giải pháp thích hợp. Vấn đề quan trọng nhất là dòng chất thải từ các nhà máy năng lượng hạt nhân là nguyên liệu đã qua sử dụng. Một lò phản ứng công suất lớn tạo ra 3 mét khối (25–30 tấn) nguyên liệu đã qua sử dụng mỗi năm.<sup>[67]</sup> Nó bao gồm urani không chuyển hóa được cũng như một lượng khá lớn các nguyên tử thuộc [nhóm Actini](#) (hầu hết là

[plutoni](#) và [curi](#)). Thêm vào đó, có khoảng 3% là các sản phẩm phân hạch. Nhóm actini (urani, plutoni, và curi) có tính phóng xạ lâu dài, trong khi đó các sản phẩm phân hạch có tính phóng xạ ngắn hơn.<sup>[68]</sup>

## **[sửa]** Chất thải phóng xạ cao

*Xem thêm:* [Chất thải phóng xạ cao](#)

Nguyên liệu đã qua sử dụng có tính phóng xạ rất cao và phải rất thận trọng trong khâu vận chuyển hay tiếp xúc với nó.<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> Tuy nhiên, nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng sẽ giảm khả năng phóng xạ sau hàng ngàn năm. Có khoảng 5% cần nguyên liệu đã phản ứng không thể sử dụng lại được nữa, vì vậy ngày nay các nhà khoa học đang thí nghiệm để tái sử dụng các cần này để giảm lượng chất thải. Trung bình, cứ sau 40 năm, [dòng phóng xạ](#) giảm 99,9% so với thời điểm loại bỏ nguyên liệu đã sử dụng, mặc dù nó vẫn còn phóng xạ nguy hiểm.<sup>[57]</sup>

[Cần nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng](#) được chứa trong các bồn nước chống phóng xạ. Nước có chức năng làm lạnh đối với các sản phẩm phân hạch vẫn còn phân rã và che chắn tia phóng xạ ra môi trường. Sau vài chục năm các bồn chứa trở nên lạnh hơn, nguyên liệu ít phóng xạ hơn sẽ được chuyển đến nơi [chứa khô](#), ở đây nguyên liệu được chứa các thùng bằng thép và bê tông cho đến khi độ phóng xạ của nó giảm một cách tự nhiên ("phân rã") đến mức an toàn đủ để tiếp tục thực hiện các quá trình xử lý khác. Việc chứa tạm thời này kéo dài vài năm, vài chục năm thậm chí cả ngàn năm tùy thuộc vào loại nguyên liệu. Hầu hết các chất thải phóng xạ của Hoa Kỳ hiện tại được chứa ở các vị trí tạm thời có giám sát, trong khi các phương pháp thích hợp cho việc thải vĩnh cửu vẫn đang được bàn luận.

Cho đến năm 2007, Hoa Kỳ thải ra tổng cộng hơn 50,000 tấn nguyên liệu đã qua sử dụng từ các lò phản ứng hạt nhân.<sup>[69]</sup> Phương pháp chứa dưới lòng đất ở [núi Yucca](#) ở Hoa Kỳ đã được đề xuất là cách chôn chất thải vĩnh viễn. Sau 10.000 năm phân rã phóng xạ, theo tiêu chuẩn [Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ](#), nguyên liệu hạt nhân đã qua sử dụng sẽ không còn là mối đe dọa đối với sức khỏe và an toàn của cộng đồng.<sup>[cần dẫn nguồn]</sup>

Lượng chất thải có thể được giảm thiểu bằng nhiều cách, đặc biệt là [tái xử lý](#). Lượng chất thải còn lại sẽ có độ phóng xạ ổn định sau ít nhất 300 năm ngay cả khi loại bỏ các nguyên tố trong nhóm actini, và lên đến hàng ngàn năm nếu chưa loại bỏ các nguyên tố trên. {Fact} Trong trường hợp tách tất cả các nguyên tố trong nhóm actini và sử dụng các lò phản ứng **fast breeder** để phá hủy bằng [sự biến tố](#) một vài nguyên tố không thuộc nhóm actini có tuổi thọ dài hơn, chất thải phải được cách ly với môi trường vài trăm năm, cho nên chất thải này được xếp vào nhóm có tác động lâu dài. Các [lò phản ứng hợp hạch](#) có thể làm giảm số lượng chất thải này.<sup>[70]</sup> Người ta cũng tranh luận rằng giải pháp tốt nhất đối với chất thải hạt nhân là chứa tạm thời trên mặt đất cho đến khi công nghệ phát triển thì các nguồn chất thải này sẽ trở nên có giá trị trong tương lai.

Theo một tin tức trên chương trình năm 2007 phát trên [60 Minutes](#), năng lượng hạt nhân làm cho nước Pháp có không khí sạch nhất trong các quốc gia công nghiệp, và có giá

điện rẽ nhất trong toàn châu Âu.<sup>[71]</sup> Pháp tái xử lý chất thải hạt nhân của họ để giảm lượng chất thải và tạo ra nhiều năng lượng hơn.<sup>[72]</sup> Tuy nhiên, các bài báo vẫn tiếp tục trích như "Ngày nay chúng ta tích trữ các thùng chứa chất thải bởi vì các nhà khoa học hiện tại không biết cách nào để giảm thiểu hoặc loại bỏ chất độc hại, nhưng *có lẽ* 100 năm nữa *có lẽ* các nhà khoa học sẽ... Chất thải hạt nhân là một vấn đề của nhà nước rất khó giải quyết và cũng là vấn đề chung không quốc gia nào có thể giải quyết được. Viễn cảnh hiện tại, đang đi theo gót chân [Asin](#) của ngành công nghiệp hạt nhân ... Nếu Pháp không thể giải quyết được vấn đề này, hãy cầu [Mandil](#), sau đó nói rằng 'Tôi không thấy chúng ta có thể tiếp tục chương trình hạt nhân của mình như thế nào.'<sup>[72]</sup> Xa hơn nữa, việc tái xử lý sẽ lại có những trích khác như theo Hiệp hội Các vấn đề nhà Khoa học quan tâm (*Union of Concerned Scientists*).<sup>[73]</sup>

### **[sửa]** Chất thải phóng xạ thấp

*Xem thêm:* [Chất thải phóng xạ thấp](#)

Ngành công nghiệp hạt nhân cũng tạo ra một lượng lớn các chất thải phóng xạ cấp thấp ở dạng các công cụ bị nhiễm như quần áo, dụng cụ cầm tay, nước làm sạch, máy lọc nước, và các vật liệu xây lò phản ứng. Ở Hoa Kỳ, [Ủy ban điều phối hạt nhân](#) (*Nuclear Regulatory Commission*) đã cố gắng xét lại để cho phép giảm các vật liệu phóng xạ thấp đến mức giống với chất thải thông thường như thải vào bãi thải, tái sử dụng...<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> Hầu hết chất thải phóng xạ thấp có độ phóng xạ rất thấp và người ta chỉ quan tâm đến chất thải phóng xạ liên quan đến mức độ ảnh hưởng lớn của nó.<sup>[74]</sup>

### **[sửa]** Chất thải phóng xạ và chất thải công nghiệp độc hại

Ở các quốc gia có năng lượng hạt nhân, chất thải phóng xạ chiếm ít hơn 1% trong tổng lượng chất thải công nghiệp độc hại, là các chất độc hại trừ khi chúng phân hủy hoặc được xử lý khi đó thì trở nên ít độc hơn hoặc hoàn toàn không độc.<sup>[57]</sup> Nhìn chung, năng lượng hạt nhân tạo ra ít chất thải hơn so với các nhà máy điện chạy bằng nhiên liệu hóa thạch. Các nhà máy đốt [than](#) đặc biệt tạo ra nhiều chất độc hại và một lượng tro phóng xạ mức trung bình do sự tập trung các kim loại xuất hiện trong tự nhiên và các vật liệu phóng xạ có trong than. Ngược lại với những điều mà người ta cho là đúng từ trước đến, năng lượng than thực tế tạo ra nhiều chất thải phóng xạ thải vào môi trường hơn năng lượng hạt nhân. Tính bình quân lượng ảnh hưởng đến dân số từ các nhà máy sử dụng cao gấp 100 lần so với các nhà máy hạt nhân.<sup>[75]</sup>

### **[sửa]** Tái xử lý

*Xem thêm:* [Tái xử lý hạt nhân](#)

Việc tái xử lý có khả năng thu hồi đến 95% từ urani và plutoni còn lại trong nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng, để trộn vào [hỗn hợp nguyên liệu oxit](#) mới. Công đoạn này làm giảm lượng phóng xạ có thời gian phân rã lâu tồn tại trong chất thải, khi tạo ra các sản phẩm phân hạch có thời gian sống ngắn, thể tích của nó giảm đến hơn 90%. Tái xử lý nguyên liệu hạt nhân dân dụng từ các lò phản ứng năng lượng đã được thực hiện trên phạm vi



rộng ở Anh, Pháp và (trước đây) Nga, sắp tới là Trung Quốc và có thể là Ấn Độ, và Nhật Bản đang thực hiện việc mở rộng quy mô trên toàn nước Nhật. Việc xử lý hoàn toàn là không thể thực hiện được bởi vì nó đòi hỏi các [lò phản ứng breeder](#), là loại lò chưa có giá trị thương mại. Pháp được xem là quốc gia khá thành công trong việc tái xử lý chất thải này, nhưng hiện tại chỉ thu hồi được khoảng 28% (về khối lượng) từ nguyên liệu sử dụng hàng năm, 7% trên toàn nước Pháp và 21% ở Nga.<sup>[76]</sup>

Không giống các quốc gia khác, Hoa Kỳ đã dừng tái xử lý dân dụng từ năm 1976 đến năm 1981 cũng là một phần trong luật chống phát triển hạt nhân của quốc gia này, kể từ đó vật liệu được tái xử lý như plutoni có thể được dùng trong các vũ khí hạt nhân: tuy nhiên, tái xử lý hiện nay lại được cho phép tiến hành.<sup>[77]</sup> Thậm chí, hiện tại nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng tất cả được xử lý như chất thải.<sup>[78]</sup>

Tháng 2 năm 2006, một sáng kiến mới ở Hoa Kỳ do *Global Nuclear Energy Partnership* thông báo. Đó là sự cố gắng của quốc tế để tái xử lý nguyên liệu theo cách làm cho sự phát triển hạt nhân không thể thực hiện được, trong khi sản xuất năng lượng hạt nhân đang có ích đối với các quốc gia đang phát triển.<sup>[79]</sup>

## [\[sửa\]](#) Tách Urani

*Bài chi tiết: [Tách urani](#)*

Việc làm giàu urani tạo ra hàng tấn [urani đã tách ra](#) (DU), bao gồm U-238 đã tách hầu hết đồng vị U-235 để phân hạch. U-238 là kim loại thô có giá trị kinh tế — ví dụ như sản xuất máy bay, khiên chống phóng xạ, và vỏ bọc vì nó có tỷ trọng lớn hơn [chì](#). Urani đã tách cũng được sử dụng trong đạn dược như đầu đạn DU, vì khuynh hướng của urani là vỡ dọc theo các dải băng cắt đoạn nhiệt.<sup>[80][81]</sup>

Một vài ý kiến cho rằng U-238 có thể gây ra các vấn đề về sức khỏe trong nhóm người tiếp xúc một cách quá mức với vật liệu này, như các đội xe chuyên chở và người dân sống trong các khu vực xung quanh nơi có lượng lớn đạn dược bằng DU được sử dụng như khiên, bom, đạn, đầu đạn hạt nhân. Vào tháng 1 năm 2003 [Tổ chức Y tế Thế giới](#) công bố một báo cáo rằng sự ô nhiễm từ đạn dược DU ở mức độ địa phương đến vài chục mét từ các vị trí gây ảnh hưởng và phóng xạ nhiễm vào thực vật và nguồn nước địa phương là *cực kỳ thấp*. Báo cáo cũng nêu rằng lượng DU sau khi đi vào theo đường tiêu hóa sẽ thải ra ngoài khoảng 70% sau 24 giờ và 90% sau vài ngày.<sup>[82]</sup>

## [\[sửa\]](#) Tranh luận về sử dụng năng lượng hạt nhân

*Bài chi tiết: [Tranh cãi về năng lượng hạt nhân](#)*

Các đề xuất sử dụng năng lượng hạt nhân thì cho rằng năng lượng hạt nhân là một nguồn [năng lượng bền vững](#) làm giảm [phát thải cacbon](#) và gia tăng an ninh năng lượng do giảm sự phụ thuộc vào nguồn [dầu mỏ](#) nước ngoài.<sup>[83]</sup> Các đề xuất cũng nhấn mạnh rằng các rủi ro về lưu giữ chất thải phóng xạ là rất nhỏ và có thể giảm trong tương lai gần khi sử dụng công nghệ mới nhất trong các lò phản ứng mới hơn, và những ghi nhận về vận hành an

toàn ở phương Tây là một ví dụ khi so sánh với các loại nhà máy năng lượng chủ yếu khác.

Các ý kiến chỉ trích thì cho rằng năng lượng hạt nhân là nguồn năng lượng chứa đựng nhiều tiềm năng nguy hiểm và phải giảm tỷ lệ sản xuất năng lượng hạt nhân, đồng thời cũng tranh luận rằng liệu các rủi ro có thể được giảm thiểu bằng [công nghệ](#) mới không. Những ý kiến ủng hộ đưa ra quan điểm rằng năng lượng hạt nhân không gây ô nhiễm môi trường không khí, đối ngược hoàn toàn với việc sử dụng [nhiên liệu hóa thạch](#) và cũng là nguồn năng lượng có triển vọng thay thế nhiên liệu hóa thạch. Các ý kiến ủng hộ cũng chỉ ra rằng năng lượng hạt nhân chỉ là theo đuổi của các nước phương Tây để đạt được sự độc lập về năng lượng. Còn các ý kiến chỉ trích thì cho rằng vấn đề là ở chỗ lưu giữ [chất thải phóng xạ](#) như [ô nhiễm phóng xạ](#) do các tai họa, và những bất lợi của việc [phát triển hạt nhân](#) và [sản xuất điện tập trung](#).

# Năng lượng hạt nhân không phải là giải pháp cho nguồn năng lượng sạch

## Nỗ lực phục hồi

Trong nỗ lực phục hồi một ngành đang yếu và dần suy yếu, những người đề xuất dự án hạt nhân đã lấy vấn đề biến đổi khí hậu làm lý do tranh luận nhằm khôi phục ngành này. Ngành năng lượng hạt nhân đã rót hàng triệu đô-la vào một chiến dịch tiếp thị nhằm thay đổi hình ảnh về công nghệ từ quan niệm đây là ngành gây ô nhiễm và nguy hiểm sang ý nghĩ về một công nghệ sạch sẽ và an toàn. Để làm được điều này, họ phải vượt qua một vấn đề khó khăn: các trạm năng lượng hạt nhân vận hành trong năm 2010 cần phải giống như mô hình được vận hành từ những năm 70 của thế kỷ trước.

Các nhà máy này vẫn đang đóng góp vào khả năng phát triển sản xuất vũ khí hạt nhân ở một số nước. Họ vẫn thải ra lượng chất thải hạt nhân lớn có thể cần đến 100 ngàn năm mới có thể xử lý. Dù hiếm hoi nhưng chúng vẫn tiềm tàng nguy cơ có thể xảy ra những vụ tai nạn có sức hủy hoại nặng nề. Chi phí vốn đang tăng ở mức cao, được ước tính tăng lên gấp đôi trong vòng từ 5-7 năm. Các nhà máy này cũng thiếu nguồn quặng uranium chất lượng cao theo xu hướng chung trên toàn cầu. Mặc dù hiện có khá nhiều uranium chất lượng thấp, khả năng sử dụng nguyên liệu này khá hạn chế bởi số lượng nhiên liệu cần để khai thác và chế biến thải ra lượng CO<sub>2</sub> lớn.

Ngành hạt nhân và những người ủng hộ ngành này đang chuyển hướng chú ý từ những thực tế khắc nghiệt này bằng việc vẽ ra bức tranh thế hệ vũ khí hạt nhân mới sắp được phát minh. Họ tuyên bố rằng những lò phản ứng trên

lý thuyết sẽ an toàn hơn và sẽ thải ra chất thải cao cấp chỉ cần xử lý trong một vài thế kỷ. Trong thực tế, không có lò phản ứng hạt nhân như vậy tồn tại bởi hệ thống hiện tại không thể đạt tới giai đoạn này trong vòng 15 năm tới.

### **Lò phản ứng hạt nhân thế hệ thứ tư**

Một trong những loại lò phản ứng hạt nhân thế hệ thứ tư này là lò phản ứng thorium, loại không cần các quặng uranium cao cấp khan hiếm. Loại lò này sử dụng thorium, một nguyên tố phổ biến hơn. Tuy nhiên, khác với uranium 235 được dùng trong các lò phản ứng hạt nhân truyền thống, thorium khó có thể phân tách để giải phóng năng lượng tách hạt nguyên tử hoặc trong bom hạt nhân. Ấn Độ hiện đang phát triển một quy trình để biến thorium thành uranium bằng cách cho nổ với neutron sinh ra trong lò phản ứng hạt nhân dùng nguyên liệu uranium truyền thống. Hệ thống này khá phức tạp và không tránh khỏi chi phí cao hơn lò phản ứng hạt nhân thông thường.

Một loại lò phản ứng thế hệ thứ tư khác được chào hàng là lò phản ứng nhanh đang được thử nghiệm vận hành. Loại lò này sử dụng uranium hiệu quả hơn lò phản ứng hạt nhân truyền thống và có thể sinh ra nhiều nhiên liệu hạt nhân hơn, dưới dạng plutonium hơn mức sử dụng thông thường. Như vậy, lò phản ứng loại này có thể giải quyết vấn đề khí CO<sub>2</sub>, khí thải từ việc khai thác mỏ và chế biến quặng uranium mức thấp. Tuy nhiên, chi phí xây dựng và vận hành rất cao. Lò phản ứng hạt nhân này có thể sản xuất nhiều plutonium hơn lò truyền thống, đồng nghĩa với việc nó có thể tạo nên những tiếng nổ hạt nhân khủng khiếp từ các kho bom.

Dù vậy, những người ủng hộ việc sản xuất năng lượng hạt nhân cho rằng mọi người không nên lo lắng bởi người ta có thể chế tạo một hệ thống tái

ché tất cả những nhiên liệu đã đốt khó xử lý trở lại lò phản ứng hạt nhân mà không cần phân tách plutonium nguy hiểm và có thể tiếp cận với bom. Trong giai đoạn thử nghiệm này, chất thải hạt nhân tồn tại lâu dài, thường là phóng xạ và chứa plutonium sẽ được tách từ những sản phẩm nguyên tử phóng xạ. Sau đó, trên lý thuyết, chất thải hạt nhân khó phân hủy trở thành nhiên liệu hạt nhân và các sản phẩm nguyên tử tách biệt được chuyển sang giai đoạn xử lý 500 năm ở một địa điểm nhất định.

Một khi các sản phẩm của phản ứng phân tách hạt nhân được tách khỏi thành phần chất thải tồn tại lâu trong không khí, việc phá vỡ quy luật và chiết suất plutonium từ rác thải khó phân hủy sẽ dễ dàng hơn. Tuy nhiên, nếu chính phủ xử trí không đúng hướng, hệ thống này sẽ trở thành thảm họa khủng khiếp. Đó là nguyên nhân tại sao chính phủ Mỹ không tiếp tục nghiên cứu loại lò phản ứng này

### **Năng lượng tái sinh**

Một vấn đề nghiêm trọng khác mà những người tiếp thị năng lượng hạt nhân đang phải đối mặt là sự cạnh tranh từ những nguồn năng lượng tái sinh khác đang áp dụng một số công nghệ chính có tỉ lệ tăng trưởng và vốn đầu tư hàng năm cùng khả năng tạo việc làm lớn. Ở Châu Âu, vào năm 2008 và năm 2009, năng lượng gió là nguồn cung cấp năng lượng lớn nhất trong các nhà máy sản xuất điện năng. Trung Quốc đã tăng gấp đôi năng lực sản xuất năng lượng gió hàng năm trong vòng 5 năm qua. Công nghệ mặt trời và gió có thể được phát triển nhanh chóng bởi nó đang được sản xuất. Năng lượng hạt nhân chỉ có thể phát triển chậm là tốt nhất vì chúng cần có các dự án xây dựng nhà máy khổng lồ.



# Năng lượng hạt nhân và cách SX năng lượng này tại Việt nam

Hiện nay 17 phần trăm điện sản xuất trên Thế giới là năng lượng hạt nhân. Đó là một tỷ lệ trung bình. Những nhà máy điện hạt nhân sản xuất 30 phần trăm điện tiêu thụ ở các nước thuộc khối OCDE, những nước giàu nhất. Năng lượng hạt nhân đóng góp hơn ba phần tư nhu cầu điện và một nửa nhu cầu tất các loại năng lượng của nước Pháp. Ở Việt nam, nhu cầu điện tăng gấp hai lần tăng trưởng kinh tế và kinh tế Việt nam tăng trưởng 7 đến 8 phần trăm mỗi năm. Nhu cầu về năng lượng gia tăng trầm trọng và năng lượng hạt nhân là một thực tại. Chúng ta không thể nói suông sẽ được rằng nước Việt nam nên xây hay không xây nhà máy năng lượng hạt nhân.

Để đóng góp vào tham luận về năng lượng hạt nhân ở Việt nam, chúng tôi xin trình bày trong bài này[1]

- \* những phương pháp sản xuất năng lượng hạt nhân,
- \* những vấn đề công nghệ của ngành năng lượng hạt nhân.

## Những phương pháp sản xuất năng lượng hạt nhân

Ngoài thiên nhiên nguyên tử uranium có tất cả ba đồng vị: 99,3 phần trăm đồng vị U-238, 0,7 phần trăm đồng vị U-235, và một tỷ lệ không đáng kể đồng vị U-234. Đồng vị U-235 là đồng vị khả phân hạch tự nhiên duy nhất có khả năng sản xuất năng lượng và sinh ra neutron để duy trì dây chuyền phản ứng. Đồng vị U-238 là đồng vị phong phú[2] có thể hấp thụ neutron và, do đó, có khả năng làm tắt dây chuyền phản ứng nhưng, một khi hấp thụ một neutron, trở thành đồng vị khả phân hạch Pu-239.

Những hạt nhân deuterium và tritium hợp nhất với nhau cũng sinh ra năng lượng. Deuterium là một đồng vị của khí hydro có nhiều ngoài thiên nhiên, chủ yếu trong nước biển. Tritium là một đồng vị nhân tạo được chế tạo từ phản ứng phân hạch một hạt lithium với một neutron. Những nguyên tử lithium cũng có rất nhiều trong nước biển.

Nếu thực hiện được phản ứng hợp nhất hạt deuterium với hạt tritium một cách đại trà thì nhân loại sẽ có được một nguồn năng lượng gần như là vô tận. Nghiên cứu và phát triển phương pháp sản xuất năng lượng này phức tạp và tốn kém. Vì thế mà hầu như tất cả các nước công nghệ tiên tiến phải liên kết để chia với nhau chi phí nghiên cứu khai triển[3]: sáu cường quốc,

Hàn quốc, Hoa kỳ, Liên hiệp Âu châu, Nga, Nhật bản và Trung quốc, hiệp sức để khai triển máy hợp nhất hạt nhân ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor, Lò Phản ứng Thí nghiệm Nhiệt hạch Quốc tế). Máy hiệp nhất nay đặt tại Cadarache, miền Nam nước Pháp.

Hiện nay chưa ai biết được khi nào chương trình nghiên cứu những quy trình hợp nhất hạt nhân đó sẽ đạt kết quả. Trong khi chờ đợi thời đại hoàng kim đó, năng lượng hạt nhân được sản xuất nhờ những phản ứng phân hạch hạt nhân.

Phương pháp phân hạch một hạt nhân hiển nhiên nhất là bắn một hạt nhỏ vào hạt nhân đó. Thí dụ chúng ta có thể tăng tốc những proton trong một hệ tăng tốc rồi bắn những proton đó vào một lò phản ứng chứa uranium tự nhiên. Những hạt nhân uranium bị đập vỡ sinh ra năng lượng. Sau phản ứng phân hạch này thì những neutron bị bắn ra một phần bị hạt nhân U-238 hấp thụ để biến đồng vị phong phú đó thành một đồng vị khả phân hạch Pu-239 và một phần va chạm với những vật có mặt trong lò phản ứng, giảm tốc độ và sinh ra năng lượng sau khi đập vỡ những hạt U-235 có mặt trong uranium tự nhiên và những hạt Pu-239 sinh ra trước đây. Dây chuyền phản ứng có thể duy trì một cách tự nhiên. Nhưng nếu có triệu chứng sắp bị tắt thì chỉ cần bắn vào lò phản ứng thêm một tia proton từ hệ tăng tốc là có thể kích động lại dây chuyền phản ứng.

Quy trình hỗn hợp tăng tốc proton và phân hạch hạt nhân này mới được sáng chế. Chúng tôi không biết đã có nguyên mẫu nào chưa. Nhưng đã có những lò phản ứng điều hành như vậy mà không có bộ tăng tốc proton mà chúng ta gọi là những lò phản ứng neutron nhanh.

Thực ra một lò phản ứng neutron nhanh dùng cả neutron nhanh để sản xuất đồng vị Pu-239, một đồng vị khả phân hạch, lẫn neutron đã được giảm tốc để gây ra những phản ứng phân hạch và sinh ra năng lượng. Neutron bắn ra từ những phản ứng phân hạch có tốc độ 20.000 kilô mét/giây. Muốn có thể gây ra một phản ứng phân hạch với một hạt nhân U-235 khác thì neutron đó phải va chạm với một số hạt nhân có mặt trong lò phản ứng để cho tốc độ giảm xuống 2.000 mét/giây. Đây là một đặc tính vật lý không có dẫn chứng lý thuyết nhưng đã được chứng minh qua thử nghiệm.

Khi một lò phản ứng sản xuất những hạt Pu-239 với những phản ứng hấp thụ nhiều hơn là đập vỡ chúng với những phản ứng phân hạch thì chúng ta gọi là lò bội sinh. Những lò bội sinh tiêu thụ một phân plutonium được sản xuất



như vậy và phần còn lại có thể dùng làm nhiên liệu cho những nhà máy hạt nhân chỉ chạy bằng những phản ứng phân hạch.

Những lò phản ứng neutron nhanh được khai triển từ đầu kỷ nguyên năng lượng hạt nhân. Hiện nay chỉ có những lò thí nghiệm vận hành mà thôi. Nhà máy điện hạt nhân thương mại theo công nghệ neutron nhanh duy nhất là nhà máy Superphenix ở Creys Malville bên Pháp. Nhà máy này chạy thử để hiệu chỉnh vài năm rồi bị chính phủ Pháp ra lệnh ngưng hoạt động và tháo dỡ. Lý do chính là vấn đề chất tải nhiệt từ lòng lò phản ứng ra ngoài chưa được giải quyết ổn thỏa: chất tải nhiệt là natri nấu chảy, một vật có phản ứng nổ khi chạm với nước. Có người nghĩ rằng thay thế natri bằng chì nấu chảy thì sẽ an toàn hơn. Lý do phụ là những xí nghiệp vũ khí dành plutonium để sản xuất bom nguyên tử và Thế giới hiện đang thiếu plutonium để khởi động đại trà những nhà máy hạt nhân neutron nhanh[4].

Những lò phản ứng hỗn hợp và những lò neutron nhanh có thể tận dụng tất cả những đồng vị uranium ngoài thiên nhiên. Chúng cũng có thể tận dụng những đồng vị thorium cũng có rất nhiều ở ngoài thiên nhiên. Nhưng vì những khó khăn khai triển của những lò loại đó nên những lò phản ứng có áp dụng công nghiệp đều là những lò phân hạch những đồng vị khả phân hạch như đồng vị U-235 và những đồng vị của nguyên tử plutonium.

Như nói ở trên, những hạt neutron phải giảm tốc độ từ 20.000 km/giờ xuống còn 2.000m/giờ. Những hạt nhân có thể giảm tốc độ của neutron gọi là những vật điều tiết. Để cho dây chuyền phản ứng được duy trì, những vật điều tiết không được hấp thụ neutron hay chỉ được hấp thụ rất ít thôi.

Những vật điều tiết tốt nhất là nước nhẹ, nước nặng, cacbon và khí oxy cacbonic. Nước nhẹ là nước thường gồm bởi những phân tử H<sub>2</sub>O. Nước nặng là nước gồm bởi những phân tử D<sub>2</sub>O. Nước này tương tự như nước thường chỉ khác là trong phân tử nước H<sub>2</sub>O ion hydro H<sup>+</sup> được thay thế bằng ion deuterium D<sup>+</sup>. Nước tự nhiên gồm bởi nước nhẹ và một chút nước nặng. Muốn có nước nặng thì phải phân cất nước tự nhiên, tách những nguyên tử deuterium ra rồi kết hợp lại phân tử D<sub>2</sub>O với những nguyên tử đó. Cacbon dùng để làm vật điều tiết là cacbon dưới dạng than chì. Còn khí oxy cacbonic là kết quả của phản ứng oxy hóa than chì có mặt trong lò phản ứng. Nước nhẹ, nước nặng và khí oxy cacbon còn có thể được dùng làm chất tải nhiệt cho lò phản ứng.

Pháp có xây loại lò phản ứng gọi là UNGG (Unranium Naturel Graphite

Gaz) dùng than chì làm vật điều tiết và khí oxy cacbon làm chất lỏng tải nhiệt. Canada là nước đã khai triển loại lò phản ứng dùng nước nặng gọi là CANDU (Canadian Deuterium Uranium). Những nhà máy này rất an toàn và chạy bằng uranium tự nhiên nên chi phí điều hành thấp. Nhưng những nhà máy này cần vốn đầu tư rất cao. Một nhà máy có đời sống kỹ thuật 40 năm phải hoạt động trong hơn một chục năm mới hoàn lại được năng lượng bỏ ra để xây ra nó ! Sau khi xây được vài nhà máy UNGG, Pháp ngưng không xây tiếp nữa và chuyển sang công nghệ lò phản ứng nước nhẹ. Còn Canada thì chỉ xuất khẩu được vài nhà máy thôi.

Song song người ta đã khai triển những lò phản ứng chạy bằng nước nhẹ.

Phân tử H<sub>2</sub>O trong nước nhẹ hấp thụ một chút neutron và hàm lượng đồng vị U-235 trong uranium tự nhiên quá thấp để duy trì phản ứng có thể duy trì được. Vì thế những lò phản ứng dùng nước nhẹ cần đến một hỗn hợp uranium có hàm lượng đồng vị U-235 cao hơn uranium tự nhiên, khoảng từ 3 tới 5 phần trăm, để duy trì dây chuyền phản ứng hạt nhân. Chúng ta gọi những hỗn hợp đó là uranium được làm giàu.

Những lò PWR (Pressurized Water Reactor, Lò Phản ứng Nước Nén), HTR (High Temperature Reactor, Lò Phản ứng Nước Nóng) và BWR (Boiled Water Reactor, Lò Phản ứng Nước Sôi) là những lò phản ứng hạt nhân chạy bằng uranium đã được làm giàu. Liên Xô cũ có khai triển loại lò RBMK chạy bằng uranium đã được làm giàu và dùng than chì làm vật điều tiết và nước sôi làm chất lỏng tải nhiệt[5]. Giữa những loại lò đó thì lò PWR là thông dụng nhất vì có tỷ trọng khối lớn nên vừa rẻ lại vừa an toàn nhất.

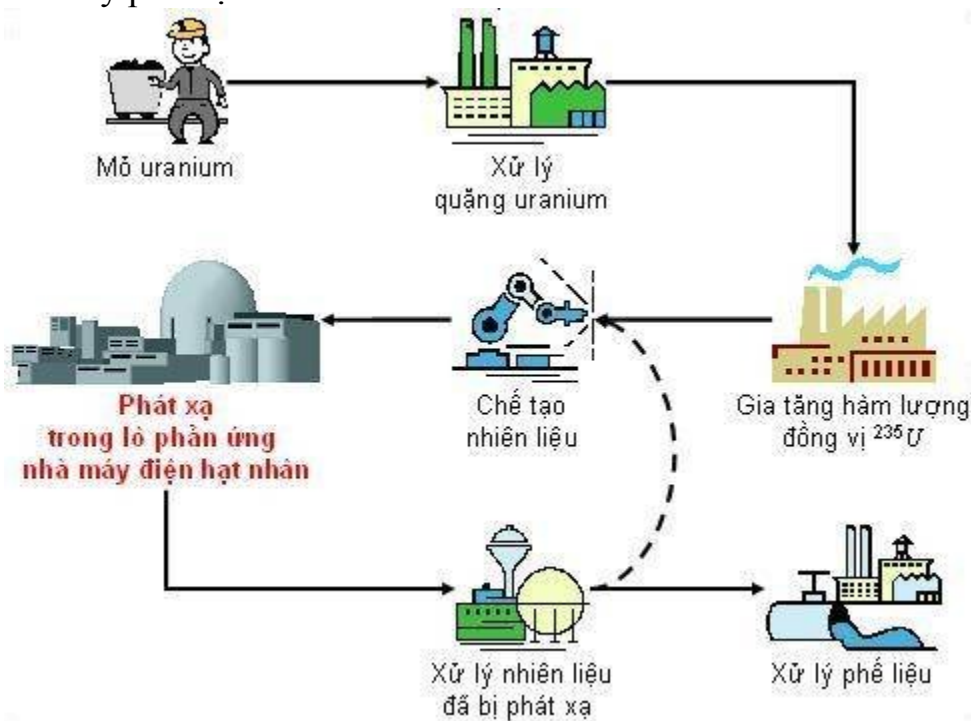
### Những vấn đề công nghệ của ngành năng lượng hạt nhân

Rút cục hiện nay chỉ có những lò phản ứng chạy bằng nước nhẹ là thịnh hành. Nhiên liệu của những lò ấy là đồng vị U-235 của nguyên tử uranium và những đồng vị khả phân hạch nhân tạo như là plutonium Pu-239.

Như mọi công nghệ, công nghệ điện hạt nhân phải hòa nhập vào một chuỗi công nghệ. Muốn nắm được công nghệ điện hạt nhân phải nắm được ít nhiều những công nghệ lân cận. Chúng tôi không nói đến những công nghệ xoong chảo nặng, cơ khí nặng, luyện kim, hóa học hay tự động học mà nêu bỏ nhiều công học tập và nhiều vốn đầu tư thì một ngày nào đó cũng có thể nắm được. Ngoài những công nghệ đó còn phải nắm được những công nghệ của chu trình nhiên liệu.

Một nhà máy hạt nhân chỉ là một khâu trong hẳn một chuỗi công nghệ phức tạp gọi là chu trình nhiên liệu. Chu trình đó gồm bảy khâu:

1. đào mỏ,
2. xử lý quặng uranium,
3. gia tăng hàm lượng đồng vị U-235,
4. chế tạo nhiên liệu,
5. phát xạ trong lò phản ứng nhà máy điện hạt nhân,
6. xử lý nhiên liệu đã được phát xạ,
7. xử lý phế liệu.



### Chu trình nhiên liệu hạt nhân

Uranium nằm trong lòng đất từ mấy tỷ năm nay. Trong thời gian đó một số hạt nhân phân hạch và sinh ra khí radon. Khí radon là một vật phóng xạ. Khi đào mỏ thì khí radon bay ra. Nếu mỏ được khai thác trong hầm thì phải thổi gió mạnh vào hầm để thổi khí radon ra khỏi hầm và tránh cho nhân công đào mỏ bị nhiễm. Việc thổi gió vào hầm này không có gì là khó vì những hầm mỏ khác, được khai thác từ thời tiền cổ, cũng cần phải thổi gió như vậy. Đặc biệt những mỏ than đá cũng có khối lượng khí radon tương tự phát ra khi đào than[6].

Sau khi quặng được đào ra khỏi mỏ thì được lọc ra khỏi đất đá vụn. Sau khâu

làm tinh khiết thì uranium ở dưới dạng oxy uranium  $UO_2$  hình bánh nguyệt màu vàng xám nên được gọi là yellow cake (bánh màu vàng). Khâu này cũng không có gì khó vì đó là công nghệ cổ điển của ngành luyện kim.

Uranium tự nhiên chỉ có 0,7 phần trăm đồng vị U-235. Hàm lượng này không đủ để duy trì dây chuyền phản ứng nên người ta phải gia tăng hàm lượng đó. Để làm việc đó oxy uranium  $UO_2$  được đổi thành khí hexa fluorur uranium  $UF_6$  qua một số quy trình hóa học. Sau đó một phần phân tử  $UF_6$  có đồng vị U-238 được loại ra làm tăng tỷ lệ những phân tử  $UF_6$  có đồng vị U-235. Việc gia tăng hàm lượng đồng vị U-235 này gọi là việc làm giàu uranium. Vì trọng khối phân tử hexa fluorur uranium với đồng vị U-235 và trọng khối phân tử có đồng vị U-238 chỉ khác nhau không đáng kể nên việc làm giàu rất công phu và tốn kém.

Hiện có nhiều phương pháp tách phân như là phương pháp khuếch tán, phương pháp siêu quay rây hay là phương pháp laser. Chúng tôi không vào chi tiết những phương pháp đó mà chỉ mạn phép nói rằng chỉ có những cường quốc có vũ khí hạt nhân mới nắm được công nghệ này. Những nước này là Anh, Nga, Hoa kỳ, Pháp và Trung quốc. Ấn độ và Pakistan gần đây cũng có thử vài quả bom nguyên tử nhưng chưa biết có đủ khả năng công nghệ để được coi là thành viên câu lạc bộ những nước có vũ khí hạt nhân hay không. Khả năng những nước khác, không có vũ khí hạt nhân, để khai triển công nghệ làm giàu bị các nước đó ngăn cản viện cớ rằng họ muốn chống tăng sinh vũ khí hạt nhân.

Sau khâu làm giàu, uranium tự nhiên có hàm lượng đồng vị U-235 bị giảm đi. Người ta nói rằng uranium đã bị làm nghèo. Uranium này được để sang một bên chờ ngày công nghệ neutron nhanh được hiệu chỉnh và biến thành Pu-239 khả phân hạch. Còn uranium với hàm lượng đồng vị U-235 được gia tăng, gọi là uranium được làm giàu, thì được biến đổi trở lại thành oxy uranium  $UO_2$ . Sau khi được vò thành viên, những viên oxy uranium được đổ vào trong lòng những thanh bằng một hợp kim zirconium gọi là zircalloy. Những thanh đó có những cánh để có thể tải nhiệt khi năng lượng sinh ra nhân những phản ứng hạt nhân. Chúng được gom lại thành bó trước khi đặt vào lò phản ứng. Việc chế tạo những viên  $UO_2$ , những thanh và những bó nhiên liệu này cần phải được rất chính xác để không bị trục trặc khi đặt nhiên liệu vào lò phản ứng, khi rút chúng ra khỏi lò và để khi lò điều hành nhiệt năng có thể tỏa ra khỏi những thanh nhiên liệu một cách hài hòa.

Cũng vì viện cớ không cho tăng sinh vũ khí hạt nhân những nước có vũ khí

hạt nhân cũng không bán cho những nước khác uranium đã được làm giàu. Vì không có khả năng tự quản lý uranium đã được làm giàu những nước không có vũ khí hạt nhân không còn lý do để khai triển công nghệ sản xuất nhiên liệu hạt nhân nữa.

Về việc chọn lựa những loại nhà máy điện hạt nhân thì các nước không có vũ khí hạt nhân chỉ được mua hay, nếu có khả năng công nghệ, khai triển những lò phản ứng kiểu PWR thôi. Những nước có vũ khí hạt nhân đơn phương quyết định rằng tất cả những lò phản ứng hạt nhân khác đều có tiềm năng tăng sinh vũ khí hạt nhân.

Gần đây liên doanh Framatome Siemens chào hàng loại lò phản ứng gọi là EPR (European Pressurized Reactor, Lò Phản ứng Nước Nén Âu châu). Họ giới thiệu loại lò đó là một thiết bị thế hệ thứ tư, tối tân hơn, tận dụng đồng vị U-235 hơn, có thể đốt nhiều nguyên tử uranium hơn và nhất là an toàn hơn. Thực ra đó chỉ là một lò thuộc loại PWR có tiến bộ một chút nhưng không phải là một cách mạng công nghệ. Những chuyên gia năng lượng hạt nhân gọi lò phản ứng thế hệ thứ tư là những lò neutron nhanh đang được triển khai!

Sau khi nhiên liệu UO<sub>2</sub> đã được phát xạ và những đồng vị khả phân hạch đã được tận dụng để sản xuất năng lượng, những bó thanh nhiên liệu được rút ra khỏi lò và đặt trong một bể nước kề cận với lò phản ứng chờ cho mức phóng xạ giảm xuống.

Khi phóng xạ giảm xuống đến mức không còn nguy hiểm nữa thì những bó nhiên liệu được xẻ nhỏ và hòa tán trong những bể acid. Những nguyên tử được phân loại. Những nguyên tử uranium và plutonium được biến chế thành nhiên liệu cho một suất nữa. Những sản phẩm phân hạch còn lại là những chất phóng xạ alpha, rất độc hại, với nửa đời sống[7] rất lâu dài. Vì thế chúng đặt ra vấn đề an toàn. Rất may là khối lượng những sản phẩm đó tương đối rất nhỏ nên có thể kiểm soát việc lưu trữ chúng. Ngoài ra một phần lớn sẽ có thể được xử lý trong những lò neutron nhanh tương lai khi những lò đó được hiệu chỉnh.

Cũng như khâu làm giàu uranium, những nước có vũ khí hạt nhân tổ chức độc quyền công nghệ xử lý nhiên liệu đã bị phóng xạ viện có nguy cơ tăng sinh vũ khí hạt nhân.

Còn việc xử lý phế liệu thì chính sách của họ chưa rõ lắm. Chắc sẽ là phế

liệu của ai thì người ấy lo và mỗi nước phải tự khai triển hay mua công nghệ rất cầu kỳ này.

### Kết luận

Nhiều người tưởng rằng nếu có tiền mua một nhà máy điện hạt nhân và thuê chuyên gia ngoại quốc đến dạy cho vài kỹ sư bản xứ điều hành nhà máy là đủ để đưa đất nước họ vào kỷ nguyên hạt nhân. Đó là một sai lầm có thể dẫn nước họ đến chỗ mất tự chủ.

Hiện nay những cường quốc hạt nhân viện cớ muốn giới hạn tăng sinh vũ khí hạt nhân nên:

- \* chỉ cho phép xí nghiệp của họ bán những nhà máy loại PWR,
- \* không cho phép chuyên gia công nghệ làm giàu uranium và xử lý nhiên liệu đã bị phát xạ.

Một nước mua một nhà máy điện hạt nhân mà không thuộc câu lạc bộ những nước có vũ khí hạt nhân sẽ bị ngoại bang bắt chẹt ở đầu vào, khi mua nhiên liệu để chạy nhà máy, cũng như ở ngõ ra, khi phải thải nhiên liệu đã bị phát xạ.

Một nước mà dân cũng như những người lãnh đạo không có kiến thức cao về công nghệ sẽ không biết mua công nghệ nào để cho thích ứng với nhu cầu phát triển kinh tế, khoa học và công nghệ của nước đó. Nước đó cũng có khả năng bị những xí nghiệp trong ngành hạt nhân lừa bịp.

Nếu bây giờ tay không mà bỏ tiền ra đào tạo chuyên gia cùng lúc nhờ nước ngoài xây một hai nhà máy điện PWR thì cũng có thể làm được. Nhưng cần phải vất vả trong 10 đến 15 năm, mới sẵn sàng. Nhưng 10/20 năm nữa thì những lò PWR sẽ tròn một nửa thế kỷ đời và rất có thể được thay thế bằng một loại lò khác tân tiến hơn. Nói một cách khác có nghĩa là những nước muốn có điện hạt nhân lần đầu tiên vào năm 2020 chạy theo một công nghệ lạc hậu.

Một ngày nào đó, Việt nam cũng phải đi vào công nghệ hạt nhân. Vấn đề là, trên thị trường công nghệ, chỉ có luật mua đi bán lại. Để vào kỷ nguyên năng lượng hạt nhân, Việt nam nhắm công nghệ nào, có gì để trao đổi và làm gì để duy trì nền độc lập?

theo DANG DINH CUNG, <http://vietsciences.free.fr/>, 30-6-2008

Các chỉ dẫn kèm theo bài

[1] do tác giả viết gọn bài nhằm mục đích giúp độc giả hiểu nguồn gốc và cơ sở khoa học của vấn đề, các bạn có thể tham khảo thêm tại bộ "Que sais je?" do Presses Universitaires de France xuất bản và tra những trạm Internet:

[www.sfen.org](http://www.sfen.org), [www.worldnuclear.org](http://www.worldnuclear.org) và [www.people.howstuffworks.com](http://www.people.howstuffworks.com).

[2] Một đồng vị khả phân hạch là một hạt nhân có thể bị đập vỡ bởi một neutron để sinh ra năng lượng, một số sản phẩm phân hạch và một số neutron. Một đồng vị phong phú có thể hấp thụ một neutron để trở thành một đồng vị khả phân hạch.

[3] Và chia sẻ lợi nhuận khi sẽ có kết quả !

[4] Vì lý do đó mà plutonium là một đe dọa cho an ninh Thế giới chứ không thể là một đe dọa cho môi trường. Chúng tôi xin sẽ đề cập đến vấn đề này vào một dịp khác.

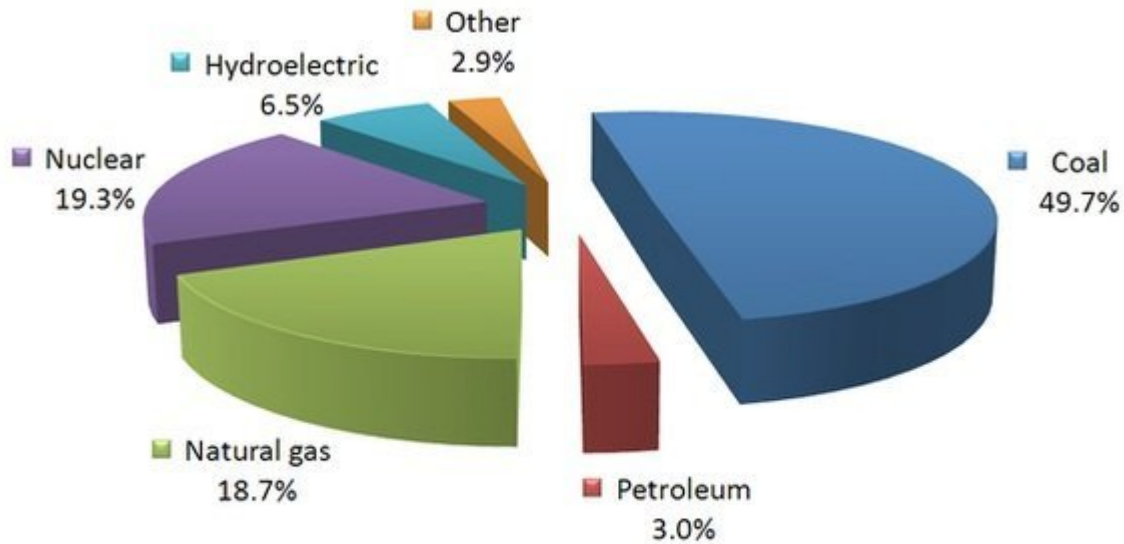
[5] Lò phản ứng hạt nhân bị nạn ở Tchernobyl là một lò RBMK.

[6] Mọi vật trên thế gian này đều phóng xạ ít hay nhiều. Nguyên tử những khoáng vật cũng tự nhiên phóng xạ và sinh ra khí radon. Khi đào mỏ dù là để lấy bất cứ một chất gì thì cũng giải phóng radon bị giam trong đá. Thổi gió vào hầm mỏ không những mang dưỡng khí cho công nhân thở mà còn thổi radon ra ngoài trời để làm giảm nguy cơ bị radon phát xạ.

[7] Cường độ những vật phóng xạ giảm đi một nửa sau một khoảng thời gian cố định gọi là nửa đời. Ví thế sau một thời gian ngắn hay lâu tất cả những đồng vị phóng xạ đều sẽ biến mất. Nửa đời những đồng vị khác nhau thất thường: có những đồng vị với nửa đời vài khắc giây đồng hồ và những đồng vị khác với nửa đời mấy tỷ năm và được coi là ổn định.

---

# Năng Lượng Hạt nhân và những yếu tố tác động đến môi trường



•

## Năng Lượng Hạt nhân và những yếu tố tác động đến môi trường

Tham khảo, tổng hợp từ nhiều tài liệu và Website\_các Ban thông cảm hình ảnh không thể hiện thì\_Ban nào biết chỉ giúp Sea---Ban có thể tìm hình ảnh với nội dung Ban đang đọc trên google.com



# Tại sao phải sử dụng năng lượng hạt nhân

Ngày nay năng lượng hóa thạch càng ngày càng cạn kiệt dần do đó cần phải có một nguồn năng lượng mới để thay thế nó. Dạng năng lượng thay thế cho nhiên liệu hoá thạch là năng lượng mặt trời và năng lượng từ sức gió. Các dạng năng lượng mới này cần phải phát triển, khai thác để sử dụng. Tuy nhiên do giá thành cao và cần một diện tích lớn nên

các dạng năng lượng này chỉ cung cấp được 10% trong tổng số năng lượng cần thiết. Chính vì vậy, năng lượng mà nhân loại có thể sử dụng lâu dài trong thời gian tới phải dựa vào năng lượng nguyên tử. Mặc khác năng lượng nguyên tử có một số ưu điểm so với các nguồn năng lượng khác là:

- Đặc trưng thứ nhất của năng lượng nguyên tử là nguồn năng lượng sạch, không phát thải CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> gây ô nhiễm không khí .
- Hơn nữa, vì Uranium có thể phát điện chỉ với một lượng rất nhỏ so với dầu nên có ưu điểm là dễ vận chuyển và bảo quản. Ví dụ, để vận hành nhà máy điện công suất 1000 MW trong vòng một năm thì phải cần tới hơn một triệu tấn dầu, trong khi đó đối với nhiên liệu Uranium thì chỉ cần vài chục tấn.
- Trong các nhà máy điện nguyên tử, khi nạp nhiên liệu vào lò phản ứng là có thể liên tục phát điện trong vòng 1 năm mà không cần phải thay thế nhiên liệu.
- Lượng chất thải phóng xạ phát sinh trong nhà máy điện nguyên tử rất ít so với lượng chất thải công nghiệp thông thường, do vậy có thể quản lý được một cách chặt chẽ, cất giữ và bảo quản an toàn.
- Chi phí xây dựng cho nhà máy điện nguyên tử so với nhà máy nhiệt điện tương đối cao

- Nhà máy điện nguyên tử được lựa chọn phương án thiết kế an toàn tối ưu. Nó được thiết kế để sao cho dù có phát sinh tai nạn thế nào chăng nữa cũng không gây thiệt hại, tổn thất cho tất cả cư dân sống xung quanh. Có thể nói rằng một nửa nhà máy điện nguyên tử là các thiết bị an toàn. Do đó, chi phí cao cho các thiết bị đó là đương nhiên. Hơn nữa, trong quá trình xây dựng, người ta tiến hành kiểm tra gắt gao ở từng công đoạn để đảm bảo an toàn nên thời gian xây dựng cũng khá dài

### £ Nhà máy điện hạt nhân là gì?

Nhà máy điện nguyên tử hay nhà máy điện hạt nhân là một nhà máy tạo ra điện năng ở quy mô công nghiệp, sử dụng năng lượng thu được từ phản ứng hạt nhân tức là chuyển tải nhiệt năng thu được từ phản ứng phân hủy hạt nhân thành điện năng.

Trong lò phản ứng nguyên tử phân hủy hạt nhân với nguyên liệu ban đầu là đồng vị uran 235 và sản phẩm thu được sau phản ứng thường là các neutron và năng lượng nhiệt rất lớn. Nhiệt lượng này, theo hệ thống làm mát khép kín (để tránh tia phóng xạ rò rỉ ra ngoài) qua các máy trao đổi nhiệt, đun sôi nước, tạo ra hơi nước ở áp suất cao làm quay các turbin hơi nước, và do đó quay máy phát điện, sinh ra điện năng.

### I. Nguyên nhiên liệu

#### I.1 Trên thế giới: :

+ Nguyên liệu thường được sử dụng trong các lò phản ứng hạt nhân là Uran-235, Uran 33, hoặc Plutoni-239.

+**Uranium** Đây là nguyên tố phóng xạ tự nhiên có nhiều trong quặng. Chúng được khai thác, tuyển, tinh chế và làm giàu để tạo thành urani 235 là chất có khả năng phân hạch cho năng lượng tốt nhất và tiếp tục được chuyển hóa tiếp thành ô xýt urani dưới dạng chất bột màu đen. Chất bột này được ép rồi nung thành những viên dài 1 cm, nặng khoảng 7 gam. Các viên này được xếp lần lượt vào ống kim loại dài khoảng 4 m bịt kín 2 đầu để tạo thành các thanh nhiên liệu. Mỗi nhà máy điện hạt nhân cần hơn 40.000 thanh nhiên liệu. Cứ 264 thanh được kết lại thành những bó hình vuông gọi là bó thanh nhiên liệu. Một lò phản ứng hạt nhân 900 MW cần khoảng 157 bó thanh nhiên liệu (chứa khoảng 11 triệu viên). Các bó này được sắp xếp thành tâm lò phản ứng. Các thanh phải nằm trong lò khoảng 3-4 năm để thực hiện sự phân hạch cung cấp một lượng nhiệt năng đủ làm sôi lượng nước rất lớn. Nguồn nước bốc hơi từ đây sẽ tạo ra nguồn năng lượng làm quay hệ thống tua bin để phát điện..

Uran ở trạng thái tự nhiên bao gồm 3 đồng vị: Đó là Uran 238. Dạng này chứa 99,28 % tổng số khối lượng, Uran 235 chiếm 0,71% và một lượng không đáng kể khoảng 0,006% Uran 234. Vì vậy nó có thể được xem là cả nguyên tố phân rã (vì hàm lượng Uran 235) và nguyên tố kết hợp (vì hàm lượng Uran 238). Uran chủ yếu được tách ra từ Pitchblen. Uranite autunait, Brannerite hoặc Torbernite. Nó cũng có thể thu được từ nguồn thứ cấp khác chẳng hạn từ cặn bã trong quá trình sản xuất Superphosphat hoặc cặn trong mỏ vàng. Quy trình thông thường là khử Tetrafluorit bằng canxi hoặc magie hoặc bởi điện phân.

Uran là nguyên tố phóng xạ yếu, rất nặng (tỷ trọng 19) và cứng, bề mặt màu xám bạc bóng nhẵn, nhưng bị xỉn đi khi tiếp xúc với Oxy của không khí thành dạng bột nó bị oxy hóa và bị đốt cháy nhanh chóng khi tiếp xúc với không khí.

Uran ở thị trường có dạng thỏi để sẵn được đánh bóng, gọt dũa, cán mỏng (để tạo ra thanh, ống, lá, dây...)

+ Plutoni công nghiệp thu được bằng bức xạ Uranni 238 trong một lò phản ứng hạt nhân,

Nó rất nặng (tỷ trọng 19,8), có tính phóng xạ và độc tính cao, bề ngoài tương tự Urani và dễ bị oxy hóa. Plutoni được đưa ra thành các hình thức thương phẩm tương tự như Uranium đã được làm giàu và đòi hỏi khi xử lý phải hết sức cẩn thận.

Các hợp chất Urani và Plutoni chủ yếu được sử dụng trong công nghiệp hạt nhân.

Theo các chuyên gia đánh giá thì trữ lượng Uran trên toàn thế giới khoảng là 24,5 triệu tấn và nếu sử dụng hoàn toàn vào sản xuất điện thì nó sẽ tạo ra một năng lượng tương đương với khoảng 440 TW năm

## **I.2 Ở Việt nam:**

Urani trong một số mỏ và điểm quặng ở Việt Nam rất lớn, tính theo U308 dự báo là 218,167 tấn, trong đó cấp C1 là 113 tấn, cấp C2 là 16.563 tấn, cấp P1 là 15.153 tấn và cấp P2+P3 là 186.338 tấn. Các điểm mỏ quặng có trữ lượng lớn là Bắc Nậm Xe 9.800 tấn cấp C2, Nam Nậm Xe 321 tấn cấp C2, Nông Sơn 546 tấn cấp P1, Khe Hoa- Khe Cao 7.300 tấn các loại... Với trữ lượng này, Việt Nam có thể sử dụng nguồn nhiên liệu tại chỗ để sản xuất điện hạt nhân.

+ loại quặng 250 ppm : 62.800 tấn  $U_3O_8$

+ loại quặng 500-600 ppm : 18.300 tấn  $U_3O_8$

+ loại quặng 1000 ppm : 4700 tấn  $U_3O_8$ .

## **II.Cơ sở lý thuyết NMDHN:**

**II.1 Quy trình xây dựng nhà máy:** Nhiều yếu tố khác bảo đảm an toàn (như quản lý quá trình xây dựng, lắp đặt thiết bị, vận hành...) của nhà máy điện hạt nhân đều phải tuân thủ những quy trình đặc biệt nghiêm ngặt, mà bất cứ một sai sót nào cũng có thể tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn.

Thí dụ đơn giản, nếu không giám sát kỹ khi xây dựng nhà máy, để xảy ra việc dùng sắt thép, xi măng không đủ tiêu chuẩn, hoặc bị rút ruột công trình thì sẽ là tai họa khôn lường.

Chúng ta đã có nhiều bài học về năng lực quản lý xây dựng các công trình lớn của quốc gia, để xảy ra nhiều hậu quả đáng tiếc như các sự cố gần đây (cầu Cần Thơ, hầm Thủ Thiêm v.v.). Xin lưu ý, nếu xảy ra tình trạng tương tự đối với công trình nhà máy điện hạt nhân thì hậu quả sẽ bi thảm và lâu dài hơn nhiều lần.

Tuy các tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật về các công việc này có thể ban hành khi đã chính thức quyết định chủ trương đầu tư nhà máy điện hạt nhân, nhưng cũng cần có danh mục và lộ trình cụ thể ban hành các tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật chuyên ngành.

Ngoài ra, trong những năm gần đây, để bảo đảm an toàn trong trường hợp bị khủng bố, trong thiết kế nhà máy điện hạt nhân còn phải tăng cường khả năng chống phá hoại (kể cả phá hoại theo kiểu 11/9 ở Hoa Kỳ năm 2001, tức là phải an toàn cả trong trường hợp bị máy bay đâm thẳng vào nhà máy) và tăng cường hệ thống bảo vệ an ninh nhiều vòng, chuẩn bị sẵn sàng hệ thống ứng phó sự cố hạt nhân.

Những công việc về bảo đảm an toàn nhà máy điện hạt nhân làm cho các yêu cầu kỹ thuật, tài chính đối với công trình tăng lên rất nhiều và đó là điều chủ đầu tư cần phải báo cáo Quốc hội ngay trong giai đoạn phê duyệt chủ trương đầu tư để Quốc hội cân nhắc, quyết định.

### **II.2 Cấu tạo của nhà máy điện hạt nhân**

Nhà máy nhiệt điện bao gồm 4 phần chính

1. Trung tâm lò phản ứng hạt nhân (reactor core), nơi xảy ra phản ứng phân hạch
2. Máy phát điện chạy bằng hơi nước, nơi nhiệt sinh ra từ phân hạch hạt nhân

được dùng để tạo hơi.

3. Turbine, dùng hơi nước làm quay nó để chạy máy phát điện

4. Bộ phận ngưng tụ (condenser), làm lạnh hơi nước, chuyển nó trở lại thành pha lỏng

### II.3 Lò phản ứng

II.3.1 Cấu tạo và chức năng của từng bộ phận 1-Lớp vỏ bảo vệ sinh học

2- Ống dẫn chất truyền nhiệt vào

3- Vỏ lò phản ứng hạt nhân

4- Ống dẫn chất truyền nhiệt ra

5 – Nắp lò phản ứng

6.7.8.9 – Hệ thống điều khiển phản ứng dây truyền .

10 – Gá đỡ trên.

11 – Vùng phản ứng (hoạt động)

12 – Thanh nhiên liệu

13 – Bộ phận làm mát lớp vỏ bảo vệ sinh học

14 – Gá đỡ dưới

### II.3.2 Chức năng của từng bộ phận

Vùng hoạt động là bộ phận quan trọng nhất của lò hạt nhân vì ở đó xảy ra phản ứng dây chuyền, nó truyền một lượng nhiệt lớn cho chất truyền nhiệt mang ra ngoài

Hệ thống điều khiển bảo vệ dùng để điều khiển phản ứng dây chuyền. Hệ thống này được làm từ các vật liệu có khả năng hấp thụ các hạt neutron cao (Bo, Cd). Thanh điều khiển có thể di chuyển lên cao hoặc xuống thấp gần các thanh nhiên liệu nhờ các nam châm điện (trong trường hợp khẩn cấp, người ta ngắt điện và các chất hấp thụ neutron rơi vào tâm lò, làm ngừng phản ứng hạt nhân).

**-Lớp vỏ bảo vệ sinh học:** có nhiệm vụ làm giảm cường độ các tia phóng xạ đến mức độ cho phép .

**-Thanh nhiên liệu :** Nguyên liệu thường được sử dụng trong các lò phản ứng hạt nhân là Uran-235, Uran-233, hoặc Plutoni-239. Phản ứng dây truyền được xảy ra dưới tác động ban đầu của các neutron. Thanh nhiên liệu cho các lò phản ứng hạt nhân được làm thành dạng viên Uranium oxide hình trụ, hình cầu, tấm... Chúng được xếp vào các hộp zircalloy 4 (hợp kim của zirconium, rất bền, chịu được nhiệt độ cao và không hấp thụ neutron). Phổ biến nhất là dạng hình trụ, tập hợp thành bó vuông gồm khoảng 200 thanh. Người ta còn chừa một số vị trí trong đó để đặt các thanh điều khiển.

**-Chất làm chậm** với chức năng làm giảm tốc độ của các neutron sinh ra từ phản ứng phân hạch để dễ dàng tạo ra sự phân hạch tiếp theo. Thông thường sử dụng nước làm chất chậm

**Chất phản xạ:** Có nhiệm vụ làm tăng số lượng các hạt neutron trong vùng phản ứng, không cho các hạt neutron bắn ra ngoài, và làm các hạt neutron phân bố đều trong vùng phản ứng (hoạt động). Có thể kết hợp chất làm chậm và chất phản xạ (nước, graphite) hoặc có thể dùng Uran tự nhiên .

**-Chất truyền nhiệt:** Truyền nhiệt năng từ vùng phản ứng ra ngoài. Chất truyền nhiệt có thể chạy trong các ống áp lực, hoặc trực tiếp chạy qua vùng phản ứng. Chất truyền nhiệt thông thường được sử dụng là nước.

### II.3.3 Năng lượng nguyên tử sinh ra như thế nào?

Năng lượng nguyên tử là năng lượng sinh ra khi có sự phân hạch hạt nhân hoặc tổng hợp hạt nhân

Dưới tác dụng của neutron, hạt nhân U -235 bị phân ra hai mảnh và hai mảnh này bay phân tán với tốc độ cao. Khi đó giải phóng một năng lượng cực lớn khoảng 200 MeV (200 triệu điện tử-vôn), đồng thời giải phóng 2-3 neutron mới, năng lượng này gọi là năng lượng nguyên tử.

Chính các neutron mới được giải phóng ra, mỗi neutron này sẽ tạo ra sự phân hạch hạt nhân tiếp theo. Và rồi lại có thêm 2 đến 3 neutron mới được giải phóng. Sự phân hạch hạt nhân một cách liên tục như vậy được gọi là phản ứng dây chuyền cần thiết để duy trì hoạt động của các lò phản ứng hạt nhân

Sơ đồ nhân trong phản ứng dây chuyền

Một trong các đặc tính của PUHN là số tăng K, là tỷ số giữa số neutron của các thế hệ nào đó với số neutron của thế hệ trước:

Nếu  $K = 1$ : Phản ứng dây chuyền sẽ được duy trì

Nếu  $K > 1$ : phản ứng sẽ tăng

Nếu  $K < 1$ : phản ứng dây chuyền sẽ không tồn tại

Trong lò phản ứng, phản ứng dây chuyền thực hiện trong MT gồm vật liệu phân hạch (Uran, plutoni....) các chất làm chậm (nước, graphic...), các chất tải nhiệt (nước, natri lỏng....) và vật liệu cấu trúc (nhôm, thép...)

### II.3.34 Nguyên lý phát điện NM ĐHN:

**-Vòng truyền nhiệt sơ cấp:** Chất dẫn nhiệt được bơm vào vùng phản ứng, nhận năng lượng sinh ra từ phản ứng dây chuyền. Chất tải nhiệt vòng sơ cấp, được giữ ở trạng thái lỏng dưới áp suất cao, mang nhiệt từ lò hạt nhân tới thiết bị sinh hơi, tại đây diễn ra trao đổi nhiệt với vòng thứ cấp

**-Vòng truyền nhiệt thứ cấp:** Chất dẫn nhiệt được bơm vào vùng trao đổi nhiệt với vòng truyền nhiệt thứ nhất, nhận nhiệt năng đem đến bộ phận tạo hơi nước làm quay turbin.

### II.3.5 Các mô hình sản xuất điện hạt nhân:

#### **-Lò phản ứng nhanh làm mát bằng khí (gas-cooled fast reactor - GFR)**

Lò GFR được thiết kế chủ yếu để sản xuất điện và quản lý các chất actinit, nhưng nó cũng có khả năng hỗ trợ sản xuất hydro. Đặc điểm của hệ thống chuẩn GFR: phổ neutron nhanh, lò phản ứng chu trình Brayton làm mát bằng heli, chu trình nhiên liệu kín để tái chế các actinit, và nhà máy hiệu suất 48%. Phương án bố trí hệ thống GFR đã được Cộng đồng Năng lượng nguyên tử châu Âu (Euratom), Pháp, Nhật Bản và Thụy Sĩ ký vào tháng 11/2006.

Một số dạng nhiên liệu (gốm, phần tử nhiên liệu, và các phần tử bọc gốm) hiện đang được xem xét dùng cho lò GFR có cùng điểm chung: Cho phép lò phản ứng vận hành ở nhiệt độ rất cao, nhưng vẫn đảm bảo bao bọc tốt các sản phẩm phân

hạch. Cấu hình phần lõi sẽ hoặc là các khối lắp ráp nhiên liệu dựa trên dạng chốt hoặc dạng đĩa, hoặc là các khối lăng trụ. Khả năng nâng cao tính năng hiện vẫn đang được nghiên cứu, cụ thể như sử dụng vật liệu có độ bền cao hơn, chịu tác động của neutron nhanh (lưu lượng tích phân theo thời gian) ở nhiệt độ rất cao, và phát triển tuabin làm mát bằng heli có khả năng sản xuất điện với hiệu suất cực cao. Các trị số mục tiêu của một số tham số chính, ví dụ như mật độ năng lượng và mức độ đốt kiệt nhiên liệu, là đủ để đạt tính năng hợp lý của công nghệ thế hệ I.

Hai công trình GFR đã được xây dựng ở Mỹ. Công trình đầu tiên mang tên Peach Bottom 1, tại quận York, bang Pennsylvania, là lò phản ứng thực nghiệm làm chậm bằng graphít, hoạt động từ năm 1967 tới năm 1974. Công trình kia là Nhà máy điện Fort Saint Vrain (bang Colorado). Lò này vận hành từ năm 1979 đến năm 1989, đốt nhiên liệu urani-thori ở nhiệt độ cao, và có khả năng sản xuất 330 MW. Các phân tử (thanh) nhiên liệu của nhà máy Fort Saint Vrain có tiết diện lục lăng, mật độ năng lượng đủ thấp để nếu có mất chất làm mát sơ cấp cũng không dẫn đến gây quá nhiệt trực tiếp lõi lò phản ứng. Người vận hành có vài tiếng đồng



hồ để đóng lò phản ứng trước khi lõi bị hư hại. Năm 1996, khu Fort Saint Vrain đã được cải tạo thành nhà máy tuabin khí chu trình hỗn hợp.

Trong số các công trình trình diễn khác về công nghệ GFR đang hoạt động phải kể đến lò phản ứng thử nghiệm nhiệt độ cao (high-temperature test reactor - HTTR) làm chậm bằng graphít của Nhật, công suất toàn phần 30 MW nhiệt đã đạt được từ năm 1999. Lò này sử dụng các khối lắp ráp nhiên liệu dài hình lục lăng, khác với các thiết kế lò phản ứng phân tử tầng (particle-bed reactor – PBR) đang cạnh tranh. Thử nghiệm chứng tỏ rằng lõi có thể đạt tới nhiệt độ đủ để sản xuất ra hydro.

Độc lập với các công trình trên là lò phản ứng môđun tầng sỏi (pebble-bed modular reactor - PBMR), công suất 300 MW nhiệt, sử dụng hệ thống biến đổi công suất tuabin khí chu trình kín, đang được công ty điện lực Eskom của Nam Phi thiết kế triển khai.

Cuối cùng, một consortium các viện nghiên cứu của Nga đã kết hợp với General Atomics thiết kế tuabin khí - lò phản ứng heli dạng môđun (GT-MHR), công suất 300-30 MW nhiệt. Toàn bộ nhà máy GT-MHR hầu như được chứa trong hai khoang áp lực thông nhau, tất cả nằm bên trong kết cấu bê tông ngầm dưới đất. Lõi của GT-MHR đang được thiết kế để sử dụng bất kỳ trong số nhiều loại nhiên liệu đa dạng (kể cả thori/uran hàm lượng cao và Th/U-233). Lò này còn có khả năng biến đổi plutoni phẩm cấp vũ khí hạt nhân hoặc plutoni phẩm cấp lò phản ứng thành điện năng.

**-Lò phản ứng nhanh làm mát bằng chì (lead-cooled fast reactor - LFR)**

Lò LFR là lò phản ứng phổ neutron nhanh, được thiết kế để sản xuất điện năng và hydro, đồng thời quản lý được các actinid. Ba khía cạnh kỹ thuật cơ bản của lò LFR là: sử dụng chì để làm mát, tuổi thọ lõi cao (15 đến 20 năm), và tính môđun và kích thước nhỏ (khả năng thích hợp để triển khai ở những lưới điện nhỏ hoặc vùng xa xôi hẻo lánh).

Lò LFR, như dự kiến trong Chương trình thế hệ IV của Ban Năng lượng hạt nhân của Bộ Năng lượng Mỹ, sẽ dựa trên ý tưởng thiết kế lò phản ứng nhỏ, an toàn, di động, và vận hành độc lập (SSTAR). Sứ mệnh chủ yếu của việc phát triển SSTAR là cung cấp nguồn bổ sung, đáp ứng nhu cầu tại các nước đang phát triển và cộng đồng người dân những vùng hẻo lánh, không tiếp cận được lưới điện. Các công nghệ LFR đã được trình diễn thành công trên quốc tế. Ví dụ đầu tiên là lò phản ứng nhanh BREST của Nga, tiêu thụ nhiên liệu plutoni phẩm cấp lò phản ứng đồng thời tạo ra chất này ở dạng nguyên liệu. Công nghệ BREST dựa trên 40 năm kinh nghiệm của Nga về làm mát bằng chì-bismut các lò phản ứng trên tàu ngầm cấp alpha.

### **-Lò phản ứng muối nóng chảy (molten salt reactor - MSR)**

Lò MSR (xem hình 5) là lò nhiên liệu lỏng có thể sử dụng để đốt các actinide, sản xuất điện năng, hydro, và nhiên liệu phân hạch. Trong hệ thống này, nhiên liệu muối nóng chảy chảy qua các kênh lõi graphít. Nhiệt tạo ra trong muối nóng chảy được truyền sang hệ thống chất làm mát thứ cấp thông qua bộ trao đổi nhiệt trung gian, sau đó qua một bộ trao nhiệt nữa tới hệ thống biến đổi năng lượng. Các actinide và phần lớn các sản phẩm phân hạch tạo nên các florua trong chất lỏng làm mát. Nhiên liệu lỏng đồng nhất cho phép bổ sung actinide mà không yêu cầu phải chế tạo nhiên liệu.

### Hình 5. Lò phản ứng muối nóng chảy

Trong những năm 1960, Mỹ đã phát triển lò phản ứng tái sinh muối nóng chảy như là phương án chính hỗ trợ cho lò phản ứng tái sinh truyền thống. Công tác nghiên cứu gần đây tập trung vào các chất làm mát florua lithi và berylli với thori hoà tan và nhiên liệu U 233. Bộ Năng lượng Mỹ có kế hoạch tiếp tục hợp tác trong tương lai với các chương trình lò phản ứng muối nóng chảy của Euratom.

### **-Lò phản ứng nhanh làm mát bằng natri (sodium-cooled fast reactor – SFR)**

Hình 6. Lò phản ứng nhanh làm mát bằng natri

Mục tiêu ban đầu của chương trình lò SFR (xem hình 6) là quản lý các actinide, cắt giảm các sản phẩm thải, và tiêu thụ uran một cách hiệu quả hơn. Tuy nhiên theo dự kiến, các thiết kế lò trong tương lai không chỉ sản xuất ra điện năng mà còn cung cấp nhiệt, sản xuất hydro, và có thể còn để khử mặn nữa. Phổ neutron nhanh của lò SFR có thể cho phép sử dụng các vật liệu phân hạch hữu ích, kể cả uran yếu, một cách hiệu quả hơn nhiều so với các lò LWR hiện nay. Ngoài ra, hệ thống SFR có thể không cần phải nghiên cứu thiết kế nhiều như các hệ thống thế hệ IV khác.

So sánh các hệ thống GFR, LFR và SFR về tính sẵn sàng mặt kỹ thuật và về kinh nghiệm vận hành, có thể thấy SFR chính là lò phản ứng nhanh thế hệ IV được chọn để trước mắt triển khai. Quyết định này dựa trên 300 lò-năm kinh nghiệm vận hành các lò phản ứng neutron nhanh ở tám quốc gia.

Trong số các đặc điểm quan trọng về độ an toàn của hệ thống SFR phải kể đến thời gian đáp ứng nhiệt dài (lò phản ứng nóng lên chậm), độ dự phòng lớn giữa nhiệt độ vận hành và nhiệt độ sôi của chất làm mát (xác suất xảy ra sự cố sôi là thấp hơn), hệ thống sơ cấp làm việc gần với áp suất khí quyển, và hệ thống natri trung gian giữa natri hoạt tính phóng xạ trong hệ thống sơ cấp và nước và hơi nước trong nhà máy điện.

**II.3.6 Số liệu lò phản ứng đang vận hành và đang xây dựng trên thế giới đến 12-2005:**

Quốc gia	Lò đang vận hành		Lò đang xây dựng		Điện hạt nhân sản xuất năm 2005		Thời gian vận hành tổng cộng đến 12-2005	
	Số lò	Công suất MW (e)	Số lò	Công suất MW (e)	TW.h	% sản lượng điện	Năm	Tháng
Argentina	2	935	1	692	6,37	6,92	54	7
Armenia	1	376			2,50	42,74	38	3
Bỉ	7	5.801			45,34	55,63	205	7
Brazil	2	1.901			9,85	2,46	29	3
Bulgaria	4	2.722	2	1906	17,34	44,10	137	3
Canada	18	12.599			86,83	14,63	534	7
Trung Quốc	9	6.572	3	3.000	50,33	2,03	56	11
Séc	6	3.368			23,25	30,52	86	10
Phần Lan	4	2.676	1	1600	22,33	32,91	107	4
Pháp	59	63.363			430,90	78,46	1.464	2
Đức	17	20.339			154,61	30,98	683	5
Hungary	4	1.755			13,02	37,15	82	2
Ấn Độ	15	3.040	8	3602	15,73	2,83	252	0
Iran			1	915				
Nhật Bản	56	47.389	1	866	280,67	29,33	1.231	8
Triều Tiên			1	1.040				
Hàn Quốc	20	16.810			139,29	44,67	259	8
Lithuania	1	1.185			10,30	69,59	39	6
Mexico	2	1.310			10,80	5,01	27	11
Netherlands	1	449			3,77	3,91	61	0
Pakistan	2	425	1	300	2,41	2,80	39	10
Romani	1	655	1	655	5,11	8,58	9	6
Nga	31	21.743	4	3,775	137,27	15,78	870	4
Slovakia	6	2.442			16,34	56,06	112	6
Slovenia	1	656			5,61	42,36	24	3
Nam Phi	2	1.800			12,24	5,52	42	3
Tây Ban Nha	9	7.588			54,70	19,56	237	2
Thụy Điển	10	8.910			70,00	46,67	332	6

Thụy Sĩ	5	3.220			22,11	32,09	153	10
Ukraina	15	13.107	2	1.900	83,29	48,48	308	6
Anh	23	11.852			75,17	19,86	1.377	8
Mỹ	104	99.210			780,47	19,33	3079	8
Tổng	443	369.552	28	23.211	2626,35	19,28	12.086	2

### III. Tác động của nhà máy hạt nhân đến môi trường;

#### III.1 Tác động của việc khai thác mỏ uran

Trong dây chuyền sản xuất nhiên liệu hạt nhân (xem hình 1), hai khâu khai thác và chế biến quặng urani có tác động xấu nhất đối với con người và môi trường. Quặng urani chủ yếu được khai thác bằng cách cổ điển ở mỏ lộ thiên hoặc mỏ ngầm. Nếu là mỏ lộ thiên, chỉ cần bóc lớp đất đá phủ tương đối mỏng để lấy quặng, còn mỏ ngầm thì phải đào hầm lò khá sâu qua lớp đá không quặng, có khi tới hai ba kilômet dưới lòng đất. Hàng triệu lít nước ô nhiễm bơm từ mỏ vào sông rạch, khiến lớp trầm tích ngày càng chứa nhiều chất phóng xạ hơn. Tuy việc thông khí ở mỏ giảm được phần nào tai hại cho sức khỏe công nhân, nhưng bụi phóng xạ và khí radon thổi ra ngoài lại làm tăng nguy cơ mắc bệnh ung thư phổi cho người dân sống gần đó. Đá thải chất thành gò lớn cũng hay có độ phóng xạ cao hơn các loại đá bình thường. Kể cả khi mỏ đã ngừng hoạt động, gò đá thải vẫn còn là mối đe dọa đối với môi trường và các khu dân cư lân cận vì khí radon, nước rỉ ô nhiễm có thể thoát ra ngoài.

Sau khi thu hoạch, quặng urani được đập vỡ rồi nghiền nhỏ ở phân xưởng gia công. Trong quá trình thủy luyện, người ta tách urani ra khỏi quặng bằng một dung dịch thường là axit sunfuric nhưng cũng có khi là dung dịch bazơ. Ngoài urani ra, chất lỏng dung dịch còn hoà tan nhiều kim loại nặng và asen nên phải lọc lấy urani lần nữa. Thành phẩm của khâu chế biến là “bánh vàng” (yellow cake) tức oxit urani U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> xen lẫn tạp chất. Nguy cơ lớn nhất ở khâu này là bụi phóng xạ. Bên cạnh đó, hàng chục triệu tấn phế liệu nhiễm chất phóng xạ cũng có thể gây tác động nặng nề. Quặng thải (tailings) mới đầu có trạng thái đặc sệt như bùn được bơm vào bồn lắng, tách lấy phần rắn đưa ra bãi phế liệu. Nó có trọng lượng lớn gần bằng trọng lượng quặng khai thác được và còn giữ khoảng 85 % lượng phóng xạ ban đầu vì ngoài trừ một ít urani (hàm lượng rất thấp do đa số mỏ chứa dưới 0,5 % U), quặng thải bao gồm tất cả các thành phần khác, trong đó có thori-230, radium-226... và cả dư lượng urani nữa. Ngoài ra, quặng thải còn chứa nhiều chất độc như kim loại nặng, asen... Vì thế, các bãi phế liệu là nguồn phóng xạ độc hại lâu dài. Tuy có chu kỳ bán rã tương đối ngắn (3,8 ngày), radon-222 không ngừng phát sinh từ Ra-226 (chu kỳ bán rã 1.600 năm), chất này lại luôn được bổ sung bởi phản ứng phân rã của Th-230 (chu kỳ bán rã 80.000 năm). Phải sau mấy trăm ngàn

năm, lượng phóng xạ và sự phát sinh khí radon mới giảm đáng kể. Ngoài ra, còn có khả năng nước rỉ chứa asen, urani v.v. - đặc biệt nguy hiểm trong môi trường axit vì các đồng vị phóng xạ ở dạng cơ động hơn bình thường - làm ô nhiễm cả nước ngầm lẫn nước bề mặt. Vì chu kỳ bán rã của nhiều chất phóng xạ quá dài nên để bảo đảm an toàn, bãi phế liệu phải được củng cố bằng đập đá hay bê-tông. Điều đó khó thực hiện ở những vùng chịu nhiều tác động xói mòn và thiên tai lũ lụt như Việt Nam. Trong quá khứ, nhiều vụ vỡ đê bảo hộ khiến hàng ngàn tấn bùn và hàng triệu lít nước ô nhiễm tràn ra ngoài, thí dụ như ở Hoa Kỳ năm 1977, 1979 và ở Canada năm 1984.

Sau khi ngừng khai thác, để phòng tai họa cho con người và môi trường, cần phải thu dọn, cải thiện tình trạng ô nhiễm ở mỏ và phân xưởng gia công, cũng như phải quản lý chặt chẽ một lượng phế thải (đá và quặng thải) hạt nhân không lồ. Chi phí xử lý sau khi khai thác tùy thuộc vào tiêu chuẩn bảo vệ môi trường. Đức phải chi 49 USD cho mỗi tấn phế thải hay 14 USD cho mỗi cân Anh U3O8 khai thác ở CHDC Đức cũ, trong khi các chi phí tương ứng của Canada là 0,48 USD/tấn phế thải và 0,12 USD/lb U3O8. Tổng chi phí xử lý mấy chục triệu tấn phế thải từ một mỏ urani sẽ lên tới hàng triệu, thậm chí hàng trăm triệu đô-la Mỹ. Càng để lâu, việc xử lý phế thải càng khó khăn và tốn kém hơn. Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế khuyến cáo ngay khi lập bản dự chi cho việc sản xuất urani nên tính cả kinh phí quản lý môi trường và chất thải trong quá trình khai thác cũng như sau đó.

Giữa bối cảnh môi trường sinh thái ở nước ta đang suy thoái nặng nề, mỗi tác động đáng kể vào tự nhiên đều đòi hỏi sự cân nhắc cẩn thận và những biện pháp phòng chống ô nhiễm chặt chẽ. Huống chi việc khai thác quặng urani lại thải ra một lượng phế liệu phóng xạ độc hại hết sức to lớn. Nếu không được xử lý kỹ lưỡng, nó là mối đe dọa nhiều mặt kéo dài hàng ngàn hàng vạn năm ("ngàn năm phế thải vẫn còn tro tro!"). Vì thế cho nên chừng nào nước ta chưa đào tạo đủ công nhân kỹ thuật, cán bộ quản lý có kỹ năng và tinh thần trách nhiệm cao, chưa có luật định nghiêm ngặt về bảo vệ môi trường như hiện nay, chúng ta khoan tiến hành việc sản xuất urani.

Đây là loài cá từng gây xôn xao ở Hàn Quốc vào năm 2005. Hiện tượng kỳ thú này là do xung quanh khu vực hồ nước ở TP Chongju, nơi phát hiện ra cá chép mặt người có nhiều nhà máy điện nguyên tử đang hoạt động. "Chất thải

nhiễm phóng xạ hạt nhân là nguyên nhân dẫn tới sự đột biến gene của động vật sống trong hồ."

***III.2 Chất thải hạt nhân cũng là vấn đề khiến nhiều người lo lắng. Bài toán này sẽ được giải quyết như thế nào?***

Chất thải phóng xạ hiện là một vấn đề chưa có được hướng giải quyết triệt để.

Sau ba năm sử dụng, các thanh nhiên liệu đã cháy được coi là chất thải hoạt độ cao. Tại nhiều nước các chất bó thanh nhiên liệu này được lưu giữ tại nhà máy (thời hạn có thể đến 50 năm) rồi được vận chuyển đến địa điểm lưu trữ lâu dài.

Tuy nhiên, chưa nước nào có được một địa điểm ổn định lưu giữ chất phóng xạ cao này trong thời gian dài (1.000 - 100.000 năm), mà mới chỉ ở mức độ mô phỏng trên mô hình (Pháp). Nhưng các nghiên cứu về xử lý và quản lý chất thải hoạt độ cao đang được nhiều nước trên thế giới quan tâm đầu tư nghiên cứu.

Hy vọng, với tiến bộ của khoa học kỹ thuật và công nghệ, sẽ sớm có giải pháp tối ưu cho vấn đề này trong thời gian tới.

### **“Một sai lầm nhỏ cũng có thể dẫn đến hậu quả lớn”**

*Khi phát triển các nhà máy điện hạt nhân, chúng ta sẽ phải phụ thuộc vào công nghệ của nước ngoài. Tính an toàn của những công trình này sẽ được bảo đảm như thế nào?*

Xu hướng gần đây cho thấy lò nước nhẹ công suất lớn (bao gồm cả lò nước sôi và lò nước áp lực) đang chiếm ưu thế trong các dự án đang được xây dựng, cũng như các dự án có kế hoạch xây dựng.

Trên thế giới hiện hình thành 3 liên minh cung cấp thiết bị lớn là Westinghouse - Toshiba, Areva - Mitsubishi, General Electric - Hitachi. Ngoài ra, Atomstroi của Nga cũng là nhà thầu có nhiều dự án đang xây dựng ở nước ngoài.

Lựa chọn công nghệ phù hợp với các đặc thù của Việt Nam cũng sẽ là một thách thức lớn cho những người có trách nhiệm đặt nền móng cho ngành công nghiệp nguyên tử.

Tuy nhiên vận hành và bảo dưỡng nhà máy an toàn trong một thời gian dài từ 40 – 60 năm mới là nỗi quan tâm lo lắng nhất. Một sai lầm nhỏ cũng có thể dẫn đến những hậu quả và thiệt hại to lớn.



Không giống như các nhà máy điện khác, vấn đề an toàn ở đây bao gồm cả vấn đề bảo vệ nhà máy chống lại mối đe dọa phá hoại từ bên ngoài (đe dọa gây thảm họa phóng xạ), và bảo vệ nguyên liệu hạt nhân.

Sự hậu thuẫn và ủng hộ của các cường quốc, cũng như các nước trong khu vực là một yếu tố quan trọng đảm bảo an ninh của các công trình này. Thêm vào đó, đội ngũ cán bộ trong nước cũng phải được đào tạo để tiếp nhận công nghệ mới trong thời gian sớm nhất. Tất cả những vấn đề này trong kế hoạch cũng đang được cân nhắc :

**III.3 Những tai nạn khủng khiếp:** Một ngày cuối tháng 4-1986, lò số 4 của Nhà máy điện hạt nhân Tchernobyl có công suất 6.000 Megawatt, nằm gần thành phố Pripjat, Ukraina bị một tai nạn khủng khiếp.

Tai nạn được xếp ở cấp 7, cấp thang cao nhất theo quy định của INES (International Nuclear Event Scale); sức nổ rất mạnh, phát tán phóng xạ ra nhiều vùng ở nước Nga, các nước Bắc Âu, sang tận miền nam nước Pháp. Liều phóng xạ quá lớn (đến gần 1.600 rems, trong khi liều bức xạ tối đa được chấp nhận cho người dân thường phải ít hơn 50 rems) nên 49.000 dân thành phố Pripjat và 135.000 người trong phạm vi 30 ki lô mét chung quanh nhà máy phải di tản lập tức.

Nguyên nhân chính gây ra tai nạn này là do thiết kế thiếu bảo đảm và lỗi của công nhân vận hành. Sau đó khoảng gần 5.000 tấn cát, đất sét, chì... được máy bay trực thăng đổ xuống để làm giảm chất phóng xạ, rồi người ta dùng thép và bê tông để che lấp nhà máy. Kinh phí ban đầu cho việc cứu chữa này là hơn 550 triệu đô la Mỹ. Nhưng công trình này tiếp tục bị rạn nứt. Người ta dự kiến sẽ làm công trình thứ hai, tốn kém hơn nhiều.

Lúc đầu, vì sợ dân chúng hoang mang và thế giới trách móc nên số chính xác thiệt hại về con người không được công bố. Nhưng đến nay đã có vài ngàn trẻ em bị mô tuyến giáp trạng, mắc bệnh bạch huyết, ung thư và dị tật bẩm sinh; hậu quả tàn khốc của tai nạn Nhà máy điện hạt nhân Tchernobyl sau gần 20 năm vẫn âm thầm tiếp diễn.

Một tài liệu được công bố gần đây của tổ chức Greenpeace cho biết, trong số 600.000 người lính đến Tchernobyl để quét dọn, làm sạch chất phóng xạ, rất nhiều người đã bị chết, con số chính xác không được công bố rõ ràng.

Tại Mỹ, tháng 3-1979 một sự cố lớn cũng đã xảy ra ở lò Three Mile Island cách không xa thành phố Harrisburg, bang Pennsylvania. Tim lò nhà máy điện hạt nhân (công suất 900 megawatt) bị thiệt hại, nhiệt độ tăng vọt lên hơn 1.800 độ C, làm

phát tán phóng xạ. Nguyên nhân chính của tai nạn này là do lỗi của công nhân vận hành, không thực hiện đúng các quy cách hướng dẫn.

Một khảo cứu mới nhất của Viện Môi trường thành phố München, CHLB Đức, cho biết tại khu vực chung quanh các nhà máy điện hạt nhân còn hoạt động tại tiểu bang Bayern, người ta thống kê được nhiều trẻ em mắc bệnh ung thư hơn ở các vùng không có nhà máy điện hạt nhân. Số trẻ em sinh ra và lớn lên chung quanh ba nhà máy điện hạt nhân Grundremmingen, Isar và Grafenheinfeld (ba trong số mười chín nhà máy điện hạt nhân tại Đức còn được phép hoạt động cho đến hết năm 2020) bị mắc bệnh ung thư nhiều hơn 30% so với mức bình thường.

Cơ quan Liên bang Bảo vệ Phòng chống Nhiễm Phóng xạ của CHLB Đức nhận định nguyên nhân gây bệnh ung thư là do các trẻ em này bị nhiễm phóng xạ từ lúc sinh ra, đã sống và lớn lên ở gần các nhà máy điện hạt nhân.

### **III.4 Nguy cơ từ chất thải phóng xạ**

Sự cố hạt nhân không chỉ xảy ra đối với nhà máy điện hạt nhân khi vận hành, mà còn tiềm ẩn nguy cơ khi vận chuyển nhiên liệu hạt nhân; đặc biệt là ở khâu xử lý chất thải hạt nhân (nhiên liệu đã qua sử dụng), có thể gây ô nhiễm môi trường.

## **IV. ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA ĐIỆN HẠT NHÂN:**

### **IV.1 Ưu Điểm Của Điện Hạt Nhân:**

1. Năng lượng hạt nhân là một giải pháp kinh tế, an toàn và là nguồn năng lượng sạch đảm bảo sự phát triển bền vững trong việc thoả mãn nhu cầu điện năng tăng mạnh trên toàn cầu.

- Vào năm 2050, tiêu thụ năng lượng hạt của chúng ta sẽ là gấp đôi và nhu cầu điện năng sẽ là gấp ba. Mức tiêu thụ ghê gớm đó, mà phần lớn ở các nước đang phát triển, không thể thoả mãn được nhờ “năng lượng mới” như gió, mặt trời, cho dù các nguồn này có thể đóng vai trò quan trọng ở một số vùng nào đó.

- Rất hiện thực, năng lượng hạt nhân là một công nghệ sạch, có khả năng mở rộng trên quy mô lớn để cung cấp nguồn điện ổn định, liên tục. Tài nguyên urani còn phong phú và triển vọng cung cấp nhiên liệu với giá ổn định và sáng sủa.

- Một phần ba dân số thế giới chưa được dùng điện, một phần ba nữa chỉ được dùng điện một cách hạn chế. Trong cuộc vật lộn đáp ứng nhu cầu điện năng của mình, một số nước đang phát triển đông dân có thể làm tăng phát thêm CO<sub>2</sub> ở toàn cầu.

- Urani là nguyên tố tự nhiên và phóng xạ tự nhiên của nó vẫn ở quanh chúng ta trong cuộc sống hàng ngày. - Nhiều nước có chính sách năng lượng gắn chặt với năng lượng hạt nhân, trong số đó có Trung Quốc, Ấn Độ, Hoa Kỳ, Nga, Nhật Bản, Hàn Quốc với tổng số dân chiếm nửa dân số toàn cầu. Thế giới có 441 tổ máy điện

hạt nhân đang hoạt động ở 30 quốc gia tạo ra sản lượng chiếm 17% tổng điện năng thế giới và 30 tổ máy nữa đang xây dựng.

2. Lò phản ứng hạt nhân thực sự không phát thải khí hiệu ứng nhà kính, sử dụng chúng để phát triển điện có thể giúp kiềm chế được mối nguy hiểm nóng lên toàn cầu và thay đổi khí hậu. Bất kỳ một chiến lược nào thực sự muốn ngăn chặn mối đe dọa chưa từng có này đều cần đến năng lượng hạt nhân.  
- Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) là chất chính yếu gây nên hiệu ứng nhà kính và hiện tượng ấm lên toàn cầu.

Nhiên liệu hoá thạch ( than, dầu, khí) khi được dùng để sản xuất điện hay trong động cơ xe cộ và máy móc sẽ phát tán khí CO<sub>2</sub> trực tiếp vào không khí. Năng lượng hạt nhân ban đầu hầu như không thải khí CO<sub>2</sub> hay bất kỳ khí gây hiệu ứng nhà kính nào.

- Các chuyên gia khí hậu cảnh báo rằng chúng ta cần cắt giảm phát thải khí CO<sub>2</sub> toàn cầu từ 25 tỷ tấn hàng năm xuống còn 10 tỷ tấn, thậm chí cả khi tăng sản xuất năng lượng.

- Các nhà máy điện hạt nhân hàng năm giúp tránh thải 2,5 tỷ tấn CO<sub>2</sub> một lượng tương đương một nửa số khí thải của ngành vận tải thế giới. Mở rộng công suất hạt nhân đồng nghĩa giảm thải chất gây hiệu ứng nhà kính được nhiều hơn.

- Năng lượng hạt nhân còn giúp giảm bớt ô nhiễm không khí và bề mặt trái đất. Lò phản ứng hạt nhân không thải ra khói (Nguyên nhân gây ra sương mù và các bệnh về đường hô hấp) và chất khí tạo nên mưa axit (huỷ hoại rừng và ao hồ).

- Khi đánh giá tác động sinh thái của toàn bộ chu trình bằng các trọng số sử dụng tài nguyên, ảnh hưởng đến sức khoẻ, hậu quả của chất thải thì năng lượng hạt nhân vượt lên trên các phương án năng lượng thông thường khác và ngang bằng với năng lượng mới.

3. Chất thải phóng xạ không phải là một điểm mà là một đặc thù của năng lượng hạt nhân. So với lượng thải khổng lồ của năng lượng hoá thạch vào khí quyển, lượng chất thải hạt nhân nhỏ được quản lý tốt có thể cất giữ mà không gây hại cho con người mà môi trường.

- Chất thải phóng xạ được kiểm soát theo cách ngăn không để chúng bị đánh cắp hay làm ô nhiễm môi trường xung quanh. Phần lớn nhiên liệu đã được sử dụng được giữ tại nhà máy. Chất thải mức cao được xếp trong thùng thép dày chống ăn mòn và đặt sâu trong lòng đất nơi có liên tảo ổn định và được theo dõi cận thận. Các nhà khoa học đánh giá rằng các khu chôn đó giữ được hàng thiên niên kỷ.

- Chất thải phóng xạ mức cao của nhà máy tái chế biến nhiên liệu được gồm hoá

hay thuỷ tinh hoá. Hiện nay Hoa Kỳ, Phần Lan, Thuỷ Điển đang đi đầu về kỹ thuật chôn ngầm.

- Đã có hơn 100 lò phản ứng năng lượng chấm dứt hoạt động và đang trong thời kỳ thanh lý. Chín chiếc đã xong phần tháo dỡ hạt nhân.
- Tất cả các nước có sản xuất điện hạt nhân chịu hoàn toàn trách nhiệm quản lý an toàn chất thải sinh ra trong hoạt động hạt nhân của họ.
- Ở những nước sử dụng kỹ thuật hạt nhân, lượng chất thải phóng xạ không quá 1% chất thải công nghiệp độc hại khác. Có điều khác biệt là tính phóng xạ của nhất thải hạt nhân giảm dần theo thời gian do phân rã tự nhiên còn tính độc của các chất thải công nghiệp khác hầu như vĩnh viễn.
- Công nghiệp hạt nhân cam kết công khai minh bạch khi ra quyết định, Tạo sự đồng thuận với cộng đồng dân cư trong quản lý chất thải.

4. Điện hạt nhân có thành tích an toàn, xuất sắc hơn hẳn so với các công nghiệp năng lượng khác trong quảng kinh nghiệm vận hành trên 11.000 lò/năm.

- Tai nạn chernobyl năm 1986 tại Ukraine, tai nạn duy nhất gây chết người đã bồi nhọ hình ảnh năng lượng hạt nhân, loại lò này thiếu hẳn cấu trúc tường ngăn có tác dụng chặn chất phóng xạ không cho rò rỉ thoát ra ngoài trong trường hợp khẩn cấp và chắc chắn ngày nay nó sẽ không bao giờ được cấp giấy phép.

- Vụ chernobyl thúc đẩy thành lập liên đoàn các nhà vận hành hạt nhân thế giới, một tổ chức nghề nghiệp quan tâm tới tường lò phản ứng thương mại trên Thế giới và thông qua nó, chủ các công ty điện lực áp dụng những tiêu chuẩn thực tiễn tốt nhất như một phần văn hoá an toàn hạt nhân toàn cầu.

- Trong bất cứ hoàn cảnh nào, một lò hạt nhân không bao giờ xảy ra nổ như quả bom nguyên tử.

- Hồ sơ cho thấy rằng điện hạt nhân thương mại an toàn hơn rất nhiều so với các hệ thống dùng nhiên liệu hoá thạch cả về mặt rò rỉ ra cho con người trong khi sản xuất nhiên liệu, cả về mặt ảnh hưởng sức khoẻ và môi trường khi tiêu thụ. Những tai nạn chết người xảy ra thường xuyên trong các vụ vỡ đập thuỷ điện, nổ mỏ than hay cháy ống dẫn dầu.

- Chế độ quy phạm hạt nhân nghiêm ngặt cả ở tầm quốc gia và quốc tế đảm bảo an toàn cho người lao động, công chúng và môi trường. Mỗi nhà máy điện hạt nhân được yêu cầu dành ưu tiên hàng đầu cho các biện pháp an ninh và những kế hoạch cứu hộ nhằm bảo vệ công chúng trong tình huống xấu.

- Ngày nay, các lò phản ứng hạt nhân áp dụng triết lý “phòng thủ theo chiều sâu” nghĩa là gồm nhiều lớp bảo vệ vững chắc và các hệ thống an toàn dự phòng để ngăn chặn rò rỉ phóng xạ thậm chí trong điều kiện tai nạn xấu nhất.

5. Vận chuyển vật liệu hạt nhân, đặc biệt là nhiên liệu mới, nhiên liệu đã qua sử dụng và chất thải trong suốt bốn thập kỷ qua chưa hề gây rò thoát phóng xạ, thậm chí cả khi có tai nạn.

- Nguyên, vật liệu hạt nhân đã và đang được chuyên chở bằng đường bộ, đường sắt và đường biển. Ngành công nghiệp hạt nhân đã thực hiện trên 20.000 chuyến hàng chở hơn 50.000 tấn trên quãng đường tổng cộng khoảng 30 triệu kilomet.

- Nhưng quy định quốc gia và quốc tế khắt khe đòi hỏi việc vận chuyển phải sử dụng những thùng chứa được thiết kế đặc biệt có lớp vỏ thép dày, chịu nhưỡng va chạm mạnh váchông được đập phá.

- Do có năng lượng khổng lồ khối nhiên liệu urani nhỏ nên năng lượng hạt nhân cần vận chuyển rất ít, trái lại những chuyến hàng nhiên liệu hoá thạch là một gánh nặng của hệ thống chuyên chở quốc tế với mối đe dọa môi trường, nhất là hiểm hoạ ô nhiễm dầu.

6. Nhà máy điện hạt nhân là thiết bị công nghiệp vững chắc, an toàn và được bảo vệ tốt nhất trên thế giới.

- Kể từ cuộc tấn công khủng bố 11-9-2001, những người vận hành lò và giới chức chính phủ toàn khắp thế giới đã xem xét lại vấn đề an ninh và đã nâng cấp hệ thống an ninh nhà máy điện hạt nhân.

- Nhà máy điện hạt nhân ở Hoa Kỳ sẽ không là hiểm hoạ đối với cư dân địa phương, thậm chí cả khi một máy bay cố tình đâm vào. Lớp vỏ thép và lớp bê tông được gia cố cùng cấu trúc bên trong hoàn toàn hạn chế tối thiểu không rò thoát phóng xạ trong trường hợp như vậy.

7. Phát điện bằng năng lượng hạt nhân không làm tăng nguy cơ phổ biến vũ khí hạt nhân.

- Chế độ thanh sát quốc tế mà LHQ được uỷ quyền thi hành và được hỗ trợ bởi hoạt động thanh tra đột xuất có thể phát hiện được mọi ý đồ muốn chuyển thiết bị và nhiên liệu hạt nhân dân sự sang mục đích quân sự.

- Việc phát hiện ra chương trình hạt nhân của Irắc vào đầu những năm 1990 cho thấy hệ thống giám sát phòng ngừa các chương trình hạt nhân bí mật vẫn còn khiếm khuyết. Ngày nay, cơ quan năng lượng nguyên tử Quốc tế (IAEA) tăng cường năng lực kỹ thuật và mở rộng quyền lực thanh tra để phát hiện những chương trình hạt nhân bất hợp pháp.

- nhiên liệu hạt nhân chủ yếu là urani có độ giàu thấp không thể dùng chế tạo vũ

khí hạt nhân. Còn plutoni trong nhiên liệu đã cháy không đủ để làm vũ khí.

- Nhà máy điện hạt nhân có thể giúp loại trừ đầu đạn hạt nhân quân sự bằng cách đốt vật liệu phân hạch tháo ra từ các đầu đạn trong các lò phản ứng hạt nhân thông thường. Hiện nay, một số nhà máy điện hạt nhân của Hoa Kỳ đang sử dụng nhiên liệu lấy từ các vũ khí hạt nhân bị dỡ bỏ của Nga trong chương trình “biến mêgaton thành mêgawatt”.

**8. Điện hạt nhân có khả năng cạnh tranh về kinh tế và sẽ cạnh tranh hơn khi tính đến chúng ta môi trường liên quan đến những tổn hại do phát thải cacbon.**

- Ở bất kì đâu khi được sử dụng, năng lượng hạt nhân giúp đảm bảo sự tin cậy và an ninh năng lượng, đó lại là cơ sở cho kinh tế ổn định và tăng trưởng.

- Năng lượng hạt nhân cần sự ủng hộ của chính phủ nhưng không dựa vào trợ cấp của chính phủ. Trong khi đó, nhiên liệu hoá thạch được lợi nhờ những chi phí xử lý ô nhiễm mà chính phủ phải gánh nhưng không được tính vào kinh tế của năng lượng hoá thạch.

- Hạt nhân là ngành công nghiệp năng lượng duy nhất có trách nhiệm về tất cả chất thải của mình và tính đủ những chi phí đó trong giá bán điện. Năng lượng hạt nhân thậm chí còn cạnh tranh hơn nếu như tất cả các nguồn năng lượng đều chịu các loại chi phí chôn giữ chất thải và chi phí xã hội một cách bình đẳng.

- Trong 50 năm phục vụ, điện hạt nhân là nguồn “tải đáy” quan trọng của thế giới, ở liên minh Châu Âu (EU) năng lượng hạt nhân là nguồn điện lớn nhất, chiếm 35% tổng sản lượng. Ở Nhật Bản, tỷ trọng hạt nhân là 34,5% . Tỷ lệ này là 18% ở Pháp và 20% ở Hoa Kỳ.

- Thông qua cải tiến công nghệ và quá trình, hiệu suất làm việc của lò hạt nhân ngày càng cao. Năm 1980, nhà máy hạt nhân ở Hoa Kỳ chỉ sử dụng 54% công suất thiết kế nay đạt hơn 90%.

- Một khi được xây dựng, nhà máy điện hạt nhân được vận hành với hiệu quả kinh tế cao. Chi phí nhiên liệu ổn định và chiếm phần nhỏ trong chi phí vận hành. Ngược lại, điện sản xuất bằng khí có chi phí nhiên liệu cao và do đó giá thành trong tương lai khá ổn định.

**9. Công nghệ năng lượng hạt nhân tiên tiến và đa dạng tạo điều kiện phát triển tương lai bền vững cả ở nước công nghiệp và nước đang phát triển. Lò phản ứng hạt nhân còn được dùng để khử mặn nước biển nhằm đáp ứng nhu cầu nước sạch ngày càng tăng trên thế giới. Những thế hệ lò phản ứng hạt nhân mới đang được kỳ vọng để sản xuất hiđrô và năng lượng lớn cung cấp nhiên liệu cho ô tô năng**

lượng sạch.

- Một số thiết kế lò phản ứng áp dụng nguyên lý an toàn “thụ động”, thậm chí với trục trặc tồi tệ nhất và không có người vận hành hạt nhân, lò vẫn tự nguội. Những đặc điểm khác của thiết kế mới là nhiên liệu, vốn xây dựng, chi phí vận hành giảm nhưng lại cải thiện được độ tin cậy và khả năng chống phổ biến vũ khí. Công nghệ hạt nhân không ngừng được cải tiến.

- Trong tự nhiên, hidro không tồn tại ở dạng có thể dùng cho mục đích năng lượng nhưng khi được tách ra, nó trở thành nguồn nhiên liệu cho vận tải rất sạch đối với môi trường. Chỉ có năng lượng hạt nhân tỏ ra có thể sản xuất hidro trên quy mô lớn. Ở Hoa Kỳ, nhu cầu hidro dành cho vận tải khoảng 230.000 tấn/ngày. Các lò phản ứng hạt nhân tương lai hoạt động với nhiệt độ cao có thể sản xuất một khối lượng lớn như vậy một cách hiệu quả như sử dụng quá trình hoá nhiệt.

**10.** Thái độ tích cực của công chúng đối với năng lượng hạt nhân thực ra tốt hơn nhiều so với những gì mà người ta gán cho trong các cuộc tranh luận chung.

- Thủy Sĩ, trong một cuộc trưng cầu dân ý về những sáng kiến chống hạt nhân năm 2003, đã bỏ phiếu cho phương án giữ các nhà máy hạt nhân của mình. Những điều tra khác cho thấy hai phần ba người Mỹ ủng hộ sử dụng năng lượng hạt nhân, ở người Thủy Điển đây ý thức môi trường, 80% muốn duy trì hoặc mở rộng điện hạt nhân, gần ba phần tư dân Nhật Bản nhận thức được giá trị năng lượng hạt nhân.

- Nói chung dân chúng không được thông tin đúng về năng lượng hạt nhân. Các cuộc thăm dò dư luận cho thấy nhiều người vẫn tin rằng năng lượng hạt nhân làm trầm trọng hơn là giảm bớt mối nguy hiểm ám lên toàn cầu. Tuy nhiên, tiếng chuông báo động về thay đổi khí hậu vang lên ngày càng dồn dập khiến cho con người ngày càng hiểu năng lượng hạt nhân là một phương pháp an toàn và có tính xây dựng cao để khắc phục hiểm hoạ đang ngày một nghiêm trọng đối với sinh quyển trái đất.

**11.** Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong bảo vệ môi trường:

Kỹ thuật hạt nhân đã được ứng dụng ở Việt Nam trong lĩnh vực quan trắc cũng như xử lý một số loại ô nhiễm. Từ những năm 80 của thế kỷ XX, quan trắc phóng xạ môi trường đã được các chuyên gia môi trường Việt Nam thực hiện từ quan trắc môi trường nước, đất đến không khí và vẫn được tiến hành thường xuyên cho đến nay.

Nhờ ứng dụng kỹ thuật hạt nhân, Việt Nam đã xác lập được cơ sở dữ liệu ban đầu về phong phóng xạ môi trường trước khi có nhà máy điện hạt nhân.

Bên cạnh đó, các ứng dụng kỹ thuật hạt nhân cũng đã được nghiên cứu triển khai để xử lý các loại ô nhiễm môi trường khác.

Ngoài ra, một số ngành công nghiệp đã nghiên cứu thử nghiệm kỹ thuật bức xạ để xử lý ô nhiễm, cho kết quả khả quan.

Nhờ những kết quả đó mà Chính phủ đề ra các quyết sách quan trọng trong việc ứng dụng và phát triển năng lượng nguyên tử vì mục đích hoà bình, phục vụ nhiệm vụ phát triển kinh tế xã hội của đất nước.

## **IV. 2 ĐIỆN HẠT NHÂN VÀ NHỮNG THÁCH THỨC TO LỚN**

### **1.Nguồn đầu tư lớn**

Mặc dù đã được cải tiến bằng cách đơn giản và tiêu chuẩn hoá các thiết kế để giảm chi phí xây dựng và vận hành và sửa chữa, xây dựng nhà máy điện hạt nhân vẫn đòi hỏi một nguồn vốn rất lớn và thời gian xây dựng kéo dài với các công nghệ tiên tiến và phức tạp mà Việt Nam chưa nắm bắt được chắc chắn. Với một nguồn vốn đầu tư lớn tới hơn 2 tỷ dollars cho một tổ máy phát điện 1000 MW, việc quản lý chuẩn bị đầu tư và xây dựng tốt, nắm chắc quy trình và kỹ thuật xây dựng, đào tạo nhân lực cho quản lý vận hành an toàn là những thách thức to lớn để có được một nguồn cung cấp điện an toàn, ổn định và rẻ cho sự phát triển kinh tế của đất nước trong tương lai.

Kinh nghiệm của các nước khác trong xây dựng và vận hành NMDHN cho thấy với thiết kế kém chất lượng, thời gian xây dựng bị chậm trễ, sự lo lắng về vấn đề an toàn, giá thành của NM ĐHN sẽ có thể bị tăng cao lên rất nhiều so với dự kiến ban đầu. Sự hậu thuẫn và nhất quán về mặt chính trị và đường lối sẽ giảm tối đa được sự bất ổn, đảm bảo ổn định được giá thành trong quá trình chuẩn bị và xây dựng NM DDNT.

### **2.Lựa chọn công nghệ**

Lựa chọn công nghệ phù hợp nhất cho Việt Nam, tính tới điều kiện đặc thù tự nhiên, kinh tế, xã hội, thể chế cũng sẽ là một thách thức lớn cho những người có trách nhiệm đặt nền móng cho ngành công nghiệp nguyên tử, bởi vì chi phí phê duyệt, xây dựng, vận hành và sửa chữa sẽ được giảm đáng kể cho các nhà máy tiếp theo.

Xu hướng gần đây cho thấy lò nước nhẹ công suất lớn ( bao gồm cả lò nước sôi và lò nước áp lực) đang chiếm ưu thế trong các dự án đang được xây dựng, cũng như



các dự án có kế hoạch xây dựng. Trên thế giới hiện hình thành 3 liên minh cung cấp thiết bị lớn là Westinghouse-Toshiba (Mỹ), Areva (Pháp)-Mitsubishi (Nhật), General Electric-Hitachi, ngoài ra Atomstroi của Nga cũng là nhà thầu có nhiều dự án đang xây dựng ở nước ngoài. Với sự quay trở lại của điện hạt nhân tạo nên nhu cầu lớn về cung cấp thiết bị và nhân lực, Việt Nam cần phải tìm một hướng đi đúng trong việc lựa chọn công nghệ để có thể tranh thủ được sự hậu thuẫn tối đa về công nghệ và nhân lực. Điều này lại đặc biệt quan trọng nếu tính đến triển vọng xây dựng hàng loạt các nhà máy ĐHN tiếp theo để giảm chi phí.

### **3. An toàn**

Xây dựng là một trong số các thách thức, tuy nhiên vận hành và bảo dưỡng NM ĐHN an toàn trong một thời gian dài từ 40 – 60 năm mới là nỗi quan tâm lo lắng nhất của các nhà hoạch định chính sách và các nhà đầu tư. Một sai lầm nhỏ cũng có thể dẫn đến những hậu quả và thiệt hại to lớn. Không giống như các nhà máy điện khác, vấn đề an toàn ở đây bao gồm cả vấn đề bảo vệ nhà máy chống lại mối đe dọa phá hoại từ bên ngoài (đe dọa gây thảm họa phóng xạ), và bảo vệ nguyên liệu hạt nhân và đảm bảo có được nguồn cung cấp nhiên liệu tin cậy và ổn định. Sự hậu thuẫn và ủng hộ của các cường quốc, cũng như các nước trong khu vực là một yếu tố quan trọng đảm bảo an ninh lâu dài và ổn định.

### **4. Chất thải phóng xạ**

Chất thải phóng xạ hiện là một vấn đề chưa có được hướng giải quyết triệt để. Sau 3 năm sử dụng, các thanh nhiên liệu đã cháy được coi là chất thải hoạt độ cao. Thông thường hiện tại tại nhiều nước các chất bó thanh nhiên liệu đã cháy này được lưu giữ tại nhà máy (thời hạn có thể đến 50 năm) chờ đến khi được vận chuyển đến địa điểm cố định. Tuy nhiên, chưa nước nào có được một địa điểm ổn định lưu giữ chất phóng xạ cao này cho thời gian dài (1000 – 100000 năm), mà mới chỉ ở mức độ mô phỏng trên mô hình (Pháp), hoặc chuẩn bị xây dựng mặc dù gặp rất nhiều khó khăn và chống đối (Núi Yucca, Mỹ). Các nghiên cứu về xử lý và quản lý chất thải hoạt độ cao đang được nhiều nước trên thế giới quan tâm đầu tư nghiên cứu, hy vọng với tiến bộ của khoa học kỹ thuật và công nghệ thì sớm có giải pháp tối ưu trong tương lai gần đây.

### **5. Chấp thuận của công chúng**

Sự đồng thuận của công chúng là một yếu tố quyết định sự thành công cho sự phát triển công nghiệp ĐHN. Kinh nghiệm của các nước (Mỹ, Philippines) cho thấy sự phản đối của công chúng có thể làm kéo dài thời gian xây dựng và tăng chi phí xây dựng, thậm chí dẫn tới phá sản chủ đầu tư hoặc không thể đưa vào vận hành được.

Qua các cuộc triển lãm và thăm dò dư luận tại HN, TPHCM, Ninh Thuận, Phú Yên gần đây cho thấy tỷ lệ ủng hộ của dân chúng rất cao (90% thấy sự cần thiết của ĐHN, 47,7% coi ĐHN là có ích và an toàn, chỉ có 4,6% coi ĐHN là nguy hiểm). Tuy nhiên sự ủng hộ này đang có nguy cơ bị dò rỉ và giảm sút do thiếu sự tuyên truyền và thông tin phổ biến. Ngành công nghiệp điện hạt nhân cần phải chứng minh cho công chúng thấy được ĐHN là rẻ, ít ô nhiễm, an toàn, tạo thu nhập và công ăn việc làm cho địa phương thì chắc chắn sẽ được sự đồng thuận cao.

## **V. Vấn đề xây dựng nhà máy ĐHN ở Việt Nam :**

Chúng ta có nhất thiết phải xây dựng nhà máy ĐHN hay không, trong khi trên thế giới có những nước phản ứng với điện hạt nhân. Một số nước như Đức và Thụy Điển đã có kế hoạch đóng cửa các nhà máy sản xuất điện hạt nhân...

- Đối với Việt Nam, chúng ta phát triển ngành năng lượng hạt nhân theo chiến lược ứng dụng năng lượng nguyên tử vì mục đích hoà bình đến năm 2020 đã được Thủ tướng Chính phủ ký quyết định ban hành ngày 03/01/2006.

Ngoài ra, trước tình hình nguồn nhiên liệu dùng cho sản xuất điện hiện nay đang cạn kiệt dần, chúng ta phát triển điện hạt nhân là để phục vụ một phần thiếu hụt cho chính nhu cầu của chúng ta. Chúng ta cần phải xây dựng không chỉ một mà nhiều nhà máy điện hạt nhân. Theo tính toán trong nghiên cứu tiền khả thi, đến năm 2020 chúng ta sẽ có khoảng từ 2.000 MW đến 4.000 MW điện hạt nhân. Khi đó sản lượng điện hạt nhân sẽ chiếm tỷ trọng từ 7-9 % trong tổng sản lượng điện năng lượng của Việt Nam.

### **V.1 Tiềm năng :**

- Về nhiên liệu hạt nhân : qua nghiên cứu thăm dò, đánh giá trữ lượng tài nguyên urani và đất hiếm ở Việt Nam có thể thấy tổng trữ lượng urani trong một số mỏ và điểm quặng ở Việt Nam rất lớn, tính theo U308 dự báo là 218,167 tấn, trong đó cấp C1 là 113 tấn, cấp C2 là 16.563 tấn, cấp P1 là 15.153 tấn và cấp P2+P3 là 186.338 tấn. Các điểm mỏ quặng có trữ lượng lớn là Bắc Nậm Xe 9.800 tấn cấp C2, Nam Nậm Xe 321 tấn cấp C2, Nông Sơn 546 tấn cấp P1, Khe Hoa- Khe Cao 7.300 tấn các loại... Với trữ lượng này, Việt Nam có thể sử dụng nguồn nhiên liệu tại chỗ để sản xuất điện hạt nhân.

⇒ Chính vì vậy, các chuyên gia về năng lượng nguyên tử cho rằng việc xây dựng và vận hành nhà máy điện hạt nhân ở Việt Nam là hợp lý trong bối

cảnh điện hạt nhân đang trở thành giải pháp thích hợp để thế giới đối mặt với khủng hoảng năng lượng và giảm tải phát thải khí ô nhiễm

- Về hạ tầng cơ sở tương đối đầy đủ cũng như nền công nghiệp điện lực đang trên đà phát triển mạnh mẽ, Việt Nam có thể xây dựng và vận hành thành công các nhà máy điện nguyên tử trong tương lai. Về công nghệ, Việt Nam có nhiều sự lựa chọn, đặc biệt trong thời điểm hiện nay, nền công nghiệp hạt nhân trên thế giới đã gặt hái được nhiều thành tựu to lớn với những bước tiến quan trọng trong việc nghiên cứu và sản xuất ra thế hệ lò phản ứng tiên tiến ngày càng an toàn và hiệu quả.
- Vị trí mà Việt Nam dự định xây dựng nhà máy điện nguyên tử là vị trí đạt được những yêu cầu về an toàn, kinh tế, kỹ thuật theo tiêu chuẩn quốc tế. Với lãnh đạo địa phương, các nhà khoa học, các cán bộ quản lý trong lĩnh vực này của Việt Nam thì thấy họ là những người có trình độ và trách nhiệm cao. Cách tiếp cận lĩnh vực điện nguyên tử với những lộ trình rất chuẩn cũng đã khẳng định năng lực và tiềm năng phát triển điện nguyên tử của Việt Nam.
- Về chính trị : tương đối ổn định

⇒ Để những phát huy có hiệu quả những tiềm năng trên, theo tôi Việt Nam nên sớm thành lập Ủy ban Năng lượng Nguyên tử Quốc gia, xây dựng và hoàn chỉnh bộ Luật về năng lượng nguyên tử nhằm tạo hành lang pháp lý cho mọi hoạt động trong lĩnh vực này.

**V.2 Hạn chế :** Việt Nam cũng có những khó khăn riêng khi phát triển điện hạt nhân :

- Trước hết là vấn đề nguồn nhân lực có trình độ và kinh nghiệm còn thiếu.
- Thứ hai, cơ sở hạ tầng kỹ thuật và luật pháp còn thấp của chúng ta.
- Thứ ba, năng lực tài chính hạn chế.
- Thứ tư, sự chấp thuận của công chúng còn chưa có các nghiên cứu đầy đủ, đôi khi vẫn còn những thông tin phản đối của một số dân chúng.
- Thứ năm, ý thức chấp hành kỷ cương và văn hoá an toàn nói chung còn chưa cao.

**V.3 Địa điểm xây dựng :**

Việc chuẩn bị cho phát triển điện hạt nhân ở Việt Nam đã được dự kiến từ những năm của thập kỷ 90. Tuy nhiên do điều kiện kinh tế chính trị chưa thuận lợi nên mới chỉ tạm dừng ở nghiên cứu tổng quan. Công việc chuẩn bị đã được triển khai mạnh mẽ hơn kể từ sau 2002, khi Thủ Tướng chính phủ có ý kiến chỉ đạo lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi. Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên của Việt Nam do Viện năng lượng (Tập đoàn điện lực Việt nam) chủ trì phối hợp cùng một số cơ quan liên quan khác đã hoàn thành và trình Thủ tướng vào tháng 8/2005.

Cuối tháng 4/2008 Viện năng lượng đã được Bộ Công Thương và Tập đoàn điện lực Việt Nam tiếp tục giao nhiệm vụ lập Báo cáo đầu tư xây dựng nhà máy điện hạt nhân tại địa điểm Phước Dinh và Vĩnh Hải- Tỉnh Ninh Thuận, mỗi địa điểm dự kiến xây dựng 02 tổ máy, mỗi tổ máy có công suất 1000MW với tiến độ dự kiến tổ máy đầu tiên sẽ đi vào vận hành năm 2020.

Tổng mức đầu tư khoảng 3.562 triệu USD

Vì sao chúng ta lại chọn Ninh Thuận làm địa điểm tiến hành xây dựng NMDHN??

Ninh Thuận được đánh giá và đề xuất là :

- Có địa hình thuận lợi nhất\_ Gần biển có thể xây dựng cảng, vận chuyển nguyên vật liệu, nước cung cấp xây dựng nhà máy và nước làm mát lò.
- Ngoài ra, các tỉnh phía Nam có nhu cầu tiêu thụ điện lớn và thiếu các nhà máy sản xuất điện.
- Ngoài Bắc, sau khi hoàn thành công trình Thủy điện Sơn La có thể đảm bảo đáp ứng khá tốt nhu cầu tiêu thụ điện của khu vực phía Bắc.

⇒Do vậy, **xây dựng Nhà máy điện hạt nhân ở Ninh Thuận sẽ thuận lợi cho việc cung cấp điện ở phía Nam giảm thiểu tiêu hao điện** (Dự kiến khi nhà máy đi vào hoạt động, điện hạt nhân sẽ chiếm tỷ trọng khoảng 6-10% sản lượng điện của cả nước).

Sự khởi đầu là rất quan trọng bởi vì thành công sẽ giúp chúng ta tự tin hơn, còn với bất kỳ trục trặc hoặc gặp sự cố nào đó sẽ làm khó khăn hơn rất nhiều khả năng phát triển trong tương lai của ngành .

⇒Mô hình nhà máy điện hạt nhân có thể sẽ được xây dựng tại tỉnh Ninh Thuận với :

- ✓..... Công suất 1000MWe, theo dự kiến, nó sẽ được vận hành và hoà vào điện lưới quốc gia vào năm 2020.

- ✓..... Mỗi năm, nhà máy điện hạt nhân sẽ sử dụng hết khoảng 27 tấn nhiên liệu Uranium được làm giàu, rồi thải ra khối lượng gần tương đương nhiên liệu chịu phóng xạ, trong đó, gần 26 tấn được gọi là nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng, chỉ có khoảng hơn 900kg sản phẩm phân hạch và hơn 20 kg Actinid được coi là phế liệu có hoạt tính cao thải ra môi trường hàng năm.

⇒ Nếu nhà máy vận hành an toàn, mức độ ô nhiễm ít hơn nhiều so với các nhà máy nhiệt điện.

#### **V.4 Các mô hình sản xuất ĐHN ở Việt Nam :**

Mô hình sản xuất ĐHN ở Ninh Thuận : Sản xuất theo công nghệ AP:

- ✓..... Công nghệ AP-1000 xây dựng nhà máy điện hạt nhân có ưu điểm là giá thành điện sản xuất ra từ công nghệ này có giá cả cạnh tranh, giá xây dựng nhà máy không biến động lớn, có thể kiểm soát được.
- ✓..... Hệ thống công nghệ AP-1000 đồng bộ, tập trung do vậy khi vận hành, bảo dưỡng nhà máy đơn giản, không phức tạp, dễ sử dụng và kinh phí chi phí thấp hơn rất nhiều lần so với các nhà máy thế hệ trước.
- ✓..... Kích cỡ của nhà máy điện hạt nhân khi sử dụng công nghệ AP-1000 nhỏ gọn hơn so với nhà máy điện hạt nhân xây dựng bằng công nghệ thế hệ.
- ✓..... Độ lớn công suất của công nghệ AP-1000 chỉ có 1000 MW rất phù hợp với nhiều quốc gia nhất là đối với các quốc gia đang phát triển. Bởi khi xây dựng nhà máy điện hạt nhân công suất quá lớn thì khi có sự cố mất điện sẽ ảnh hưởng lớn đến nhu cầu sử dụng điện của toàn hệ thống quốc gia.

## V.5 Xây dựng cơ sở hạ tầng :

Để chỉ đạo việc triển khai thực hiện xây dựng cơ sở hạ tầng cho điện hạt nhân và thực hiện chương trình phát triển điện hạt nhân dài hạn của quốc gia với các tổ máy được lần lượt xây dựng cùng với kế hoạch nội địa hoá và phát triển ngành công nghiệp điện hạt nhân, theo khuyến cáo của IAEA các quốc gia cần thành lập Ban điều hành chương trình điện hạt nhân (Nuclear Energy Program Implementing Organization – NEPIO) hay Ban Chỉ đạo Nhà nước về điện hạt nhân để chỉ đạo tất cả các công việc liên quan ngay từ lúc bắt đầu. Trước mắt, Ban Chỉ đạo sẽ xem xét và quyết định tất cả các vấn đề thuộc về cơ sở hạ tầng cho điện hạt nhân của quốc gia cần phải đạt được ở ba điểm mốc quan trọng trong chương trình phát triển điện hạt nhân:

- **Điểm mốc thứ 1:** Quốc gia đã có đủ điều kiện để đề ra quyết sách về phát triển điện hạt nhân.
- **Điểm mốc thứ 2:** Quốc gia đã có đủ điều kiện để lập hồ sơ mời thầu hoặc chọn đối tác xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên.
- **Điểm mốc thứ 3:** Quốc gia đã có đủ điều kiện để khởi động và vận hành thương mại nhà máy điện hạt nhân đầu tiên.

Các cơ sở hạ tầng này đang được các cơ quan có liên quan chuẩn bị, nhưng còn thiếu một sự chỉ đạo tập trung, quyết liệt để đạt được các điều kiện cho 3 mốc nêu

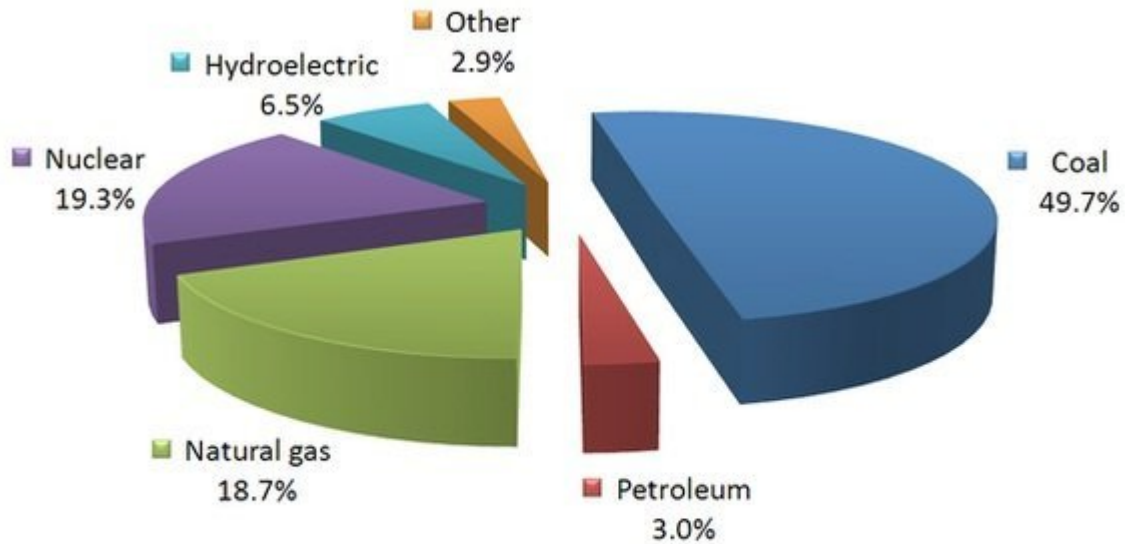
trên theo lộ trình xây dựng nhà máy điện hạt nhân. Vì vậy việc sớm thành lập Ban chỉ đạo là cần thiết và Ban chỉ đạo sẽ gồm một số tiểu ban quan trọng sau đây:

1. **Tiểu ban về pháp lý và tổ chức:** Chỉ đạo các hoạt động xây dựng và thực hiện các văn bản quy phạm pháp luật trong nước, ký kết và gia nhập các điều ước quốc tế, xây dựng hệ thống tổ chức và quản lý về phát triển và về đảm bảo an toàn cho điện hạt nhân của quốc gia.
2. **Tiểu ban về nhân lực:** Chỉ đạo các hoạt động xây dựng và tổ chức triển khai thực hiện kế hoạch đào tạo phát triển nguồn nhân lực cho điện hạt nhân.
3. **Tiểu ban về công nghệ và an toàn nhà máy điện hạt nhân:** Chỉ đạo các hoạt động xây dựng năng lực nghiên cứu triển khai về điện hạt nhân nhằm đánh giá, lựa chọn, tiếp thu, làm chủ và phát triển công nghệ nhà máy điện hạt nhân; công nghệ phân tích, đánh giá và thanh tra an toàn dự án điện hạt nhân; tư vấn chính sách và biện pháp đảm bảo an ninh cung cấp nhiên liệu, sử dụng tài nguyên uran trong nước cho phát triển điện hạt nhân, đảm bảo an toàn bức xạ, quản lý nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng và quản lý chất thải phóng xạ.
4. **Tiểu ban về môi trường và địa điểm:** Chỉ đạo các hoạt động quan trắc phóng xạ môi trường, đánh giá tác động môi trường của dự án điện hạt nhân và quy hoạch địa điểm xây dựng nhà máy điện hạt nhân cũng như cơ sở chôn cất chất thải phóng xạ hoạt độ thấp và trung bình của quốc gia.
5. **Tiểu ban về thông tin đại chúng:** Chỉ đạo và tổ chức các hoạt động thông tin tuyên truyền về điện hạt nhân để tạo sự ủng hộ của công chúng cho chủ trương phát triển điện hạt nhân của Nhà nước và định kỳ thực hiện công tác điều tra dư luận xã hội đối với chủ trương phát triển điện hạt nhân.
6. **Tiểu ban về an ninh hạt nhân và phòng chống khắc phục sự cố, tai nạn:** Chỉ đạo xây dựng và thực hiện các chương trình về đảm bảo an ninh và bảo vệ thực thể nhà máy điện hạt nhân, các thiết bị hạt nhân khác và nhiên vật liệu hạt nhân, đảm bảo an ninh trong vận chuyển và lưu giữ chất thải phóng xạ; kế hoạch và phương tiện kỹ thuật xử lý sự cố, tai nạn bức xạ và hạt nhân; xây dựng trung tâm ứng phó quốc gia về tình trạng khẩn cấp đối với sự cố, tai nạn bức xạ và hạt nhân.
7. **Tiểu ban về phát triển công nghiệp trong nước:** Chỉ đạo và tổ chức thực hiện đánh giá tiềm năng, xây dựng chính sách, quy hoạch và đầu tư phát triển các ngành công nghiệp trong nước có liên quan để có thể tham gia hiệu quả vào việc thực hiện các dự án xây dựng nhà máy điện hạt nhân ngay từ dự án đầu tiên và từng bước tiến đến hình thành ngành công nghiệp điện hạt nhân Việt Nam trong tương lai.
8. **Tiểu ban về dự án nhà máy điện hạt nhân đầu tiên:** Chỉ đạo các hoạt động chuẩn bị thực hiện dự án xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên tại Phước Dinh và Vĩnh Hải (Ninh Thuận) với 4 tổ máy có công suất là 4000MW (4 x 1000MW); nâng cao năng lực quản lý dự án điện hạt nhân; nghiên cứu các

phương thức đầu tư và thu xếp tài chính cho dự án điện hạt nhân; nâng cao năng lực đàm phán và ký kết hợp đồng; phát triển hệ thống lưới điện quốc gia phù hợp với việc xây dựng nhà máy điện hạt nhân.



# Năng Lượng Hạt nhân và những yếu tố tác động đến môi trường



.

## Năng Lượng Hạt nhân và những yếu tố tác động đến môi trường

Tham khảo, tổng hợp từ nhiều tài liệu và Website\_các Ban thông cảm hình ảnh không thể hiện thi\_Ban nào biết chỉ giúp Sea---Ban có thể tìm hình ảnh với nội dung Ban đang đọc trên google.com

# Tại sao phải sử dụng năng lượng hạt nhân

Ngày nay năng lượng hóa thạch càng ngày càng cạn kiệt dần do đó cần phải có một nguồn năng lượng mới để thay thế nó. Dạng năng lượng thay thế cho nhiên liệu hoá thạch là năng lượng mặt trời và năng lượng từ sức gió. Các dạng năng lượng mới này cần phải phát triển, khai thác để sử dụng. Tuy nhiên do giá thành cao và cần một diện tích lớn nên

các dạng năng lượng này chỉ cung cấp được 10% trong tổng số năng lượng cần thiết. Chính vì vậy, năng lượng mà nhân loại có thể sử dụng lâu dài trong thời gian tới phải dựa vào năng lượng nguyên tử. Mặc khác năng lượng nguyên tử có một số ưu điểm so với các nguồn năng lượng khác là:

- Đặc trưng thứ nhất của năng lượng nguyên tử là nguồn năng lượng sạch, không phát thải CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> gây ô nhiễm không khí .
- Hơn nữa, vì Uranium có thể phát điện chỉ với một lượng rất nhỏ so với dầu nên có ưu điểm là dễ vận chuyển và bảo quản. Ví dụ, để vận hành nhà máy điện công suất 1000 MW trong vòng một năm thì phải cần tới hơn một triệu tấn dầu, trong khi đó đối với nhiên liệu Uranium thì chỉ cần vài chục tấn.
- Trong các nhà máy điện nguyên tử, khi nạp nhiên liệu vào lò phản ứng là có thể liên tục phát điện trong vòng 1 năm mà không cần phải thay thế nhiên liệu.
- Lượng chất thải phóng xạ phát sinh trong nhà máy điện nguyên tử rất ít so với lượng chất thải công nghiệp thông thường, do vậy có thể quản lý được một cách chặt chẽ, cất giữ và bảo quản an toàn.
- Chi phí xây dựng cho nhà máy điện nguyên tử so với nhà máy nhiệt điện tương đối cao

- Nhà máy điện nguyên tử được lựa chọn phương án thiết kế an toàn tối ưu. Nó được thiết kế để sao cho dù có phát sinh tai nạn thế nào chăng nữa cũng không gây thiệt hại, tổn thất cho tất cả cư dân sống xung quanh. Có thể nói rằng một nửa nhà máy điện nguyên tử là các thiết bị an toàn. Do đó, chi phí cao cho các thiết bị đó là đương nhiên. Hơn nữa, trong quá trình xây dựng, người ta tiến hành kiểm tra gắt gao ở từng công đoạn để đảm bảo an toàn nên thời gian xây dựng cũng khá dài

### £ Nhà máy điện hạt nhân là gì?

Nhà máy điện nguyên tử hay nhà máy điện hạt nhân là một nhà máy tạo ra điện năng ở quy mô công nghiệp, sử dụng năng lượng thu được từ phản ứng hạt nhân tức là chuyển tải nhiệt năng thu được từ phản ứng phân hủy hạt nhân thành điện năng.

Trong lò phản ứng nguyên tử phân hủy hạt nhân với nguyên liệu ban đầu là đồng vị uran 235 và sản phẩm thu được sau phản ứng thường là các neutron và năng lượng nhiệt rất lớn. Nhiệt lượng này, theo hệ thống làm mát khép kín (để tránh tia phóng xạ rò rỉ ra ngoài) qua các máy trao đổi nhiệt, đun sôi nước, tạo ra hơi nước ở áp suất cao làm quay các turbin hơi nước, và do đó quay máy phát điện, sinh ra điện năng.

### I. Nguyên nhiên liệu

#### I.1 Trên thế giới: :

+ Nguyên liệu thường được sử dụng trong các lò phản ứng hạt nhân là Uran-235, Uran 33, hoặc Plutoni-239.

+**Uranium** Đây là nguyên tố phóng xạ tự nhiên có nhiều trong quặng. Chúng được khai thác, tuyển, tinh chế và làm giàu để tạo thành urani 235 là chất có khả năng phân hạch cho năng lượng tốt nhất và tiếp tục được chuyển hóa tiếp thành ô xýt urani dưới dạng chất bột màu đen. Chất bột này được ép rồi nung thành những viên dài 1 cm, nặng khoảng 7 gam. Các viên này được xếp lần lượt vào ống kim loại dài khoảng 4 m bịt kín 2 đầu để tạo thành các thanh nhiên liệu. Mỗi nhà máy điện hạt nhân cần hơn 40.000 thanh nhiên liệu. Cứ 264 thanh được kết lại thành những bó hình vuông gọi là bó thanh nhiên liệu. Một lò phản ứng hạt nhân 900 MW cần khoảng 157 bó thanh nhiên liệu (chứa khoảng 11 triệu viên). Các bó này được sắp xếp thành tâm lò phản ứng. Các thanh phải nằm trong lò khoảng 3-4 năm để thực hiện sự phân hạch cung cấp một lượng nhiệt năng đủ làm sôi lượng nước rất lớn. Nguồn nước bốc hơi từ đây sẽ tạo ra nguồn năng lượng làm quay hệ thống tua bin để phát điện..

Uran ở trạng thái tự nhiên bao gồm 3 đồng vị: Đó là Uran 238. Dạng này chứa 99,28 % tổng số khối lượng, Uran 235 chiếm 0,71% và một lượng không đáng kể khoảng 0,006% Uran 234. Vì vậy nó có thể được xem là cả nguyên tố phân rã (vì hàm lượng Uran 235) và nguyên tố kết hợp (vì hàm lượng Uran 238). Uran chủ yếu được tách ra từ Pitchblen. Uranite autunait, Brannerite hoặc Torbernite. Nó cũng có thể thu được từ nguồn thứ cấp khác chẳng hạn từ cặn bã trong quá trình sản xuất Superphosphat hoặc cặn trong mỏ vàng. Quy trình thông thường là khử Tetrafluorit bằng canxi hoặc magie hoặc bởi điện phân.

Uran là nguyên tố phóng xạ yếu, rất nặng (tỷ trọng 19) và cứng, bề mặt màu xám bạc bóng nhẵn, nhưng bị xỉn đi khi tiếp xúc với Oxy của không khí thành dạng bột nó bị oxy hóa và bị đốt cháy nhanh chóng khi tiếp xúc với không khí.

Uran ở thị trường có dạng thỏi để sẵn được đánh bóng, gọt dũa, cán mỏng (để tạo ra thanh, ống, lá, dây...)

+ Plutoni công nghiệp thu được bằng bức xạ Uranni 238 trong một lò phản ứng hạt nhân,

Nó rất nặng (tỷ trọng 19,8), có tính phóng xạ và độc tính cao, bề ngoài tương tự Urani và dễ bị oxy hóa. Plutoni được đưa ra thành các hình thức thương phẩm tương tự như Uranium đã được làm giàu và đòi hỏi khi xử lý phải hết sức cẩn thận.

Các hợp chất Urani và Plutoni chủ yếu được sử dụng trong công nghiệp hạt nhân.

Theo các chuyên gia đánh giá thì trữ lượng Uran trên toàn thế giới khoảng là 24,5 triệu tấn và nếu sử dụng hoàn toàn vào sản xuất điện thì nó sẽ tạo ra một năng lượng tương đương với khoảng 440 TW năm

## **I.2 Ở Việt nam:**

Urani trong một số mỏ và điểm quặng ở Việt Nam rất lớn, tính theo U308 dự báo là 218,167 tấn, trong đó cấp C1 là 113 tấn, cấp C2 là 16.563 tấn, cấp P1 là 15.153 tấn và cấp P2+P3 là 186.338 tấn. Các điểm mỏ quặng có trữ lượng lớn là Bắc Nậm Xe 9.800 tấn cấp C2, Nam Nậm Xe 321 tấn cấp C2, Nông Sơn 546 tấn cấp P1, Khe Hoa- Khe Cao 7.300 tấn các loại... Với trữ lượng này, Việt Nam có thể sử dụng nguồn nhiên liệu tại chỗ để sản xuất điện hạt nhân.

+ loại quặng 250 ppm : 62.800 tấn  $U_3O_8$

+ loại quặng 500-600 ppm : 18.300 tấn  $U_3O_8$

+ loại quặng 1000 ppm : 4700 tấn  $U_3O_8$ .

## **II.Cơ sở lý thuyết NMDHN:**

**II.1 Quy trình xây dựng nhà máy:** Nhiều yếu tố khác bảo đảm an toàn (như quản lý quá trình xây dựng, lắp đặt thiết bị, vận hành...) của nhà máy điện hạt nhân đều phải tuân thủ những quy trình đặc biệt nghiêm ngặt, mà bất cứ một sai sót nào cũng có thể tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn.

Thí dụ đơn giản, nếu không giám sát kỹ khi xây dựng nhà máy, để xảy ra việc dùng sắt thép, xi măng không đủ tiêu chuẩn, hoặc bị rút ruột công trình thì sẽ là tai họa khôn lường.

Chúng ta đã có nhiều bài học về năng lực quản lý xây dựng các công trình lớn của quốc gia, để xảy ra nhiều hậu quả đáng tiếc như các sự cố gần đây (cầu Cần Thơ, hầm Thủ Thiêm v.v.). Xin lưu ý, nếu xảy ra tình trạng tương tự đối với công trình nhà máy điện hạt nhân thì hậu quả sẽ bi thảm và lâu dài hơn nhiều lần.

Tuy các tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật về các công việc này có thể ban hành khi đã chính thức quyết định chủ trương đầu tư nhà máy điện hạt nhân, nhưng cũng cần có danh mục và lộ trình cụ thể ban hành các tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật chuyên ngành.

Ngoài ra, trong những năm gần đây, để bảo đảm an toàn trong trường hợp bị khủng bố, trong thiết kế nhà máy điện hạt nhân còn phải tăng cường khả năng chống phá hoại (kể cả phá hoại theo kiểu 11/9 ở Hoa Kỳ năm 2001, tức là phải an toàn cả trong trường hợp bị máy bay đâm thẳng vào nhà máy) và tăng cường hệ thống bảo vệ an ninh nhiều vòng, chuẩn bị sẵn sàng hệ thống ứng phó sự cố hạt nhân.

Những công việc về bảo đảm an toàn nhà máy điện hạt nhân làm cho các yêu cầu kỹ thuật, tài chính đối với công trình tăng lên rất nhiều và đó là điều chủ đầu tư cần phải báo cáo Quốc hội ngay trong giai đoạn phê duyệt chủ trương đầu tư để Quốc hội cân nhắc, quyết định.

### **II.2 Cấu tạo của nhà máy điện hạt nhân**

Nhà máy nhiệt điện bao gồm 4 phần chính

1. Trung tâm lò phản ứng hạt nhân (reactor core), nơi xảy ra phản ứng phân hạch
2. Máy phát điện chạy bằng hơi nước, nơi nhiệt sinh ra từ phân hạch hạt nhân

được dùng để tạo hơi.

3. Turbine, dùng hơi nước làm quay nó để chạy máy phát điện

4. Bộ phận ngưng tụ (condenser), làm lạnh hơi nước, chuyển nó trở lại thành pha lỏng

### II.3 Lò phản ứng

II.3.1 Cấu tạo và chức năng của từng bộ phận 1-Lớp vỏ bảo vệ sinh học

2- Ống dẫn chất truyền nhiệt vào

3- Vỏ lò phản ứng hạt nhân

4- Ống dẫn chất truyền nhiệt ra

5 – Nắp lò phản ứng

6.7.8.9 – Hệ thống điều khiển phản ứng dây truyền .

10 – Gá đỡ trên.

11 – Vùng phản ứng (hoạt động)

12 – Thanh nhiên liệu

13 – Bộ phận làm mát lớp vỏ bảo vệ sinh học

14 – Gá đỡ dưới

### II.3.2 Chức năng của từng bộ phận

Vùng hoạt động là bộ phận quan trọng nhất của lò hạt nhân vì ở đó xảy ra phản ứng dây chuyền, nó truyền một lượng nhiệt lớn cho chất truyền nhiệt mang ra ngoài

Hệ thống điều khiển bảo vệ dùng để điều khiển phản ứng dây chuyền. Hệ thống này được làm từ các vật liệu có khả năng hấp thụ các hạt neutron cao (Bo, Cd). Thanh điều khiển có thể di chuyển lên cao hoặc xuống thấp gần các thanh nhiên liệu nhờ các nam châm điện (trong trường hợp khẩn cấp, người ta ngắt điện và các chất hấp thụ neutron rơi vào tâm lò, làm ngừng phản ứng hạt nhân).

**-Lớp vỏ bảo vệ sinh học:** có nhiệm vụ làm giảm cường độ các tia phóng xạ đến mức độ cho phép .

**-Thanh nhiên liệu :** Nguyên liệu thường được sử dụng trong các lò phản ứng hạt nhân là Uran-235, Uran-233, hoặc Plutoni-239. Phản ứng dây truyền được xảy ra dưới tác động ban đầu của các neutron. Thanh nhiên liệu cho các lò phản ứng hạt nhân được làm thành dạng viên Uranium oxide hình trụ, hình cầu, tấm... Chúng được xếp vào các hộp zircalloy 4 (hợp kim của zirconium, rất bền, chịu được nhiệt độ cao và không hấp thụ neutron). Phổ biến nhất là dạng hình trụ, tập hợp thành bó vuông gồm khoảng 200 thanh. Người ta còn chừa một số vị trí trong đó để đặt các thanh điều khiển.

**-Chất làm chậm** với chức năng làm giảm tốc độ của các neutron sinh ra từ phản ứng phân hạch để dễ dàng tạo ra sự phân hạch tiếp theo. Thông thường sử dụng nước làm chất chậm

**Chất phản xạ:** Có nhiệm vụ làm tăng số lượng các hạt neutron trong vùng phản ứng, không cho các hạt neutron bắn ra ngoài, và làm các hạt neutron phân bố đều trong vùng phản ứng (hoạt động). Có thể kết hợp chất làm chậm và chất phản xạ (nước, graphite) hoặc có thể dùng Uran tự nhiên .

**-Chất truyền nhiệt:** Truyền nhiệt năng từ vùng phản ứng ra ngoài. Chất truyền nhiệt có thể chạy trong các ống áp lực, hoặc trực tiếp chạy qua vùng phản ứng. Chất truyền nhiệt thông thường được sử dụng là nước.

### II.3.3 Năng lượng nguyên tử sinh ra như thế nào?

Năng lượng nguyên tử là năng lượng sinh ra khi có sự phân hạch hạt nhân hoặc tổng hợp hạt nhân

Dưới tác dụng của neutron, hạt nhân U -235 bị phân ra hai mảnh và hai mảnh này bay phân tán với tốc độ cao. Khi đó giải phóng một năng lượng cực lớn khoảng 200 MeV (200 triệu điện tử-vôn), đồng thời giải phóng 2-3 neutron mới, năng lượng này gọi là năng lượng nguyên tử.

Chính các neutron mới được giải phóng ra, mỗi neutron này sẽ tạo ra sự phân hạch hạt nhân tiếp theo. Và rồi lại có thêm 2 đến 3 neutron mới được giải phóng. Sự phân hạch hạt nhân một cách liên tục như vậy được gọi là phản ứng dây chuyền cần thiết để duy trì hoạt động của các lò phản ứng hạt nhân

Sơ đồ nhân trong phản ứng dây chuyền

Một trong các đặc tính của PUHN là số tăng K, là tỷ số giữa số neutron của các thế hệ nào đó với số neutron của thế hệ trước:

Nếu  $K = 1$ : Phản ứng dây chuyền sẽ được duy trì

Nếu  $K > 1$ : phản ứng sẽ tăng

Nếu  $K < 1$ : phản ứng dây chuyền sẽ không tồn tại

Trong lò phản ứng, phản ứng dây chuyền thực hiện trong MT gồm vật liệu phân hạch (Uran, plutoni....) các chất làm chậm (nước, graphic...), các chất tải nhiệt (nước, natri lỏng....) và vật liệu cấu trúc (nhôm, thép...)

### II.3.34 Nguyên lý phát điện NM ĐHN:

**-Vòng truyền nhiệt sơ cấp:** Chất dẫn nhiệt được bơm vào vùng phản ứng, nhận năng lượng sinh ra từ phản ứng dây chuyền. Chất tải nhiệt vòng sơ cấp, được giữ ở trạng thái lỏng dưới áp suất cao, mang nhiệt từ lò hạt nhân tới thiết bị sinh hơi, tại đây diễn ra trao đổi nhiệt với vòng thứ cấp

**-Vòng truyền nhiệt thứ cấp:** Chất dẫn nhiệt được bơm vào vùng trao đổi nhiệt với vòng truyền nhiệt thứ nhất, nhận nhiệt năng đem đến bộ phận tạo hơi nước làm quay turbin.

### II.3.5 Các mô hình sản xuất điện hạt nhân:

#### **-Lò phản ứng nhanh làm mát bằng khí (gas-cooled fast reactor - GFR)**

Lò GFR được thiết kế chủ yếu để sản xuất điện và quản lý các chất actinit, nhưng nó cũng có khả năng hỗ trợ sản xuất hydro. Đặc điểm của hệ thống chuẩn GFR: phổ neutron nhanh, lò phản ứng chu trình Brayton làm mát bằng heli, chu trình nhiên liệu kín để tái chế các actinit, và nhà máy hiệu suất 48%. Phương án bố trí hệ thống GFR đã được Cộng đồng Năng lượng nguyên tử châu Âu (Euratom), Pháp, Nhật Bản và Thụy Sĩ ký vào tháng 11/2006.

Một số dạng nhiên liệu (gốm, phần tử nhiên liệu, và các phần tử bọc gốm) hiện đang được xem xét dùng cho lò GFR có cùng điểm chung: Cho phép lò phản ứng vận hành ở nhiệt độ rất cao, nhưng vẫn đảm bảo bao bọc tốt các sản phẩm phân



hạch. Cấu hình phần lõi sẽ hoặc là các khối lắp ráp nhiên liệu dựa trên dạng chốt hoặc dạng đĩa, hoặc là các khối lăng trụ. Khả năng nâng cao tính năng hiện vẫn đang được nghiên cứu, cụ thể như sử dụng vật liệu có độ bền cao hơn, chịu tác động của neutron nhanh (lưu lượng tích phân theo thời gian) ở nhiệt độ rất cao, và phát triển tuabin làm mát bằng heli có khả năng sản xuất điện với hiệu suất cực cao. Các trị số mục tiêu của một số tham số chính, ví dụ như mật độ năng lượng và mức độ đốt kiệt nhiên liệu, là đủ để đạt tính năng hợp lý của công nghệ thế hệ I.

Hai công trình GFR đã được xây dựng ở Mỹ. Công trình đầu tiên mang tên Peach Bottom 1, tại quận York, bang Pennsylvania, là lò phản ứng thực nghiệm làm chậm bằng graphít, hoạt động từ năm 1967 tới năm 1974. Công trình kia là Nhà máy điện Fort Saint Vrain (bang Colorado). Lò này vận hành từ năm 1979 đến năm 1989, đốt nhiên liệu urani-thori ở nhiệt độ cao, và có khả năng sản xuất 330 MW. Các phần tử (thanh) nhiên liệu của nhà máy Fort Saint Vrain có tiết diện lục lăng, mật độ năng lượng đủ thấp để nếu có mất chất làm mát sơ cấp cũng không dẫn đến gây quá nhiệt trực tiếp lõi lò phản ứng. Người vận hành có vài tiếng đồng

hồ để đóng lò phản ứng trước khi lõi bị hư hại. Năm 1996, khu Fort Saint Vrain đã được cải tạo thành nhà máy tuabin khí chu trình hỗn hợp.

Trong số các công trình trình diễn khác về công nghệ GFR đang hoạt động phải kể đến lò phản ứng thử nghiệm nhiệt độ cao (high-temperature test reactor - HTTR) làm chậm bằng graphít của Nhật, công suất toàn phần 30 MW nhiệt đã đạt được từ năm 1999. Lò này sử dụng các khối lắp ráp nhiên liệu dài hình lục lăng, khác với các thiết kế lò phản ứng phân tử tầng (particle-bed reactor – PBR) đang cạnh tranh. Thử nghiệm chứng tỏ rằng lõi có thể đạt tới nhiệt độ đủ để sản xuất ra hydro.

Độc lập với các công trình trên là lò phản ứng môđun tầng sỏi (pebble-bed modular reactor - PBMR), công suất 300 MW nhiệt, sử dụng hệ thống biến đổi công suất tuabin khí chu trình kín, đang được công ty điện lực Eskom của Nam Phi thiết kế triển khai.

Cuối cùng, một consortium các viện nghiên cứu của Nga đã kết hợp với General Atomics thiết kế tuabin khí - lò phản ứng heli dạng môđun (GT-MHR), công suất 300-30 MW nhiệt. Toàn bộ nhà máy GT-MHR hầu như được chứa trong hai khoang áp lực thông nhau, tất cả nằm bên trong kết cấu bê tông ngầm dưới đất. Lõi của GT-MHR đang được thiết kế để sử dụng bất kỳ trong số nhiều loại nhiên liệu đa dạng (kể cả thori/uran hàm lượng cao và Th/U-233). Lò này còn có khả năng biến đổi plutoni phẩm cấp vũ khí hạt nhân hoặc plutoni phẩm cấp lò phản ứng thành điện năng.

**-Lò phản ứng nhanh làm mát bằng chì (lead-cooled fast reactor - LFR)**

Lò LFR là lò phản ứng phổ neutron nhanh, được thiết kế để sản xuất điện năng và hydro, đồng thời quản lý được các actinid. Ba khía cạnh kỹ thuật cơ bản của lò LFR là: sử dụng chì để làm mát, tuổi thọ lõi cao (15 đến 20 năm), và tính môđun và kích thước nhỏ (khả năng thích hợp để triển khai ở những lưới điện nhỏ hoặc vùng xa xôi hẻo lánh).

Lò LFR, như dự kiến trong Chương trình thế hệ IV của Ban Năng lượng hạt nhân của Bộ Năng lượng Mỹ, sẽ dựa trên ý tưởng thiết kế lò phản ứng nhỏ, an toàn, di động, và vận hành độc lập (SSTAR). Sứ mệnh chủ yếu của việc phát triển SSTAR là cung cấp nguồn bổ sung, đáp ứng nhu cầu tại các nước đang phát triển và cộng đồng người dân những vùng hẻo lánh, không tiếp cận được lưới điện. Các công nghệ LFR đã được trình diễn thành công trên quốc tế. Ví dụ đầu tiên là lò phản ứng nhanh BREST của Nga, tiêu thụ nhiên liệu plutoni phẩm cấp lò phản ứng đồng thời tạo ra chất này ở dạng nguyên liệu. Công nghệ BREST dựa trên 40 năm kinh nghiệm của Nga về làm mát bằng chì-bismut các lò phản ứng trên tàu ngầm cấp alpha.

### **-Lò phản ứng muối nóng chảy (molten salt reactor - MSR)**

Lò MSR (xem hình 5) là lò nhiên liệu lỏng có thể sử dụng để đốt các actinide, sản xuất điện năng, hydro, và nhiên liệu phân hạch. Trong hệ thống này, nhiên liệu muối nóng chảy chảy qua các kênh lõi graphít. Nhiệt tạo ra trong muối nóng chảy được truyền sang hệ thống chất làm mát thứ cấp thông qua bộ trao đổi nhiệt trung gian, sau đó qua một bộ trao nhiệt nữa tới hệ thống biến đổi năng lượng. Các actinide và phần lớn các sản phẩm phân hạch tạo nên các florua trong chất lỏng làm mát. Nhiên liệu lỏng đồng nhất cho phép bổ sung actinide mà không yêu cầu phải chế tạo nhiên liệu.

### Hình 5. Lò phản ứng muối nóng chảy

Trong những năm 1960, Mỹ đã phát triển lò phản ứng tái sinh muối nóng chảy như là phương án chính hỗ trợ cho lò phản ứng tái sinh truyền thống. Công tác nghiên cứu gần đây tập trung vào các chất làm mát florua lithi và berylli với thori hoà tan và nhiên liệu U 233. Bộ Năng lượng Mỹ có kế hoạch tiếp tục hợp tác trong tương lai với các chương trình lò phản ứng muối nóng chảy của Euratom.

### **-Lò phản ứng nhanh làm mát bằng natri (sodium-cooled fast reactor – SFR)**

Hình 6. Lò phản ứng nhanh làm mát bằng natri

Mục tiêu ban đầu của chương trình lò SFR (xem hình 6) là quản lý các actinide, cắt giảm các sản phẩm thải, và tiêu thụ uran một cách hiệu quả hơn. Tuy nhiên theo dự kiến, các thiết kế lò trong tương lai không chỉ sản xuất ra điện năng mà còn cung cấp nhiệt, sản xuất hydro, và có thể còn để khử mặn nữa. Phổ neutron nhanh của lò SFR có thể cho phép sử dụng các vật liệu phân hạch hữu ích, kể cả uran yếu, một cách hiệu quả hơn nhiều so với các lò LWR hiện nay. Ngoài ra, hệ thống SFR có thể không cần phải nghiên cứu thiết kế nhiều như các hệ thống thế hệ IV khác.

So sánh các hệ thống GFR, LFR và SFR về tính sẵn sàng mặt kỹ thuật và về kinh nghiệm vận hành, có thể thấy SFR chính là lò phản ứng nhanh thế hệ IV được chọn để trước mắt triển khai. Quyết định này dựa trên 300 lò-năm kinh nghiệm vận hành các lò phản ứng neutron nhanh ở tám quốc gia.

Trong số các đặc điểm quan trọng về độ an toàn của hệ thống SFR phải kể đến thời gian đáp ứng nhiệt dài (lò phản ứng nóng lên chậm), độ dự phòng lớn giữa nhiệt độ vận hành và nhiệt độ sôi của chất làm mát (xác suất xảy ra sự cố sôi là thấp hơn), hệ thống sơ cấp làm việc gần với áp suất khí quyển, và hệ thống natri trung gian giữa natri hoạt tính phóng xạ trong hệ thống sơ cấp và nước và hơi nước trong nhà máy điện.

**II.3.6 Số liệu lò phản ứng đang vận hành và đang xây dựng trên thế giới đến 12-2005:**

Quốc gia	Lò đang vận hành		Lò đang xây dựng		Điện hạt nhân sản xuất năm 2005		Thời gian vận hành tổng cộng đến 12-2005	
	Số lò	Công suất MW (e)	Số lò	Công suất MW (e)	TW.h	% sản lượng điện	Năm	Tháng
Argentina	2	935	1	692	6,37	6,92	54	7
Armenia	1	376			2,50	42,74	38	3
Bỉ	7	5.801			45,34	55,63	205	7
Brazil	2	1.901			9,85	2,46	29	3
Bulgaria	4	2.722	2	1906	17,34	44,10	137	3
Canada	18	12.599			86,83	14,63	534	7
Trung Quốc	9	6.572	3	3.000	50,33	2,03	56	11
Séc	6	3.368			23,25	30,52	86	10
Phần Lan	4	2.676	1	1600	22,33	32,91	107	4
Pháp	59	63.363			430,90	78,46	1.464	2
Đức	17	20.339			154,61	30,98	683	5
Hungary	4	1.755			13,02	37,15	82	2
Ấn Độ	15	3.040	8	3602	15,73	2,83	252	0
Iran			1	915				
Nhật Bản	56	47.389	1	866	280,67	29,33	1.231	8
Triều Tiên			1	1.040				
Hàn Quốc	20	16.810			139,29	44,67	259	8
Lithuania	1	1.185			10,30	69,59	39	6
Mexico	2	1.310			10,80	5,01	27	11
Netherlands	1	449			3,77	3,91	61	0
Pakistan	2	425	1	300	2,41	2,80	39	10
Romani	1	655	1	655	5,11	8,58	9	6
Nga	31	21.743	4	3,775	137,27	15,78	870	4
Slovakia	6	2.442			16,34	56,06	112	6
Slovenia	1	656			5,61	42,36	24	3
Nam Phi	2	1.800			12,24	5,52	42	3
Tây Ban Nha	9	7.588			54,70	19,56	237	2
Thụy Điển	10	8.910			70,00	46,67	332	6

Thụy Sĩ	5	3.220			22,11	32,09	153	10
Ukraina	15	13.107	2	1.900	83,29	48,48	308	6
Anh	23	11.852			75,17	19,86	1.377	8
Mỹ	104	99.210			780,47	19,33	3079	8
Tổng	443	369.552	28	23.211	2626,35	19,28	12.086	2

### III. Tác động của nhà máy hạt nhân đến môi trường;

#### III.1 Tác động của việc khai thác mỏ uran

Trong dây chuyền sản xuất nhiên liệu hạt nhân (xem hình 1), hai khâu khai thác và chế biến quặng urani có tác động xấu nhất đối với con người và môi trường. Quặng urani chủ yếu được khai thác bằng cách cổ điển ở mỏ lộ thiên hoặc mỏ ngầm. Nếu là mỏ lộ thiên, chỉ cần bóc lớp đất đá phủ tương đối mỏng để lấy quặng, còn mỏ ngầm thì phải đào hầm lò khá sâu qua lớp đá không quặng, có khi tới hai ba kilômet dưới lòng đất. Hàng triệu lít nước ô nhiễm bơm từ mỏ vào sông rạch, khiến lớp trầm tích ngày càng chứa nhiều chất phóng xạ hơn. Tuy việc thông khí ở mỏ giảm được phần nào tai hại cho sức khỏe công nhân, nhưng bụi phóng xạ và khí radon thổi ra ngoài lại làm tăng nguy cơ mắc bệnh ung thư phổi cho người dân sống gần đó. Đá thải chất thành gò lớn cũng hay có độ phóng xạ cao hơn các loại đá bình thường. Kể cả khi mỏ đã ngừng hoạt động, gò đá thải vẫn còn là mối đe dọa đối với môi trường và các khu dân cư lân cận vì khí radon, nước rỉ ô nhiễm có thể thoát ra ngoài.

Sau khi thu hoạch, quặng urani được đập vỡ rồi nghiền nhỏ ở phân xưởng gia công. Trong quá trình thủy luyện, người ta tách urani ra khỏi quặng bằng một dung dịch thường là axit sunfuric nhưng cũng có khi là dung dịch bazơ. Ngoài urani ra, chất lỏng dung dịch còn hoà tan nhiều kim loại nặng và asen nên phải lọc lấy urani lần nữa. Thành phẩm của khâu chế biến là “bánh vàng” (yellow cake) tức oxit urani U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> xen lẫn tạp chất. Nguy cơ lớn nhất ở khâu này là bụi phóng xạ. Bên cạnh đó, hàng chục triệu tấn phế liệu nhiễm chất phóng xạ cũng có thể gây tác động nặng nề. Quặng thải (tailings) mới đầu có trạng thái đặc sệt như bùn được bơm vào bồn lắng, tách lấy phần rắn đưa ra bãi phế liệu. Nó có trọng lượng lớn gần bằng trọng lượng quặng khai thác được và còn giữ khoảng 85 % lượng phóng xạ ban đầu vì ngoài trừ một ít urani (hàm lượng rất thấp do đa số mỏ chứa dưới 0,5 % U), quặng thải bao gồm tất cả các thành phần khác, trong đó có thori-230, radium-226... và cả dư lượng urani nữa. Ngoài ra, quặng thải còn chứa nhiều chất độc như kim loại nặng, asen... Vì thế, các bãi phế liệu là nguồn phóng xạ độc hại lâu dài. Tuy có chu kỳ bán rã tương đối ngắn (3,8 ngày), radon-222 không ngừng phát sinh từ Ra-226 (chu kỳ bán rã 1.600 năm), chất này lại luôn được bổ sung bởi phản ứng phân rã của Th-230 (chu kỳ bán rã 80.000 năm). Phải sau mấy trăm ngàn

năm, lượng phóng xạ và sự phát sinh khí radon mới giảm đáng kể. Ngoài ra, còn có khả năng nước rỉ chứa asen, urani v.v. - đặc biệt nguy hiểm trong môi trường axit vì các đồng vị phóng xạ ở dạng cơ động hơn bình thường - làm ô nhiễm cả nước ngầm lẫn nước bề mặt. Vì chu kỳ bán rã của nhiều chất phóng xạ quá dài nên để bảo đảm an toàn, bãi phế liệu phải được củng cố bằng đập đá hay bê-tông. Điều đó khó thực hiện ở những vùng chịu nhiều tác động xói mòn và thiên tai lũ lụt như Việt Nam. Trong quá khứ, nhiều vụ vỡ đê bảo hộ khiến hàng ngàn tấn bùn và hàng triệu lít nước ô nhiễm tràn ra ngoài, thí dụ như ở Hoa Kỳ năm 1977, 1979 và ở Canada năm 1984.

Sau khi ngừng khai thác, để phòng tai họa cho con người và môi trường, cần phải thu dọn, cải thiện tình trạng ô nhiễm ở mỏ và phân xưởng gia công, cũng như phải quản lý chặt chẽ một lượng phế thải (đá và quặng thải) hạt nhân không lồ. Chi phí xử lý sau khi khai thác tùy thuộc vào tiêu chuẩn bảo vệ môi trường. Đức phải chi 49 USD cho mỗi tấn phế thải hay 14 USD cho mỗi cân Anh U3O8 khai thác ở CHDC Đức cũ, trong khi các chi phí tương ứng của Canada là 0,48 USD/tấn phế thải và 0,12 USD/lb U3O8. Tổng chi phí xử lý mấy chục triệu tấn phế thải từ một mỏ urani sẽ lên tới hàng triệu, thậm chí hàng trăm triệu đô-la Mỹ. Càng để lâu, việc xử lý phế thải càng khó khăn và tốn kém hơn. Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế khuyến cáo ngay khi lập bản dự chi cho việc sản xuất urani nên tính cả kinh phí quản lý môi trường và chất thải trong quá trình khai thác cũng như sau đó.

Giữa bối cảnh môi trường sinh thái ở nước ta đang suy thoái nặng nề, mỗi tác động đáng kể vào tự nhiên đều đòi hỏi sự cân nhắc cẩn thận và những biện pháp phòng chống ô nhiễm chặt chẽ. Huống chi việc khai thác quặng urani lại thải ra một lượng phế liệu phóng xạ độc hại hết sức to lớn. Nếu không được xử lý kỹ lưỡng, nó là mối đe dọa nhiều mặt kéo dài hàng ngàn hàng vạn năm ("ngàn năm phế thải vẫn còn tro tro!"). Vì thế cho nên chừng nào nước ta chưa đào tạo đủ công nhân kỹ thuật, cán bộ quản lý có kỹ năng và tinh thần trách nhiệm cao, chưa có luật định nghiêm ngặt về bảo vệ môi trường như hiện nay, chúng ta khoan tiến hành việc sản xuất urani.

Đây là loài cá từng gây xôn xao ở Hàn Quốc vào năm 2005. Hiện tượng kỳ thú này là do xung quanh khu vực hồ nước ở TP Chongju, nơi phát hiện ra cá chép mặt người có nhiều nhà máy điện nguyên tử đang hoạt động. "Chất thải



nhiễm phóng xạ hạt nhân là nguyên nhân dẫn tới sự đột biến gene của động vật sống trong hồ."

***III.2 Chất thải hạt nhân cũng là vấn đề khiến nhiều người lo lắng. Bài toán này sẽ được giải quyết như thế nào?***

Chất thải phóng xạ hiện là một vấn đề chưa có được hướng giải quyết triệt để.

Sau ba năm sử dụng, các thanh nhiên liệu đã cháy được coi là chất thải hoạt độ cao. Tại nhiều nước các chất bó thanh nhiên liệu này được lưu giữ tại nhà máy (thời hạn có thể đến 50 năm) rồi được vận chuyển đến địa điểm lưu trữ lâu dài.

Tuy nhiên, chưa nước nào có được một địa điểm ổn định lưu giữ chất phóng xạ cao này trong thời gian dài (1.000 - 100.000 năm), mà mới chỉ ở mức độ mô phỏng trên mô hình (Pháp). Nhưng các nghiên cứu về xử lý và quản lý chất thải hoạt độ cao đang được nhiều nước trên thế giới quan tâm đầu tư nghiên cứu.

Hy vọng, với tiến bộ của khoa học kỹ thuật và công nghệ, sẽ sớm có giải pháp tối ưu cho vấn đề này trong thời gian tới.

### **“Một sai lầm nhỏ cũng có thể dẫn đến hậu quả lớn”**

*Khi phát triển các nhà máy điện hạt nhân, chúng ta sẽ phải phụ thuộc vào công nghệ của nước ngoài. Tính an toàn của những công trình này sẽ được bảo đảm như thế nào?*

Xu hướng gần đây cho thấy lò nước nhẹ công suất lớn (bao gồm cả lò nước sôi và lò nước áp lực) đang chiếm ưu thế trong các dự án đang được xây dựng, cũng như các dự án có kế hoạch xây dựng.

Trên thế giới hiện hình thành 3 liên minh cung cấp thiết bị lớn là Westinghouse - Toshiba, Areva - Mitsubishi, General Electric - Hitachi. Ngoài ra, Atomstroi của Nga cũng là nhà thầu có nhiều dự án đang xây dựng ở nước ngoài.

Lựa chọn công nghệ phù hợp với các đặc thù của Việt Nam cũng sẽ là một thách thức lớn cho những người có trách nhiệm đặt nền móng cho ngành công nghiệp nguyên tử.

Tuy nhiên vận hành và bảo dưỡng nhà máy an toàn trong một thời gian dài từ 40 – 60 năm mới là nỗi quan tâm lo lắng nhất. Một sai lầm nhỏ cũng có thể dẫn đến những hậu quả và thiệt hại to lớn.

Không giống như các nhà máy điện khác, vấn đề an toàn ở đây bao gồm cả vấn đề bảo vệ nhà máy chống lại mối đe dọa phá hoại từ bên ngoài (đe dọa gây thảm họa phóng xạ), và bảo vệ nguyên liệu hạt nhân.

Sự hậu thuẫn và ủng hộ của các cường quốc, cũng như các nước trong khu vực là một yếu tố quan trọng đảm bảo an ninh của các công trình này. Thêm vào đó, đội ngũ cán bộ trong nước cũng phải được đào tạo để tiếp nhận công nghệ mới trong thời gian sớm nhất. Tất cả những vấn đề này trong kế hoạch cũng đang được cân nhắc :

**III.3 Những tai nạn khủng khiếp:** Một ngày cuối tháng 4-1986, lò số 4 của Nhà máy điện hạt nhân Tchernobyl có công suất 6.000 Megawatt, nằm gần thành phố Pripjat, Ukraina bị một tai nạn khủng khiếp.

Tai nạn được xếp ở cấp 7, cấp thang cao nhất theo quy định của INES (International Nuclear Event Scale); sức nổ rất mạnh, phát tán phóng xạ ra nhiều vùng ở nước Nga, các nước Bắc Âu, sang tận miền nam nước Pháp. Liều phóng xạ quá lớn (đến gần 1.600 rems, trong khi liều bức xạ tối đa được chấp nhận cho người dân thường phải ít hơn 50 rems) nên 49.000 dân thành phố Pripjat và 135.000 người trong phạm vi 30 ki lô mét chung quanh nhà máy phải di tản lập tức.

Nguyên nhân chính gây ra tai nạn này là do thiết kế thiếu bảo đảm và lỗi của công nhân vận hành. Sau đó khoảng gần 5.000 tấn cát, đất sét, chì... được máy bay trực thăng đổ xuống để làm giảm chất phóng xạ, rồi người ta dùng thép và bê tông để che lấp nhà máy. Kinh phí ban đầu cho việc cứu chữa này là hơn 550 triệu đô la Mỹ. Nhưng công trình này tiếp tục bị rạn nứt. Người ta dự kiến sẽ làm công trình thứ hai, tốn kém hơn nhiều.

Lúc đầu, vì sợ dân chúng hoang mang và thế giới trách móc nên số chính xác thiệt hại về con người không được công bố. Nhưng đến nay đã có vài ngàn trẻ em bị mô tuyến giáp trạng, mắc bệnh bạch huyết, ung thư và dị tật bẩm sinh; hậu quả tàn khốc của tai nạn Nhà máy điện hạt nhân Tchernobyl sau gần 20 năm vẫn âm thầm tiếp diễn.

Một tài liệu được công bố gần đây của tổ chức Greenpeace cho biết, trong số 600.000 người lính đến Tchernobyl để quét dọn, làm sạch chất phóng xạ, rất nhiều người đã bị chết, con số chính xác không được công bố rõ ràng.

Tại Mỹ, tháng 3-1979 một sự cố lớn cũng đã xảy ra ở lò Three Mile Island cách không xa thành phố Harrisburg, bang Pennsylvania. Tim lò nhà máy điện hạt nhân (công suất 900 megawatt) bị thiệt hại, nhiệt độ tăng vọt lên hơn 1.800 độ C, làm

phát tán phóng xạ. Nguyên nhân chính của tai nạn này là do lỗi của công nhân vận hành, không thực hiện đúng các quy cách hướng dẫn.

Một khảo cứu mới nhất của Viện Môi trường thành phố München, CHLB Đức, cho biết tại khu vực chung quanh các nhà máy điện hạt nhân còn hoạt động tại tiểu bang Bayern, người ta thống kê được nhiều trẻ em mắc bệnh ung thư hơn ở các vùng không có nhà máy điện hạt nhân. Số trẻ em sinh ra và lớn lên chung quanh ba nhà máy điện hạt nhân Grundremmingen, Isar và Grafenheinfeld (ba trong số mười chín nhà máy điện hạt nhân tại Đức còn được phép hoạt động cho đến hết năm 2020) bị mắc bệnh ung thư nhiều hơn 30% so với mức bình thường.

Cơ quan Liên bang Bảo vệ Phòng chống Nhiễm Phóng xạ của CHLB Đức nhận định nguyên nhân gây bệnh ung thư là do các trẻ em này bị nhiễm phóng xạ từ lúc sinh ra, đã sống và lớn lên ở gần các nhà máy điện hạt nhân.

### **III.4 Nguy cơ từ chất thải phóng xạ**

Sự cố hạt nhân không chỉ xảy ra đối với nhà máy điện hạt nhân khi vận hành, mà còn tiềm ẩn nguy cơ khi vận chuyển nhiên liệu hạt nhân; đặc biệt là ở khâu xử lý chất thải hạt nhân (nhiên liệu đã qua sử dụng), có thể gây ô nhiễm môi trường.

## **IV. ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA ĐIỆN HẠT NHÂN:**

### **IV.1 Ưu Điểm Của Điện Hạt Nhân:**

1. Năng lượng hạt nhân là một giải pháp kinh tế, an toàn và là nguồn năng lượng sạch đảm bảo sự phát triển bền vững trong việc thoả mãn nhu cầu điện năng tăng mạnh trên toàn cầu.

- Vào năm 2050, tiêu thụ năng lượng hạt của chúng ta sẽ là gấp đôi và nhu cầu điện năng sẽ là gấp ba. Mức tiêu thụ ghê gớm đó, mà phần lớn ở các nước đang phát triển, không thể thoả mãn được nhờ “năng lượng mới” như gió, mặt trời, cho dù các nguồn này có thể đóng vai trò quan trọng ở một số vùng nào đó.

- Rất hiện thực, năng lượng hạt nhân là một công nghệ sạch, có khả năng mở rộng trên quy mô lớn để cung cấp nguồn điện ổn định, liên tục. Tài nguyên urani còn phong phú và triển vọng cung cấp nhiên liệu với giá ổn định và sáng sủa.

- Một phần ba dân số thế giới chưa được dùng điện, một phần ba nữa chỉ được dùng điện một cách hạn chế. Trong cuộc vật lộn đáp ứng nhu cầu điện năng của mình, một số nước đang phát triển đông dân có thể làm tăng phát thêm CO<sub>2</sub> ở toàn cầu.

- Urani là nguyên tố tự nhiên và phóng xạ tự nhiên của nó vẫn ở quanh chúng ta trong cuộc sống hàng ngày. - Nhiều nước có chính sách năng lượng gắn chặt với năng lượng hạt nhân, trong số đó có Trung Quốc, Ấn Độ, Hoa Kỳ, Nga, Nhật Bản, Hàn Quốc với tổng số dân chiếm nửa dân số toàn cầu. Thế giới có 441 tổ máy điện

hạt nhân đang hoạt động ở 30 quốc gia tạo ra sản lượng chiếm 17% tổng điện năng thế giới và 30 tổ máy nữa đang xây dựng.

2. Lò phản ứng hạt nhân thực sự không phát thải khí hiệu ứng nhà kính, sử dụng chúng để phát triển điện có thể giúp kiềm chế được mối nguy hiểm nóng lên toàn cầu và thay đổi khí hậu. Bất kỳ một chiến lược nào thực sự muốn ngăn chặn mối đe dọa chưa từng có này đều cần đến năng lượng hạt nhân.  
- Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) là chất chính yếu gây nên hiệu ứng nhà kính và hiện tượng ấm lên toàn cầu.

Nhiên liệu hoá thạch ( than, dầu, khí) khi được dùng để sản xuất điện hay trong động cơ xe cộ và máy móc sẽ phát tán khí CO<sub>2</sub> trực tiếp vào không khí. Năng lượng hạt nhân ban đầu hầu như không thải khí CO<sub>2</sub> hay bất kỳ khí gây hiệu ứng nhà kính nào.

- Các chuyên gia khí hậu cảnh báo rằng chúng ta cần cắt giảm phát thải khí CO<sub>2</sub> toàn cầu từ 25 tỷ tấn hàng năm xuống còn 10 tỷ tấn, thậm chí cả khi tăng sản xuất năng lượng.

- Các nhà máy điện hạt nhân hàng năm giúp tránh thải 2,5 tỷ tấn CO<sub>2</sub> một lượng tương đương một nửa số khí thải của ngành vận tải thế giới. Mở rộng công suất hạt nhân đồng nghĩa giảm thải chất gây hiệu ứng nhà kính được nhiều hơn.

- Năng lượng hạt nhân còn giúp giảm bớt ô nhiễm không khí và bề mặt trái đất. Lò phản ứng hạt nhân không thải ra khói (Nguyên nhân gây ra sương mù và các bệnh về đường hô hấp) và chất khí tạo nên mưa axit (huỷ hoại rừng và ao hồ).

- Khi đánh giá tác động sinh thái của toàn bộ chu trình bằng các trọng số sử dụng tài nguyên, ảnh hưởng đến sức khoẻ, hậu quả của chất thải thì năng lượng hạt nhân vượt lên trên các phương án năng lượng thông thường khác và ngang bằng với năng lượng mới.

3. Chất thải phóng xạ không phải là một điểm mà là một đặc thù của năng lượng hạt nhân. So với lượng thải khổng lồ của năng lượng hoá thạch vào khí quyển, lượng chất thải hạt nhân nhỏ được quản lý tốt có thể cất giữ mà không gây hại cho con người mà môi trường.

- Chất thải phóng xạ được kiểm soát theo cách ngăn không để chúng bị đánh cắp hay làm ô nhiễm môi trường xung quanh. Phần lớn nhiên liệu đã được sử dụng được giữ tại nhà máy. Chất thải mức cao được xếp trong thùng thép dày chống ăn mòn và đặt sâu trong lòng đất nơi có liên tảo ổn định và được theo dõi cận thận. Các nhà khoa học đánh giá rằng các khu chôn đó giữ được hàng thiên niên kỷ.

- Chất thải phóng xạ mức cao của nhà máy tái chế biến nhiên liệu được gồm hoá

hay thuỷ tinh hoá. Hiện nay Hoa Kỳ, Phần Lan, Thuỷ Điển đang đi đầu về kỹ thuật chôn ngầm.

- Đã có hơn 100 lò phản ứng năng lượng chấm dứt hoạt động và đang trong thời kỳ thanh lý. Chín chiếc đã xong phần tháo dỡ hạt nhân.
- Tất cả các nước có sản xuất điện hạt nhân chịu hoàn toàn trách nhiệm quản lý an toàn chất thải sinh ra trong hoạt động hạt nhân của họ.
- Ở những nước sử dụng kỹ thuật hạt nhân, lượng chất thải phóng xạ không quá 1% chất thải công nghiệp độc hại khác. Có điều khác biệt là tính phóng xạ của nhất thải hạt nhân giảm dần theo thời gian do phân rã tự nhiên còn tính độc của các chất thải công nghiệp khác hầu như vĩnh viễn.
- Công nghiệp hạt nhân cam kết công khai minh bạch khi ra quyết định, Tạo sự đồng thuận với cộng đồng dân cư trong quản lý chất thải.

4. Điện hạt nhân có thành tích an toàn, xuất sắc hơn hẳn so với các công nghiệp năng lượng khác trong quảng kinh nghiệm vận hành trên 11.000 lò/năm.

- Tai nạn chernobyl năm 1986 tại Ukraine, tai nạn duy nhất gây chết người đã bồi nhọ hình ảnh năng lượng hạt nhân, loại lò này thiếu hẳn cấu trúc tường ngăn có tác dụng chặn chất phóng xạ không cho rò rỉ thoát ra ngoài trong trường hợp khẩn cấp và chắc chắn ngày nay nó sẽ không bao giờ được cấp giấy phép.

- Vụ chernobyl thúc đẩy thành lập liên đoàn các nhà vận hành hạt nhân thế giới, một tổ chức nghề nghiệp quan tâm tới tường lò phản ứng thương mại trên Thế giới và thông qua nó, chủ các công ty điện lực áp dụng những tiêu chuẩn thực tiễn tốt nhất như một phần văn hoá an toàn hạt nhân toàn cầu.

- Trong bất cứ hoàn cảnh nào, một lò hạt nhân không bao giờ xảy ra nổ như quả bom nguyên tử.

- Hồ sơ cho thấy rằng điện hạt nhân thương mại an toàn hơn rất nhiều so với các hệ thống dùng nhiên liệu hoá thạch cả về mặt rò rỉ ra cho con người trong khi sản xuất nhiên liệu, cả về mặt ảnh hưởng sức khoẻ và môi trường khi tiêu thụ. Những tai nạn chết người xảy ra thường xuyên trong các vụ vỡ đập thuỷ điện, nổ mỏ than hay cháy ống dẫn dầu.

- Chế độ quy phạm hạt nhân nghiêm ngặt cả ở tầm quốc gia và quốc tế đảm bảo an toàn cho người lao động, công chúng và môi trường. Mỗi nhà máy điện hạt nhân được yêu cầu dành ưu tiên hàng đầu cho các biện pháp an ninh và những kế hoạch cứu hộ nhằm bảo vệ công chúng trong tình huống xấu.

- Ngày nay, các lò phản ứng hạt nhân áp dụng triết lý “phòng thủ theo chiều sâu” nghĩa là gồm nhiều lớp bảo vệ vững chắc và các hệ thống an toàn dự phòng để ngăn chặn rò rỉ phóng xạ thậm chí trong điều kiện tai nạn xấu nhất.

5. Vận chuyển vật liệu hạt nhân, đặc biệt là nhiên liệu mới, nhiên liệu đã qua sử dụng và chất thải trong suốt bốn thập kỷ qua chưa hề gây rò thoát phóng xạ, thậm chí cả khi có tai nạn.

- Nguyên, vật liệu hạt nhân đã và đang được chuyên chở bằng đường bộ, đường sắt và đường biển. Ngành công nghiệp hạt nhân đã thực hiện trên 20.000 chuyến hàng chở hơn 50.000 tấn trên quãng đường tổng cộng khoảng 30 triệu kilomet.

- Nhưng quy định quốc gia và quốc tế khắt khe đòi hỏi việc vận chuyển phải sử dụng những thùng chứa được thiết kế đặc biệt có lớp vỏ thép dày, chịu được va chạm mạnh vách công được đập phá.

- Do có năng lượng khổng lồ khối nhiên liệu urani nhỏ nên năng lượng hạt nhân cần vận chuyển rất ít, trái lại những chuyến hàng nhiên liệu hoá thạch là một gánh nặng của hệ thống chuyên chở quốc tế với mối đe dọa môi trường, nhất là hiểm hoạ ô nhiễm dầu.

6. Nhà máy điện hạt nhân là thiết bị công nghiệp vững chắc, an toàn và được bảo vệ tốt nhất trên thế giới.

- Kể từ cuộc tấn công khủng bố 11-9-2001, những người vận hành lò và giới chức chính phủ toàn khắp thế giới đã xem xét lại vấn đề an ninh và đã nâng cấp hệ thống an ninh nhà máy điện hạt nhân.

- Nhà máy điện hạt nhân ở Hoa Kỳ sẽ không là hiểm hoạ đối với cư dân địa phương, thậm chí cả khi một máy bay cố tình đâm vào. Lớp vỏ thép và lớp bê tông được gia cố cùng cấu trúc bên trong hoàn toàn hạn chế tối thiểu không rò thoát phóng xạ trong trường hợp như vậy.

7. Phát điện bằng năng lượng hạt nhân không làm tăng nguy cơ phổ biến vũ khí hạt nhân.

- Chế độ thanh sát quốc tế mà LHQ được uỷ quyền thi hành và được hỗ trợ bởi hoạt động thanh tra đột xuất có thể phát hiện được mọi ý đồ muốn chuyển thiết bị và nhiên liệu hạt nhân dân sự sang mục đích quân sự.

- Việc phát hiện ra chương trình hạt nhân của Irắc vào đầu những năm 1990 cho thấy hệ thống giám sát phòng ngừa các chương trình hạt nhân bí mật vẫn còn khiếm khuyết. Ngày nay, cơ quan năng lượng nguyên tử Quốc tế (IAEA) tăng cường năng lực kỹ thuật và mở rộng quyền lực thanh tra để phát hiện những chương trình hạt nhân bất hợp pháp.

- nhiên liệu hạt nhân chủ yếu là urani có độ giàu thấp không thể dùng chế tạo vũ

khí hạt nhân. Còn plutoni trong nhiên liệu đã cháy không đủ để làm vũ khí.

- Nhà máy điện hạt nhân có thể giúp loại trừ đầu đạn hạt nhân quân sự bằng cách đốt vật liệu phân hạch tháo ra từ các đầu đạn trong các lò phản ứng hạt nhân thông thường. Hiện nay, một số nhà máy điện hạt nhân của Hoa Kỳ đang sử dụng nhiên liệu lấy từ các vũ khí hạt nhân bị dỡ bỏ của Nga trong chương trình “biến mêgaton thành mêgawatt”.

**8. Điện hạt nhân có khả năng cạnh tranh về kinh tế và sẽ cạnh tranh hơn khi tính đến chúng ta môi trường liên quan đến những tổn hại do phát thải cacbon.**

- Ở bất kì đâu khi được sử dụng, năng lượng hạt nhân giúp đảm bảo sự tin cậy và an ninh năng lượng, đó lại là cơ sở cho kinh tế ổn định và tăng trưởng.

- Năng lượng hạt nhân cần sự ủng hộ của chính phủ nhưng không dựa vào trợ cấp của chính phủ. Trong khi đó, nhiên liệu hoá thạch được lợi nhờ những chi phí xử lý ô nhiễm mà chính phủ phải gánh nhưng không được tính vào kinh tế của năng lượng hoá thạch.

- Hạt nhân là ngành công nghiệp năng lượng duy nhất có trách nhiệm về tất cả chất thải của mình và tính đủ những chi phí đó trong giá bán điện. Năng lượng hạt nhân thậm chí còn cạnh tranh hơn nếu như tất cả các nguồn năng lượng đều chịu các loại chi phí chôn giữ chất thải và chi phí xã hội một cách bình đẳng.

- Trong 50 năm phục vụ, điện hạt nhân là nguồn “tải đáy” quan trọng của thế giới, ở liên minh Châu Âu (EU) năng lượng hạt nhân là nguồn điện lớn nhất, chiếm 35% tổng sản lượng. Ở Nhật Bản, tỷ trọng hạt nhân là 34,5% . Tỷ lệ này là 18% ở Pháp và 20% ở Hoa Kỳ.

- Thông qua cải tiến công nghệ và quá trình, hiệu suất làm việc của lò hạt nhân ngày càng cao. Năm 1980, nhà máy hạt nhân ở Hoa Kỳ chỉ sử dụng 54% công suất thiết kế nay đạt hơn 90%.

- Một khi được xây dựng, nhà máy điện hạt nhân được vận hành với hiệu quả kinh tế cao. Chi phí nhiên liệu ổn định và chiếm phần nhỏ trong chi phí vận hành. Ngược lại, điện sản xuất bằng khí có chi phí nhiên liệu cao và do đó giá thành trong tương lai khá ổn định.

**9. Công nghệ năng lượng hạt nhân tiên tiến và đa dạng tạo điều kiện phát triển tương lai bền vững cả ở nước công nghiệp và nước đang phát triển. Lò phản ứng hạt nhân còn được dùng để khử mặn nước biển nhằm đáp ứng nhu cầu nước sạch ngày càng tăng trên thế giới. Những thế hệ lò phản ứng hạt nhân mới đang được kỳ vọng để sản xuất hiđrô và năng lượng lớn cung cấp nhiên liệu cho ô tô năng**

lượng sạch.

- Một số thiết kế lò phản ứng áp dụng nguyên lý an toàn “thụ động”, thậm chí với trục trặc tồi tệ nhất và không có người vận hành hạt nhân, lò vẫn tự nguội. Những đặc điểm khác của thiết kế mới là nhiên liệu, vốn xây dựng, chi phí vận hành giảm nhưng lại cải thiện được độ tin cậy và khả năng chống phổ biến vũ khí. Công nghệ hạt nhân không ngừng được cải tiến.

- Trong tự nhiên, hidro không tồn tại ở dạng có thể dùng cho mục đích năng lượng nhưng khi được tách ra, nó trở thành nguồn nhiên liệu cho vận tải rất sạch đối với môi trường. Chỉ có năng lượng hạt nhân tỏ ra có thể sản xuất hidro trên quy mô lớn. Ở Hoa Kỳ, nhu cầu hidro dành cho vận tải khoảng 230.000 tấn/ngày. Các lò phản ứng hạt nhân tương lai hoạt động với nhiệt độ cao có thể sản xuất một khối lượng lớn như vậy một cách hiệu quả như sử dụng quá trình hoá nhiệt.

**10.** Thái độ tích cực của công chúng đối với năng lượng hạt nhân thực ra tốt hơn nhiều so với những gì mà người ta gán cho trong các cuộc tranh luận chung.

- Thủy Sĩ, trong một cuộc trưng cầu dân ý về những sáng kiến chống hạt nhân năm 2003, đã bỏ phiếu cho phương án giữ các nhà máy hạt nhân của mình. Những điều tra khác cho thấy hai phần ba người Mỹ ủng hộ sử dụng năng lượng hạt nhân, ở người Thủy Điện đây ý thức môi trường, 80% muốn duy trì hoặc mở rộng điện hạt nhân, gần ba phần tư dân Nhật Bản nhận thức được giá trị năng lượng hạt nhân.

- Nói chung dân chúng không được thông tin đúng về năng lượng hạt nhân. Các cuộc thăm dò dư luận cho thấy nhiều người vẫn tin rằng năng lượng hạt nhân làm trầm trọng hơn là giảm bớt mối nguy hiểm ám lên toàn cầu. Tuy nhiên, tiếng chuông báo động về thay đổi khí hậu vang lên ngày càng dồn dập khiến cho con người ngày càng hiểu năng lượng hạt nhân là một phương pháp an toàn và có tính xây dựng cao để khắc phục hiểm hoạ đang ngày một nghiêm trọng đối với sinh quyển trái đất.

**11.** Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong bảo vệ môi trường:

Kỹ thuật hạt nhân đã được ứng dụng ở Việt Nam trong lĩnh vực quan trắc cũng như xử lý một số loại ô nhiễm. Từ những năm 80 của thế kỷ XX, quan trắc phóng xạ môi trường đã được các chuyên gia môi trường Việt Nam thực hiện từ quan trắc môi trường nước, đất đến không khí và vẫn được tiến hành thường xuyên cho đến nay.

Nhờ ứng dụng kỹ thuật hạt nhân, Việt Nam đã xác lập được cơ sở dữ liệu ban đầu về phong phóng xạ môi trường trước khi có nhà máy điện hạt nhân.



Bên cạnh đó, các ứng dụng kỹ thuật hạt nhân cũng đã được nghiên cứu triển khai để xử lý các loại ô nhiễm môi trường khác.

Ngoài ra, một số ngành công nghiệp đã nghiên cứu thử nghiệm kỹ thuật bức xạ để xử lý ô nhiễm, cho kết quả khả quan.

Nhờ những kết quả đó mà Chính phủ đề ra các quyết sách quan trọng trong việc ứng dụng và phát triển năng lượng nguyên tử vì mục đích hoà bình, phục vụ nhiệm vụ phát triển kinh tế xã hội của đất nước.

## **IV. 2 ĐIỆN HẠT NHÂN VÀ NHỮNG THÁCH THỨC TO LỚN**

### **1.Nguồn đầu tư lớn**

Mặc dù đã được cải tiến bằng cách đơn giản và tiêu chuẩn hoá các thiết kế để giảm chi phí xây dựng và vận hành và sửa chữa, xây dựng nhà máy điện hạt nhân vẫn đòi hỏi một nguồn vốn rất lớn và thời gian xây dựng kéo dài với các công nghệ tiên tiến và phức tạp mà Việt Nam chưa nắm bắt được chắc chắn. Với một nguồn vốn đầu tư lớn tới hơn 2 tỷ dollars cho một tổ máy phát điện 1000 MW, việc quản lý chuẩn bị đầu tư và xây dựng tốt, nắm chắc quy trình và kỹ thuật xây dựng, đào tạo nhân lực cho quản lý vận hành an toàn là những thách thức to lớn để có được một nguồn cung cấp điện an toàn, ổn định và rẻ cho sự phát triển kinh tế của đất nước trong tương lai.

Kinh nghiệm của các nước khác trong xây dựng và vận hành NMDHN cho thấy với thiết kế kém chất lượng, thời gian xây dựng bị chậm trễ, sự lo lắng về vấn đề an toàn, giá thành của NM ĐHN sẽ có thể bị tăng cao lên rất nhiều so với dự kiến ban đầu. Sự hậu thuẫn và nhất quán về mặt chính trị và đường lối sẽ giảm tối đa được sự bất ổn, đảm bảo ổn định được giá thành trong quá trình chuẩn bị và xây dựng NM DDNT.

### **2.Lựa chọn công nghệ**

Lựa chọn công nghệ phù hợp nhất cho Việt Nam, tính tới điều kiện đặc thù tự nhiên, kinh tế, xã hội, thể chế cũng sẽ là một thách thức lớn cho những người có trách nhiệm đặt nền móng cho ngành công nghiệp nguyên tử, bởi vì chi phí phê duyệt, xây dựng, vận hành và sửa chữa sẽ được giảm đáng kể cho các nhà máy tiếp theo.

Xu hướng gần đây cho thấy lò nước nhẹ công suất lớn ( bao gồm cả lò nước sôi và lò nước áp lực) đang chiếm ưu thế trong các dự án đang được xây dựng, cũng như

các dự án có kế hoạch xây dựng. Trên thế giới hiện hình thành 3 liên minh cung cấp thiết bị lớn là Westinghouse-Toshiba (Mỹ), Areva (Pháp)-Mitsubishi (Nhật), General Electric-Hitachi, ngoài ra Atomstroi của Nga cũng là nhà thầu có nhiều dự án đang xây dựng ở nước ngoài. Với sự quay trở lại của điện hạt nhân tạo nên nhu cầu lớn về cung cấp thiết bị và nhân lực, Việt Nam cần phải tìm một hướng đi đúng trong việc lựa chọn công nghệ để có thể tranh thủ được sự hậu thuẫn tối đa về công nghệ và nhân lực. Điều này lại đặc biệt quan trọng nếu tính đến triển vọng xây dựng hàng loạt các nhà máy ĐHN tiếp theo để giảm chi phí.

### **3. An toàn**

Xây dựng là một trong số các thách thức, tuy nhiên vận hành và bảo dưỡng NM ĐHN an toàn trong một thời gian dài từ 40 – 60 năm mới là nỗi quan tâm lo lắng nhất của các nhà hoạch định chính sách và các nhà đầu tư. Một sai lầm nhỏ cũng có thể dẫn đến những hậu quả và thiệt hại to lớn. Không giống như các nhà máy điện khác, vấn đề an toàn ở đây bao gồm cả vấn đề bảo vệ nhà máy chống lại mối đe dọa phá hoại từ bên ngoài (đe dọa gây thảm họa phóng xạ), và bảo vệ nguyên liệu hạt nhân và đảm bảo có được nguồn cung cấp nhiên liệu tin cậy và ổn định. Sự hậu thuẫn và ủng hộ của các cường quốc, cũng như các nước trong khu vực là một yếu tố quan trọng đảm bảo an ninh lâu dài và ổn định.

### **4. Chất thải phóng xạ**

Chất thải phóng xạ hiện là một vấn đề chưa có được hướng giải quyết triệt để. Sau 3 năm sử dụng, các thanh nhiên liệu đã cháy được coi là chất thải hoạt độ cao. Thông thường hiện tại tại nhiều nước các chất bó thanh nhiên liệu đã cháy này được lưu giữ tại nhà máy (thời hạn có thể đến 50 năm) chờ đến khi được vận chuyển đến địa điểm cố định. Tuy nhiên, chưa nước nào có được một địa điểm ổn định lưu giữ chất phóng xạ cao này cho thời gian dài (1000 – 100000 năm), mà mới chỉ ở mức độ mô phỏng trên mô hình (Pháp), hoặc chuẩn bị xây dựng mặc dù gặp rất nhiều khó khăn và chống đối (Núi Yucca, Mỹ). Các nghiên cứu về xử lý và quản lý chất thải hoạt độ cao đang được nhiều nước trên thế giới quan tâm đầu tư nghiên cứu, hy vọng với tiến bộ của khoa học kỹ thuật và công nghệ thì sớm có giải pháp tối ưu trong tương lai gần đây.

### **5. Chấp thuận của công chúng**

Sự đồng thuận của công chúng là một yếu tố quyết định sự thành công cho sự phát triển công nghiệp ĐHN. Kinh nghiệm của các nước (Mỹ, Philippines) cho thấy sự phản đối của công chúng có thể làm kéo dài thời gian xây dựng và tăng chi phí xây dựng, thậm chí dẫn tới phá sản chủ đầu tư hoặc không thể đưa vào vận hành được.

Qua các cuộc triển lãm và thăm dò dư luận tại HN, TPHCM, Ninh Thuận, Phú Yên gần đây cho thấy tỷ lệ ủng hộ của dân chúng rất cao (90% thấy sự cần thiết của ĐHN, 47,7% coi ĐHN là có ích và an toàn, chỉ có 4,6% coi ĐHN là nguy hiểm). Tuy nhiên sự ủng hộ này đang có nguy cơ bị dò rỉ và giảm sút do thiếu sự tuyên truyền và thông tin phổ biến. Ngành công nghiệp điện hạt nhân cần phải chứng minh cho công chúng thấy được ĐHN là rẻ, ít ô nhiễm, an toàn, tạo thu nhập và công ăn việc làm cho địa phương thì chắc chắn sẽ được sự đồng thuận cao.

## **V. Vấn đề xây dựng nhà máy ĐHN ở Việt Nam :**

Chúng ta có nhất thiết phải xây dựng nhà máy ĐHN hay không, trong khi trên thế giới có những nước phản ứng với điện hạt nhân. Một số nước như Đức và Thụy Điển đã có kế hoạch đóng cửa các nhà máy sản xuất điện hạt nhân...

- Đối với Việt Nam, chúng ta phát triển ngành năng lượng hạt nhân theo chiến lược ứng dụng năng lượng nguyên tử vì mục đích hoà bình đến năm 2020 đã được Thủ tướng Chính phủ ký quyết định ban hành ngày 03/01/2006.

Ngoài ra, trước tình hình nguồn nhiên liệu dùng cho sản xuất điện hiện nay đang cạn kiệt dần, chúng ta phát triển điện hạt nhân là để phục vụ một phần thiếu hụt cho chính nhu cầu của chúng ta. Chúng ta cần phải xây dựng không chỉ một mà nhiều nhà máy điện hạt nhân. Theo tính toán trong nghiên cứu tiền khả thi, đến năm 2020 chúng ta sẽ có khoảng từ 2.000 MW đến 4.000 MW điện hạt nhân. Khi đó sản lượng điện hạt nhân sẽ chiếm tỷ trọng từ 7-9 % trong tổng sản lượng điện năng lượng của Việt Nam.

### **V.1 Tiềm năng :**

- Về nhiên liệu hạt nhân : qua nghiên cứu thăm dò, đánh giá trữ lượng tài nguyên urani và đất hiếm ở Việt Nam có thể thấy tổng trữ lượng urani trong một số mỏ và điểm quặng ở Việt Nam rất lớn, tính theo U308 dự báo là 218,167 tấn, trong đó cấp C1 là 113 tấn, cấp C2 là 16.563 tấn, cấp P1 là 15.153 tấn và cấp P2+P3 là 186.338 tấn. Các điểm mỏ quặng có trữ lượng lớn là Bắc Nậm Xe 9.800 tấn cấp C2, Nam Nậm Xe 321 tấn cấp C2, Nông Sơn 546 tấn cấp P1, Khe Hoa- Khe Cao 7.300 tấn các loại... Với trữ lượng này, Việt Nam có thể sử dụng nguồn nhiên liệu tại chỗ để sản xuất điện hạt nhân.

⇒ Chính vì vậy, các chuyên gia về năng lượng nguyên tử cho rằng việc xây dựng và vận hành nhà máy điện hạt nhân ở Việt Nam là hợp lý trong bối

cảnh điện hạt nhân đang trở thành giải pháp thích hợp để thế giới đối mặt với khủng hoảng năng lượng và giảm tải phát thải khí ô nhiễm

- Về hạ tầng cơ sở tương đối đầy đủ cũng như nền công nghiệp điện lực đang trên đà phát triển mạnh mẽ, Việt Nam có thể xây dựng và vận hành thành công các nhà máy điện nguyên tử trong tương lai. Về công nghệ, Việt Nam có nhiều sự lựa chọn, đặc biệt trong thời điểm hiện nay, nền công nghiệp hạt nhân trên thế giới đã gặt hái được nhiều thành tựu to lớn với những bước tiến quan trọng trong việc nghiên cứu và sản xuất ra thế hệ lò phản ứng tiên tiến ngày càng an toàn và hiệu quả.
- Vị trí mà Việt Nam dự định xây dựng nhà máy điện nguyên tử là vị trí đạt được những yêu cầu về an toàn, kinh tế, kỹ thuật theo tiêu chuẩn quốc tế. Với lãnh đạo địa phương, các nhà khoa học, các cán bộ quản lý trong lĩnh vực này của Việt Nam thì thấy họ là những người có trình độ và trách nhiệm cao. Cách tiếp cận lĩnh vực điện nguyên tử với những lộ trình rất chuẩn cũng đã khẳng định năng lực và tiềm năng phát triển điện nguyên tử của Việt Nam.
- Về chính trị : tương đối ổn định  
  
⇒ Để những phát huy có hiệu quả những tiềm năng trên, theo tôi Việt Nam nên sớm thành lập Ủy ban Năng lượng Nguyên tử Quốc gia, xây dựng và hoàn chỉnh bộ Luật về năng lượng nguyên tử nhằm tạo hành lang pháp lý cho mọi hoạt động trong lĩnh vực này.

**V.2 Hạn chế :** Việt Nam cũng có những khó khăn riêng khi phát triển điện hạt nhân :

- Trước hết là vấn đề nguồn nhân lực có trình độ và kinh nghiệm còn thiếu.
- Thứ hai, cơ sở hạ tầng kỹ thuật và luật pháp còn thấp của chúng ta.
- Thứ ba, năng lực tài chính hạn chế.
- Thứ tư, sự chấp thuận của công chúng còn chưa có các nghiên cứu đầy đủ, đôi khi vẫn còn những thông tin phản đối của một số dân chúng.
- Thứ năm, ý thức chấp hành kỷ cương và văn hoá an toàn nói chung còn chưa cao.

**V.3 Địa điểm xây dựng :**

Việc chuẩn bị cho phát triển điện hạt nhân ở Việt Nam đã được dự kiến từ những năm của thập kỷ 90. Tuy nhiên do điều kiện kinh tế chính trị chưa thuận lợi nên mới chỉ tạm dừng ở nghiên cứu tổng quan. Công việc chuẩn bị đã được triển khai mạnh mẽ hơn kể từ sau 2002, khi Thủ Tướng chính phủ có ý kiến chỉ đạo lập báo cáo nghiên cứu tiền khả thi. Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên của Việt Nam do Viện năng lượng (Tập đoàn điện lực Việt nam) chủ trì phối hợp cùng một số cơ quan liên quan khác đã hoàn thành và trình Thủ tướng vào tháng 8/2005.

Cuối tháng 4/2008 Viện năng lượng đã được Bộ Công Thương và Tập đoàn điện lực Việt Nam tiếp tục giao nhiệm vụ lập Báo cáo đầu tư xây dựng nhà máy điện hạt nhân tại địa điểm Phước Dinh và Vĩnh Hải- Tỉnh Ninh Thuận, mỗi địa điểm dự kiến xây dựng 02 tổ máy, mỗi tổ máy có công suất 1000MW với tiến độ dự kiến tổ máy đầu tiên sẽ đi vào vận hành năm 2020.

Tổng mức đầu tư khoảng 3.562 triệu USD

Vì sao chúng ta lại chọn Ninh Thuận làm địa điểm tiến hành xây dựng NMDHN??

Ninh Thuận được đánh giá và đề xuất là :

- Có địa hình thuận lợi nhất\_ Gần biển có thể xây dựng cảng, vận chuyển nguyên vật liệu, nước cung cấp xây dựng nhà máy và nước làm mát lò.
- Ngoài ra, các tỉnh phía Nam có nhu cầu tiêu thụ điện lớn và thiếu các nhà máy sản xuất điện.
- Ngoài Bắc, sau khi hoàn thành công trình Thủy điện Sơn La có thể đảm bảo đáp ứng khá tốt nhu cầu tiêu thụ điện của khu vực phía Bắc.

⇒ Do vậy, **xây dựng Nhà máy điện hạt nhân ở Ninh Thuận sẽ thuận lợi cho việc cung cấp điện ở phía Nam giảm thiểu tiêu hao điện** (Dự kiến khi nhà máy đi vào hoạt động, điện hạt nhân sẽ chiếm tỷ trọng khoảng 6-10% sản lượng điện của cả nước).

Sự khởi đầu là rất quan trọng bởi vì thành công sẽ giúp chúng ta tự tin hơn, còn với bất kỳ trục trặc hoặc gặp sự cố nào đó sẽ làm khó khăn hơn rất nhiều khả năng phát triển trong tương lai của ngành .

⇒ Mô hình nhà máy điện hạt nhân có thể sẽ được xây dựng tại tỉnh Ninh Thuận với :

- ✓..... Công suất 1000MWe, theo dự kiến, nó sẽ được vận hành và hoà vào điện lưới quốc gia vào năm 2020.

- ✓..... Mỗi năm, nhà máy điện hạt nhân sẽ sử dụng hết khoảng 27 tấn nhiên liệu Uranium được làm giàu, rồi thải ra khối lượng gần tương đương nhiên liệu chịu phóng xạ, trong đó, gần 26 tấn được gọi là nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng, chỉ có khoảng hơn 900kg sản phẩm phân hạch và hơn 20 kg Actinid được coi là phế liệu có hoạt tính cao thải ra môi trường hàng năm.

⇒ Nếu nhà máy vận hành an toàn, mức độ ô nhiễm ít hơn nhiều so với các nhà máy nhiệt điện.

#### **V.4 Các mô hình sản xuất ĐHN ở Việt Nam :**

Mô hình sản xuất ĐHN ở Ninh Thuận : Sản xuất theo công nghệ AP:

- ✓..... Công nghệ AP-1000 xây dựng nhà máy điện hạt nhân có ưu điểm là giá thành điện sản xuất ra từ công nghệ này có giá cả cạnh tranh, giá xây dựng nhà máy không biến động lớn, có thể kiểm soát được.
- ✓..... Hệ thống công nghệ AP-1000 đồng bộ, tập trung do vậy khi vận hành, bảo dưỡng nhà máy đơn giản, không phức tạp, dễ sử dụng và kinh phí chi phí thấp hơn rất nhiều lần so với các nhà máy thế hệ trước.
- ✓..... Kích cỡ của nhà máy điện hạt nhân khi sử dụng công nghệ AP-1000 nhỏ gọn hơn so với nhà máy điện hạt nhân xây dựng bằng công nghệ thế hệ.
- ✓..... Độ lớn công suất của công nghệ AP-1000 chỉ có 1000 MW rất phù hợp với nhiều quốc gia nhất là đối với các quốc gia đang phát triển. Bởi khi xây dựng nhà máy điện hạt nhân công suất quá lớn thì khi có sự cố mất điện sẽ ảnh hưởng lớn đến nhu cầu sử dụng điện của toàn hệ thống quốc gia.

## V.5 Xây dựng cơ sở hạ tầng :

Để chỉ đạo việc triển khai thực hiện xây dựng cơ sở hạ tầng cho điện hạt nhân và thực hiện chương trình phát triển điện hạt nhân dài hạn của quốc gia với các tổ máy được lần lượt xây dựng cùng với kế hoạch nội địa hoá và phát triển ngành công nghiệp điện hạt nhân, theo khuyến cáo của IAEA các quốc gia cần thành lập Ban điều hành chương trình điện hạt nhân (Nuclear Energy Program Implementing Organization – NEPIO) hay Ban Chỉ đạo Nhà nước về điện hạt nhân để chỉ đạo tất cả các công việc liên quan ngay từ lúc bắt đầu. Trước mắt, Ban Chỉ đạo sẽ xem xét và quyết định tất cả các vấn đề thuộc về cơ sở hạ tầng cho điện hạt nhân của quốc gia cần phải đạt được ở ba điểm mốc quan trọng trong chương trình phát triển điện hạt nhân:

- **Điểm mốc thứ 1:** Quốc gia đã có đủ điều kiện để đề ra quyết sách về phát triển điện hạt nhân.
- **Điểm mốc thứ 2:** Quốc gia đã có đủ điều kiện để lập hồ sơ mời thầu hoặc chọn đối tác xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên.
- **Điểm mốc thứ 3:** Quốc gia đã có đủ điều kiện để khởi động và vận hành thương mại nhà máy điện hạt nhân đầu tiên.

Các cơ sở hạ tầng này đang được các cơ quan có liên quan chuẩn bị, nhưng còn thiếu một sự chỉ đạo tập trung, quyết liệt để đạt được các điều kiện cho 3 mốc nêu

trên theo lộ trình xây dựng nhà máy điện hạt nhân. Vì vậy việc sớm thành lập Ban chỉ đạo là cần thiết và Ban chỉ đạo sẽ gồm một số tiểu ban quan trọng sau đây:

1. **Tiểu ban về pháp lý và tổ chức:** Chỉ đạo các hoạt động xây dựng và thực hiện các văn bản quy phạm pháp luật trong nước, ký kết và gia nhập các điều ước quốc tế, xây dựng hệ thống tổ chức và quản lý về phát triển và về đảm bảo an toàn cho điện hạt nhân của quốc gia.
2. **Tiểu ban về nhân lực:** Chỉ đạo các hoạt động xây dựng và tổ chức triển khai thực hiện kế hoạch đào tạo phát triển nguồn nhân lực cho điện hạt nhân.
3. **Tiểu ban về công nghệ và an toàn nhà máy điện hạt nhân:** Chỉ đạo các hoạt động xây dựng năng lực nghiên cứu triển khai về điện hạt nhân nhằm đánh giá, lựa chọn, tiếp thu, làm chủ và phát triển công nghệ nhà máy điện hạt nhân; công nghệ phân tích, đánh giá và thanh tra an toàn dự án điện hạt nhân; tư vấn chính sách và biện pháp đảm bảo an ninh cung cấp nhiên liệu, sử dụng tài nguyên uran trong nước cho phát triển điện hạt nhân, đảm bảo an toàn bức xạ, quản lý nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng và quản lý chất thải phóng xạ.
4. **Tiểu ban về môi trường và địa điểm:** Chỉ đạo các hoạt động quan trắc phóng xạ môi trường, đánh giá tác động môi trường của dự án điện hạt nhân và quy hoạch địa điểm xây dựng nhà máy điện hạt nhân cũng như cơ sở chôn cất chất thải phóng xạ hoạt độ thấp và trung bình của quốc gia.
5. **Tiểu ban về thông tin đại chúng:** Chỉ đạo và tổ chức các hoạt động thông tin tuyên truyền về điện hạt nhân để tạo sự ủng hộ của công chúng cho chủ trương phát triển điện hạt nhân của Nhà nước và định kỳ thực hiện công tác điều tra dư luận xã hội đối với chủ trương phát triển điện hạt nhân.
6. **Tiểu ban về an ninh hạt nhân và phòng chống khắc phục sự cố, tai nạn:** Chỉ đạo xây dựng và thực hiện các chương trình về đảm bảo an ninh và bảo vệ thực thể nhà máy điện hạt nhân, các thiết bị hạt nhân khác và nhiên vật liệu hạt nhân, đảm bảo an ninh trong vận chuyển và lưu giữ chất thải phóng xạ; kế hoạch và phương tiện kỹ thuật xử lý sự cố, tai nạn bức xạ và hạt nhân; xây dựng trung tâm ứng phó quốc gia về tình trạng khẩn cấp đối với sự cố, tai nạn bức xạ và hạt nhân.
7. **Tiểu ban về phát triển công nghiệp trong nước:** Chỉ đạo và tổ chức thực hiện đánh giá tiềm năng, xây dựng chính sách, quy hoạch và đầu tư phát triển các ngành công nghiệp trong nước có liên quan để có thể tham gia hiệu quả vào việc thực hiện các dự án xây dựng nhà máy điện hạt nhân ngay từ dự án đầu tiên và từng bước tiến đến hình thành ngành công nghiệp điện hạt nhân Việt Nam trong tương lai.
8. **Tiểu ban về dự án nhà máy điện hạt nhân đầu tiên:** Chỉ đạo các hoạt động chuẩn bị thực hiện dự án xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên tại Phước Dinh và Vĩnh Hải (Ninh Thuận) với 4 tổ máy có công suất là 4000MW (4 x 1000MW); nâng cao năng lực quản lý dự án điện hạt nhân; nghiên cứu các



phương thức đầu tư và thu xếp tài chính cho dự án điện hạt nhân; nâng cao năng lực đàm phán và ký kết hợp đồng; phát triển hệ thống lưới điện quốc gia phù hợp với việc xây dựng nhà máy điện hạt nhân.

## PHẦN II

# ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Năng lượng mặt trời (NLMT) là nguồn năng lượng mà con người biết sử dụng từ rất sớm, nhưng ứng dụng năng lượng mặt trời vào các công nghệ sản xuất và trên quy mô rộng thì mới chỉ thực sự vào cuối thế kỷ 18 và cũng chủ yếu ở những nước nhiều năng lượng mặt trời, những vùng sa mạc. Từ sau các cuộc khủng hoảng năng lượng thế giới năm 1968 và 1973, năng lượng mặt trời càng được đặc biệt quan tâm. Các nước công nghiệp phát triển đã đi tiên phong trong việc nghiên cứu ứng dụng năng lượng mặt trời. Các ứng dụng năng lượng mặt trời phổ biến hiện nay bao gồm 2 lĩnh vực chủ yếu. Thứ nhất là năng lượng mặt trời được biến đổi trực tiếp thành điện năng nhờ các tế bào quang điện bán dẫn, hay còn gọi là Pin mặt trời, các Pin mặt trời sản xuất ra điện năng một cách liên tục chừng nào còn có bức xạ mặt trời chiếu tới. Lĩnh vực thứ hai đó là sử dụng năng lượng mặt trời dưới dạng nhiệt năng, ở đây, chúng ta dùng các thiết bị thu bức xạ nhiệt mặt trời và tích trữ nó dưới dạng nhiệt năng để dùng vào các mục đích khác nhau.

Việt Nam là nước có tiềm năng về NLMT, trải dài từ vĩ độ 8" Bắc đến 23" Bắc, nằm trong khu vực có cường độ bức xạ mặt trời tương đối cao, với trị số tổng xạ khá lớn từ 100-175 kcal/cm<sup>2</sup>.năm. Do đó việc sử dụng NLMT ở nước ta sẽ đem lại hiệu quả kinh tế lớn. Thiết bị sử dụng năng lượng mặt trời ở Việt Nam hiện nay chủ yếu là hệ thống cung cấp điện dùng pin mặt trời, hệ thống nấu cơm có gương phản xạ, hệ thống cung cấp nước nóng, chưng cất nước dùng NLMT, dùng NLMT chạy các động cơ nhiệt (động cơ Stirling), và ứng dụng NLMT để làm lạnh là đề tài hấp dẫn có tính thời sự đã và đang được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước nghiên cứu.



## CHƯƠNG 3

# PIN MẶT TRỜI

Pin mặt trời là phương pháp sản xuất điện trực tiếp từ năng lượng mặt trời qua thiết bị biến đổi quang điện. Pin mặt trời có ưu điểm là gọn nhẹ có thể lắp bất kỳ ở đâu có ánh sáng mặt trời, đặc biệt là trong lĩnh vực tàu vũ trụ. Ứng dụng năng lượng mặt trời dưới dạng này được phát triển với tốc độ rất nhanh, nhất là ở các nước phát triển. Ngày nay con người đã ứng dụng pin mặt trời trong lĩnh vực hàng không vũ trụ, để chạy xe và trong sinh hoạt thay thế dần nguồn năng lượng truyền thống.

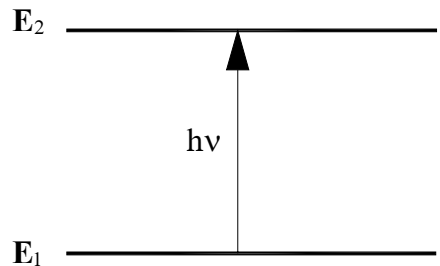
## 3.1. CẤU TẠO VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA PIN MẶT TRỜI

Pin mặt trời làm việc theo nguyên lý là biến đổi trực tiếp năng lượng bức xạ mặt trời thành điện năng nhờ hiệu ứng quang điện.

### 3.1.1. Hiệu ứng quang điện

Hiệu ứng quang điện được phát hiện đầu tiên năm 1839 bởi nhà vật lý Pháp Alexandre Edmond Becquerel. Tuy nhiên cho đến 1883 một pin năng lượng mới được tạo thành, bởi Charles Fritts, ông phủ lên mạch bán dẫn selen một lớp cực mỏng vàng để tạo nên mạch nối. Thiết bị chỉ có hiệu suất 1%, Russell Ohl xem là người tạo ra pin năng lượng mặt trời đầu tiên năm 1946. Sau đó Sven Ason Berglund đã có các phương pháp liên quan đến việc tăng khả năng cảm nhận ánh sáng của pin.

Xét một hệ hai mức năng lượng điện tử (hình 3.1)  $E_1 < E_2$ , bình thường điện tử chiếm mức năng lượng thấp hơn  $E_1$ . Khi nhận bức xạ mặt trời, lượng tử ánh sáng photon có năng lượng  $h\nu$  (trong đó  $h$  là hằng số Planck,  $\nu$  là tần số ánh sáng) bị điện tử hấp thụ và chuyển lên mức năng lượng  $E_2$ . Ta có phương trình cân bằng năng lượng:

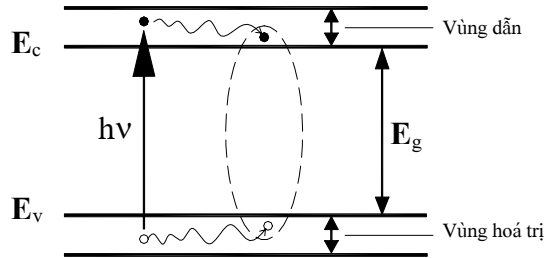


Hình 3.1. Hệ 2 mức năng lượng

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad (3.1)$$

Trong các vật thể rắn, do tương tác rất mạnh của mạng tinh thể lên điện tử vòng ngoài, nên các mức năng lượng của nó bị tách ra nhiều mức năng lượng sát nhau và tạo thành các **vùng năng lượng** (hình 3.2). Vùng năng lượng thấp bị các điện tử chiếm đầy khi ở trạng thái cân bằng gọi là **vùng hoá trị**, mà mặt trên của nó có mức năng

lượng  $E_v$ . Vùng năng lượng phía trên tiếp đó hoàn toàn trống hoặc chỉ bị chiếm một phần gọi là **vùng dẫn**, mặt dưới của vùng có năng lượng là  $E_c$ . Cách ly giữa 2 vùng hóa trị và vùng dẫn là một vùng cấm có độ rộng với năng lượng là  $E_g$ , trong đó không có mức năng lượng cho phép nào của điện tử.



Hình 3.2 Các vùng năng lượng

Khi nhận bức xạ mặt trời, photon có năng lượng  $h\nu$  tới hệ thống và bị điện tử ở vùng hoá trị thấp hấp thụ và nó có thể chuyển lên vùng dẫn để

trở thành điện tử tự do  $e^-$ , để lại ở vùng hoá trị một lỗ trống có thể coi như hạt mang điện dương, ký hiệu là  $h^+$ . Lỗ trống này có thể di chuyển và tham gia vào quá trình dẫn điện.

Hiệu ứng lượng tử của quá trình hấp thụ photon có thể mô tả bằng phương trình:



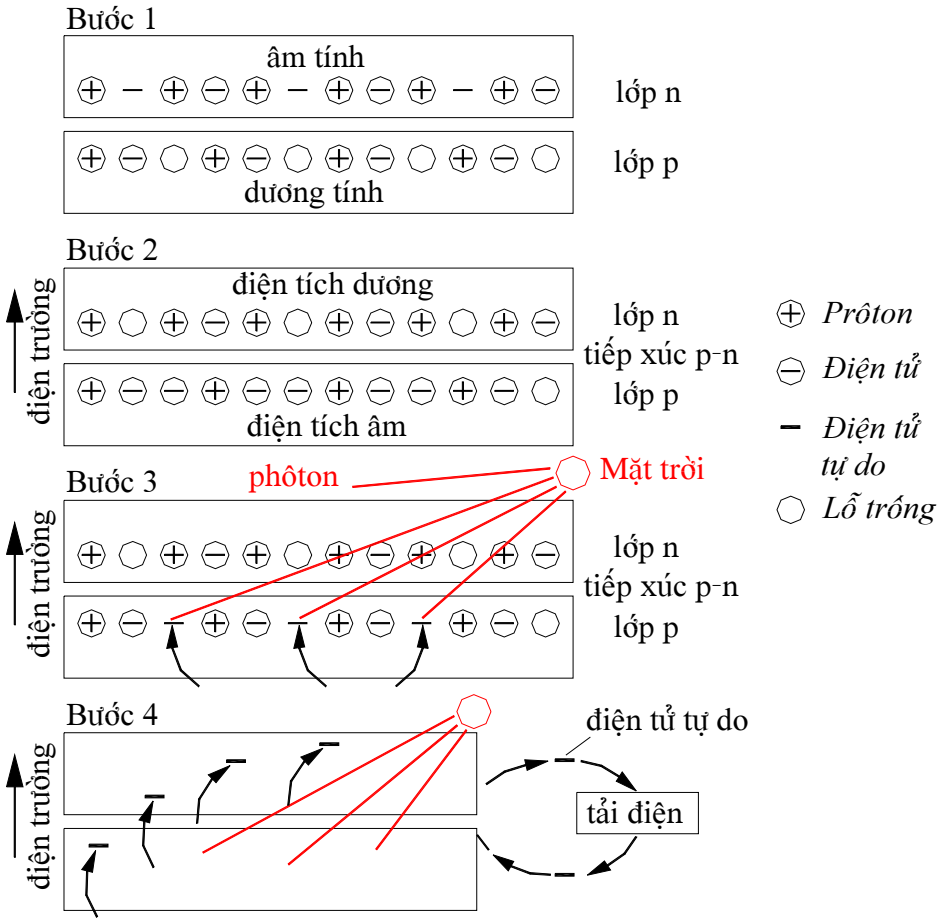
Điều kiện để điện tử có thể hấp thụ năng lượng của photon và chuyển từ vùng hoá trị lên vùng dẫn, tạo ra cặp điện tử - lỗ trống là  $h\nu = hc/\lambda \geq E_g = E_c - E_v$ . Từ đó có thể tính được bước sóng tối hạn  $\lambda_c$  của ánh sáng để có thể tạo ra cặp  $e^- - h^+$ :

$$\lambda_c = \frac{hc}{E_c - E_v} = \frac{hc}{E_g} = \frac{1,24}{E_g}, [\mu\text{m}] \quad (3.3)$$

Trong thực tế các hạt dẫn bị kích thích  $e^-$  và  $h^+$  đều tự phát tham gia vào quá trình phục hồi, chuyển động đến mặt của các vùng năng lượng: điện tử  $e^-$  giải phóng năng lượng để chuyển đến mặt của vùng dẫn  $E_c$ , còn lỗ trống  $h^+$  chuyển đến mặt của  $E_v$ , quá trình phục hồi chỉ xảy ra trong khoảng thời gian rất ngắn  $10^{-12} \div 10^{-1}$  giây và gây

ra dao động mạnh (photon). Năng lượng bị tổn hao do quá trình phục hồi sẽ là  $E_{ph} = hv - E_g$ .

Tóm lại khi vật rắn nhận tia bức xạ mặt trời, điện tử ở vùng hoá trị hấp thụ năng lượng photon  $hv$  và chuyển lên vùng dẫn tạo ra cặp hạt dẫn điện tử - lỗ trống  $e^- - h^+$ , tức là đã tạo ra một điện thế. Hiện tượng đó gọi là *hiệu ứng quang điện bên trong*.



Hình 3.3 Nguyên lý hoạt động của pin mặt trời

### 3.1.2. Hiệu suất của quá trình biến đổi quang điện

Ta có thể xác định hiệu suất giới hạn về mặt lý thuyết  $\eta$  của quá trình biến đổi quang điện của hệ thống 2 mức như sau:

$$\eta = \frac{E_g \int_0^{\lambda_c} J_o(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} J_o(\lambda) \left[ \frac{hc}{\lambda} \right] d\lambda} \quad (3.4)$$

Trong đó:

$J_o(\lambda)$  là mật độ photon có bước  $\lambda$

$J_o(\lambda)d\lambda$  là tổng số photon tới có bước sóng trong khoảng  $\lambda \div \lambda + d\lambda$

$hc/\lambda$  là năng lượng của photon

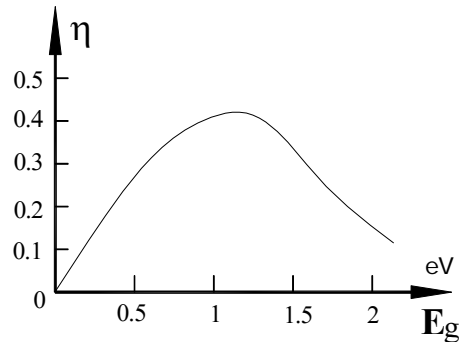
$$E_g = \int_0^{\lambda_c} J_o(\lambda) d\lambda \quad \text{là năng}$$

lượng hữu ích mà điện tử hấp thụ của photon trong quá trình quang điện,

$$\int_0^{\infty} J_o(\lambda) \left[ \frac{hc}{\lambda} \right] d\lambda \quad \text{là tổng}$$

năng lượng của các photon tới hệ.

Như vậy hiệu suất  $\eta$  là một hàm của  $E_g$  (hình 3.4).



Hình 3.4. Quan hệ  $\eta(E_g)$

Bằng tính toán lý thuyết đối với chất bán dẫn Silicon thì hiệu suất  $\eta \leq 0,44$ .

### 3.1.3. Cấu tạo pin mặt trời

Hiện nay vật liệu chủ yếu cho pin mặt trời là các silic tinh thể. Pin mặt trời từ tinh thể silic chia ra thành 3 loại:

- Một tinh thể hay đơn tinh thể module sản xuất dựa trên quá trình Czochralski. đơn tinh thể loại này có hiệu suất tới 16%. Chúng thường rất đắt tiền do được cắt từ các thỏi hình ống, các tấm đơn thể này có các mặt trống ở góc nối các module.
- Đa tinh thể làm từ các thỏi đúc-đúc từ silic nung chảy cẩn thận được làm nguội và làm rắn. Các pin này thường rẻ hơn các đơn tinh thể, tuy nhiên hiệu suất kém hơn. Tuy nhiên chúng có thể tạo thành các tấm vuông che phủ bề mặt nhiều hơn đơn tinh thể bù lại cho hiệu suất thấp của nó.
- Dải silic tạo từ các miếng phim mỏng từ silic nóng chảy và có cấu trúc đa tinh thể. Loại này thường có hiệu suất thấp nhất, tuy nhiên loại này rẻ nhất trong các loại vì không cần phải cắt từ thỏi silicon.



*Hình 3.5. Pin mặt trời*

Một lớp tiếp xúc bán dẫn **pn** có khả năng biến đổi trực tiếp năng lượng bức xạ mặt trời thành điện năng nhờ hiệu ứng quang điện bên trong gọi là pin mặt trời. Pin mặt trời được sản xuất và ứng dụng phổ biến hiện nay là các pin mặt trời được chế tạo từ vật liệu tinh thể bán dẫn silicon (Si) có hoá trị 4. Từ tinh thể Si tinh khiết, để có vật liệu tinh thể bán dẫn Si loại **n**, người ta pha tạp chất donor là photpho có hoá trị 5. Còn có thể có vật liệu bán dẫn tinh thể loại **p** thì tạp chất acceptor được dùng để pha vào Si là Bo có hoá trị 3. Đối với pin mặt trời từ vật liệu tinh thể Si khi bức xạ mặt trời chiếu đến thì hiệu điện thế hở mạch giữa 2 cực khoảng 0,55V và dòng điện đoản mạch của nó



khi bức xạ mặt trời có cường độ  $1000\text{W/m}^2$  vào khoảng  $25 \div 30 \text{ mA/cm}^2$ .

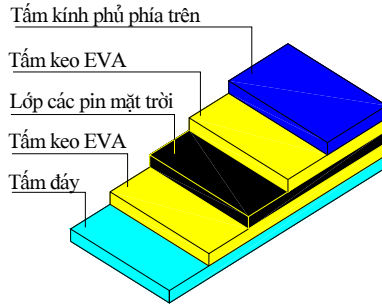
Hiện nay người ta đã chế tạo pin mặt trời bằng vật liệu Si vô định hình (a-Si). So với pin mặt trời tinh thể Si thì pin mặt trời a-Si giá thành rẻ hơn nhưng hiệu suất thấp hơn và kém ổn định.

Ngoài Si, hiện nay người ta đang nghiên cứu và thử nghiệm các loại vật liệu khác có nhiều triển vọng như Sunfit cadmi-đồng (CuCds), galium-arsenit (GaAs) ...

Công nghệ chế tạo pin mặt trời gồm nhiều công đoạn khác nhau, ví dụ để chế tạo pin mặt trời từ Silicon đa tinh thể cần qua các công đoạn như hình 3.6 cuối cùng ta được module.



Hình 3.6. Quá trình tạo module



*Hình 3.7. Cấu tạo module*

### **3.2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI**

Hệ thống điện mặt trời là một hệ thống bao gồm một số các thành phần như; các tấm pin mặt trời (máy phát điện), các tải tiêu thụ điện, các thiết bị tích trữ năng lượng và các thiết bị điều phối năng lượng,...

Thiết kế một hệ thống điện mặt trời là xây dựng một quan hệ tương thích giữa các thành phần của hệ về mặt định tính và định lượng, để đảm bảo một sự truyền tải năng lượng hiệu quả cao từ máy phát - pin mặt trời đến các tải tiêu thụ.

Không như các hệ năng lượng khác, "nhiên liệu" của máy phát điện là bức xạ mặt trời, nó luôn thay đổi phức tạp theo thời gian, theo địa phương và phụ thuộc vào các



*Hình 3.8. Hệ thống pin mặt trời.*

điều kiện khí hậu, thời tiết,... nên với cùng một tải điện yêu cầu, có

thể có một số thiết kế khác nhau tùy theo các thông số riêng của hệ. Vì vậy, nói chung không nên áp dụng các hệ thiết kế "mẫu" dùng cho tất cả hệ thống điện mặt trời.

Thiết kế một hệ thống điện mặt trời bao gồm nhiều công đoạn, từ việc lựa chọn sơ đồ khối, tính toán dung lượng dàn pin mặt trời và bộ acquy, thiết kế các thiết bị điện tử điều phối như các bộ điều khiển, đổi điện,... đến việc tính toán lắp đặt các hệ giá đỡ pin mặt trời, hệ định hướng dàn pin mặt trời theo vị trí mặt trời, nhà xưởng đặt thiết bị, acquy,... Trong tài liệu này chúng tôi chỉ giới thiệu những công đoạn quan trọng nhất như lựa chọn sơ đồ khối, tính toán dung lượng dàn pin mặt trời, dung lượng acquy và lắp đặt hệ thống.

Trong hai thành phần được quan tâm ở đây - dàn pin mặt trời và bộ acquy - là hai thành phần chính của hệ thống và chiếm một tỷ trọng lớn nhất trong chi phí cho một hệ thống điện mặt trời. Cùng một phụ tải tiêu thụ, có nhiều phương án lựa chọn hệ thống điện mặt trời trong đó giữa dung lượng dàn pin mặt trời và bộ acquy có quan hệ tương hỗ sau:

- Tăng dung lượng acquy thì giảm được dung lượng dàn pin mặt trời;
- Tăng dung lượng dàn pin mặt trời, giảm được dung lượng acquy.

Tuy nhiên, nếu lựa chọn dung lượng dàn pin mặt trời quá nhỏ, thì acquy sẽ bị phóng kiệt hoặc luôn luôn bị "đói", dẫn đến hư hỏng. Ngược lại nếu dung lượng dàn pin mặt trời quá lớn sẽ gây ra lãng phí lớn. Do vậy phải lựa chọn thích hợp để hệ thống hoạt động có hiệu quả nhất.

Trong thực tế có những hệ thống điện mặt trời nằm trong những tổ hợp hệ thống năng lượng, gồm hệ thống điện mặt trời, máy phát điện gió, máy phát diesel,... Trong hệ thống đó, điện năng từ hệ thống điện mặt trời được "hòa" vào lưới điện chung của tổ hợp hệ thống.

### **3.2.1. Các thông số cần thiết để thiết kế hệ thống điện mặt trời**

Để thiết kế, tính toán một hệ thống điện mặt trời trước hết cần một số thông số chính sau đây:

- Các yêu cầu và các đặc trưng của phụ tải;
- Vị trí lắp đặt hệ thống.

#### ***Yêu cầu và các đặc trưng của phụ tải***

Đối với các phụ tải, cần phải biết các thông số sau:

- Gồm bao nhiêu thiết bị, các đặc trưng điện của mỗi thiết bị như công suất tiêu thụ, hiệu điện thế và tần số làm việc, hiệu suất của các thiết bị điện,...

- Thời gian làm việc của mỗi thiết bị bao gồm thời gian biểu và quãng thời gian trong ngày, trong tuần, trong tháng,...

- Thứ tự ưu tiên của các thiết bị. Thiết bị nào cần phải hoạt động liên tục và yêu cầu độ ổn định cao, thiết bị nào có thể ngừng tạm thời.

Các thông số trên trước hết cần thiết cho việc lựa chọn sơ đồ khối. Ví dụ nếu tải làm việc vào ban đêm thì hệ cần phải có thành phần tích trữ năng lượng, tải làm việc với điện xoay chiều hiệu điện thế cao thì cần dùng các bộ đổi điện. Ngoài ra các thông số này cũng chính là cơ sở để tính toán định lượng dung lượng của hệ thống.

#### ***Vị trí lắp đặt hệ thống***

Yêu cầu này xuất phát từ việc thu nhập các số liệu về bức xạ mặt trời và các số liệu thời tiết khí hậu khác. Như đã trình bày, bức xạ mặt trời phụ thuộc vào từng địa điểm trên mặt đất và các điều kiện tự nhiên của địa điểm đó. Các số liệu về bức xạ mặt trời và khí hậu, thời tiết được các trạm khí tượng ghi lại và xử lý trong các khoảng thời gian rất dài, hàng chục, có khi hàng trăm năm. Vì các thông số này biến đổi rất phức tạp, nên với mục đích thiết kế đúng hệ thống điện mặt trời cần phải lấy số liệu ở các trạm khí tượng đã hoạt động trên mười năm. Cường độ bức xạ mặt trời tại một điểm bất kỳ trên trái đất chúng ta có thể xác định theo mục 2.2. Khi thiết kế hệ thống điện mặt

trời, rõ ràng để cho hệ có thể cung cấp đủ năng lượng cho tải trong suốt cả năm, ta phải chọn giá trị cường độ tổng xạ của tháng thấp nhất trong năm làm cơ sở. Tất nhiên khi đó, ở các tháng mùa hè năng lượng của hệ sẽ dư thừa và có thể gây lãng phí lớn nếu không dùng thêm các tải phụ. Ta không thể dùng các bộ tích trữ năng lượng như acquy để tích trữ điện năng trong các tháng mùa hè để dùng trong các tháng mùa đông vì không kinh tế. Để giải quyết vấn đề trên người ta có thể dùng thêm một nguồn điện dự phòng (ví dụ máy phát diezen, máy nổ) cấp điện thêm cho những tháng có cường độ bức xạ mặt trời thấp hoặc sử dụng công nghệ nguồn tổ hợp (hybrid system technology). Trong trường hợp này có thể chọn cường độ bức xạ trung bình trong năm để tính toán và do đó giảm được dung lượng dàn pin mặt trời.

Ngoài ra còn một thông số khác liên quan đến bức xạ mặt trời là số ngày không có nắng trung bình trong năm. Nếu không tính đến thông số này, vào mùa mưa, có thể có một số ngày không có nắng, acquy sẽ bị kiệt và tải phải ngừng hoạt động. Muốn cho tải có thể làm việc liên tục trong các ngày không có nắng cần phải tăng thêm dung lượng acquy dự trữ điện năng

Vị trí lắp đặt hệ thống điện mặt trời còn dùng để xác định góc nghiêng của dàn pin mặt trời sao cho khi đặt cố định hệ thống có thể nhận được tổng cường độ bức xạ lớn nhất.

Nếu gọi  $\beta$  là góc nghiêng của dàn pin mặt trời so với mặt phẳng ngang (hình 3.9), thì thông thường ta chọn

$$\beta = \varphi \pm 10^\circ$$



Hình 3.9. Góc nghiêng  $\beta$  của hệ thống

với  $\varphi$  là vĩ độ nơi lắp đặt. Còn hướng, nếu ở bán cầu Nam thì quay về hướng Bắc, nếu ở bán cầu Bắc thì quay về hướng Nam.

Ngoài ra việc đặt nghiêng dàn pin còn có một ý nghĩa khác đó là khả năng tự làm sạch. Khi có mưa, do mặt dàn pin nghiêng nên nước mưa sẽ tẩy rửa bụi bẩn bám trên mặt pin, làm tăng khả năng hấp thụ bức xạ mặt trời của dàn pin.

Ở các vị trí lắp đặt khác nhau, nhiệt độ môi trường cũng khác nhau và do đó nhiệt độ làm việc của pin mặt trời cũng khác nhau. Thông thường nhiệt độ làm việc của pin mặt trời cao hơn nhiệt độ môi trường ( $20 \div 25^{\circ}\text{C}$ ) và tùy thuộc vào tốc độ gió. Vì khi nhiệt độ tăng, hiệu suất của module pin Mặt trời  $\eta_M$  giảm và có thể biểu diễn bằng quan hệ sau:

$$\eta_M(T) = \eta_M(T_C) \cdot \{1 + P_C \cdot (T - T_C)\} \quad (3.5)$$

ở đây :  $\eta_M(T)$  là hiệu suất của module ở nhiệt độ T;

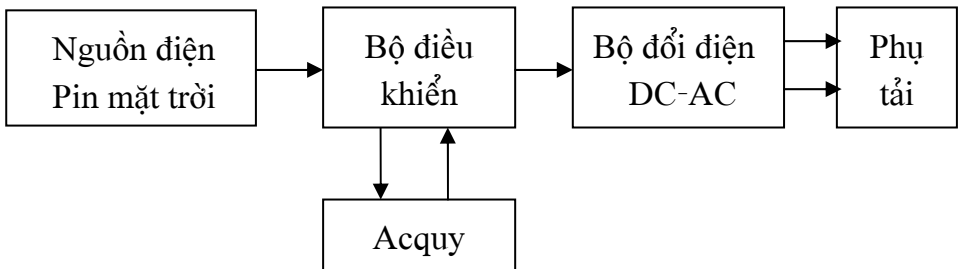
$\eta_M(T_C)$  là hiệu suất của module ở nhiệt độ chuẩn  $T_C = 25^{\circ}\text{C}$ ;

$P_C$  là hệ số nhiệt độ của module. Trong tính toán thực tế thường lấy giá trị gần đúng bằng  $P_C = -0,005/^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2.2. Các bước thiết kế hệ thống điện mặt trời

#### 3.2.2.1. Lựa chọn sơ đồ khối

Từ sự phân tích các yêu cầu và các đặc trưng của các phụ tải điện ta sẽ chọn một sơ đồ khối thích hợp. Hình 3.10 là sơ đồ khối thường dùng đối với các hệ thống điện mặt trời.



Hình 3.10. Sơ đồ khối hệ thống điện mặt trời

Các khối đưa vào trong hệ thống đều gây ra tổn hao năng lượng. Vì vậy cần lựa chọn sơ đồ khối sao cho số khối hay thành phần trong hệ là ít nhất. Ví dụ, nếu tải là các thiết bị 12 VDC (đèn 12 VDC, radio, TV đen trắng có ổ cắm điện 12 VDC,... thì không nên dùng bộ biến đổi điện.

### 3.3.2. Tính toán hệ nguồn điện pin mặt trời

Có nhiều phương pháp tính toán, thiết kế hệ nguồn điện pin mặt trời. Ở đây chỉ nêu một phương pháp thông dụng nhất chủ yếu dựa trên sự cân bằng điện năng trung bình hàng ngày. Theo phương pháp này, các tính toán hệ nguồn có thể được tiến hành qua nhiều bước theo thứ tự sau.

#### 1- Tính phụ tải điện yêu cầu

Phụ tải điện có thể tính theo hàng ngày và sau đó có thể tính theo tháng hoặc năm.

Giả sử hệ cần cấp điện cho các tải  $T_1, T_2, T_3, \dots$  có các công suất tiêu thụ tương ứng  $P_1, P_2, P_3, \dots$  và thời gian làm việc hàng ngày của chúng là  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$

Tổng điện năng phải cấp hàng ngày cho các tải bằng tổng tất cả điện năng của các tải:

$$E_{ng} = P_1\tau_1 + P_2\tau_2 + P_3\tau_3 + \dots = \sum_{i=1}^n P_i\tau_i \quad (3.6)$$

Từ  $E_{ng}$  nếu nhân với số ngày trong tháng hoặc trong năm ta sẽ tính được nhu cầu điện năng trong các tháng hoặc cả năm.

#### 2- Tính năng lượng điện mặt trời cần thiết $E_{cấp}$

Năng lượng điện hàng ngày từ pin mặt trời cần phải cấp cho hệ,  $E_{cấp}$  được xác định theo công thức:

$$E_{cấp} = \frac{E_{ng}}{\eta} \quad (3.7)$$

Trong đó 
$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_n = \prod_{i=1}^n \eta_i \quad (3.8)$$

với  $\eta_1$  = hiệu suất của thành phần thứ nhất, ví dụ bộ biến đổi điện;  
 $\eta_2$  = hiệu suất của thành phần thứ hai, ví dụ bộ điều khiển;  
 $\eta_3$  = hiệu suất nạp/ phóng điện của bộ acquy, v.v...

### 3- Tính công suất dàn pin mặt trời $W_p$ (Peak Watt)

Công suất dàn pin mặt trời thường được tính ra công suất đỉnh hay cực đại (Peak Watt, kí hiệu là  $W_p$ ), tức là công suất mà dàn pin phát ra ở điều kiện chuẩn:

$$E_0 = 1000 \text{ W/m}^2 \text{ và ở nhiệt độ chuẩn } T_0 = 25^\circ\text{C}.$$

Ta tính cho trường hợp dàn pin mặt trời phải đảm bảo đủ năng lượng cho tải liên tục cả năm. Khi đó cường độ bức xạ mặt trời dùng để tính phải là cường độ bức xạ hàng ngày trung bình của tháng thấp nhất trong năm.

Nếu gọi  $E_{\beta\Sigma}$  tổng cường độ bức xạ trên mặt phẳng đặt nghiêng một góc  $\beta$  so với mặt phẳng ngang được tính theo mục 2.2. Thì công suất dàn pin mặt trời tính ra Peak Watt ( $W_p$ ) sẽ là:

$$E_{(WP)} = \frac{E_{\text{cấp}} \cdot 1000 \text{ Wh} / \text{m}^2}{E_{\beta\Sigma}}, [W_P] \quad (3.9)$$

trong đó cường độ tổng xạ trên mặt nghiêng  $E_{\beta\Sigma}$  tính theo  $\text{Wh}/\text{m}^2$ . ngày và ta đã đặt cường độ tổng xạ chuẩn  $E_0 = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$ .

Dung lượng dàn pin mặt trời  $E_{(WP)}$  tính theo công thức trên chỉ đủ cấp cho tải ở nhiệt độ chuẩn  $T_0 = 25^\circ\text{C}$ . Khi làm việc ngoài trời, do nhiệt độ của các pin mặt trời cao hơn nhiệt độ chuẩn, nên hiệu suất biến đổi quang điện của pin và modun pin mặt trời bị giảm. Để hệ thống làm việc bình thường ta phải tăng dung lượng tấm pin lên. Gọi dung lượng của dàn pin có kể đến hiệu ứng nhiệt độ là  $E_{(WP, T)}$  thì

$$E_{(WP, T)} = \frac{E_{(WP)}}{\eta_m(T)}, [W_P] \quad (3.10)$$

trong đó  $\eta_m(T)$  là hiệu suất của module ở nhiệt độ T



Trong thực tế để thiết kế dàn pin mặt trời có công suất phù hợp với phụ tải còn phụ thuộc rất nhiều yếu tố cụ thể. Do vậy ngoài  $E_{(WP,T)}$  được tính theo công thức trên còn phải dựa nhiều vào kinh nghiệm của người thiết kế.

#### 4- Tính số modul mắc song song và nối tiếp

Trước hết cần lựa chọn loại modul thích hợp có các đặc trưng cơ bản là:

- Thế làm việc tối ưu  $V_{md}$ ;
- Dòng điện làm việc tối ưu  $I_{md}$ ;
- Công suất đỉnh  $P_{md}$ .

Số modul cần phải dùng cho hệ thống được tính từ tỷ số:

$$N = \frac{E_{(WP,T)}}{P_{md}} \quad \text{với} \quad N = N_{nt} \cdot N_{ss}. \quad (3.11)$$

$N_{nt}$  là số modul mắc nối tiếp trong mỗi dãy được xác định từ điện thế yêu cầu của hệ V:

$$N_{nt} = \frac{V}{V_{md}} \quad (3.12)$$

$N_{ss}$  là số dãy modul ghép song song được xác định từ dòng điện toàn phần của hệ I:

$$N_{ss} = \frac{I}{I_{md}} \quad (3.13)$$

Trong tính toán ở trên, ta đã bỏ qua điện trở dây nối, sự hao phí năng lượng do bụi phủ trên dàn pin mặt trời,... Nếu cần phải tính đến các hao phí đó, người ta thường đưa vào một hệ số K và dung lượng dàn pin mặt trời khi đó sẽ là:

$$K \cdot E_{(WP,T)} \quad (3.14)$$

Với K được chọn trong khoảng (1 ÷ 1,2) tùy theo các điều kiện thực tế, và thường được gọi là các hệ số an toàn của hệ.

### 5- Dung lượng của bộ acquy tính theo ampe-giờ, Ah

Dung lượng của Bộ acquy tính ra Ah phụ thuộc vào hiệu điện thế làm việc của hệ V, số ngày cần dự trữ năng lượng (số ngày không có nắng) D, hiệu suất nạp phóng điện của acquy  $\eta_b$ , độ sâu phóng điện thích hợp DOS (khoảng  $0,6 \div 0,7$ ) và được tính theo công thức sau:

$$C = \frac{E_{out} \cdot D}{Vx\eta_b \cdot DOS}, \text{ [Ah]} \quad (3.15)$$

Nếu V là hiệu điện thế làm việc của hệ thống nguồn, còn v là hiệu điện thế của mỗi bình acquy, thì số bình mắc nối tiếp trong bộ là:

$$n_{nt} = \frac{V}{v} \quad (3.16)$$

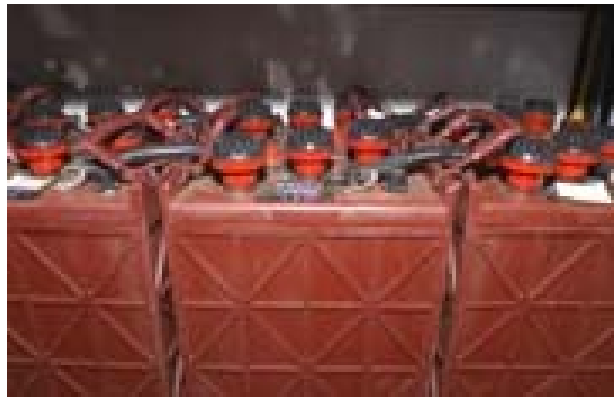
Số dãy bình mắc song song là:

$$n_{ss} = \frac{C}{C_b} \quad (3.17)$$

trong đó mỗi bình có dung lượng  $C_b$  tính ra Ah. Tổng số bình acquy được xác định như sau:

$$n = \frac{C}{C_b} \cdot \frac{V}{v} \quad (3.18)$$

Trong công thức trên D là số ngày dự phòng không có nắng được lựa chọn dựa trên số liệu khí tượng về số ngày không có nắng trung bình trong tháng đã nói ở trên và vào yêu cầu thực tế của tải tiêu thụ. Tuy nhiên không nên chọn D quá lớn,



Hình 3.11. Bộ acquy

ví dụ > 10 ngày, vì khi đó dung lượng acquy sẽ rất lớn, vừa tốn kém về chi phí, lại vừa làm cho acquy không khi nào được nạp đầy, gây hư hỏng cho acquy. Thông thường D được chọn trong khoảng từ 3 đến 10 ngày.

### 3.2.2.2. Các bộ điều phối năng lượng

Trong hệ nguồn pin mặt trời tổng quát được cho trong sơ đồ khối hình 3.10. Các bộ điều phối năng lượng gồm có Bộ điều khiển quá trình nạp - phóng điện cho acquy và bộ biến đổi điện DC-AC. Để thiết kế, chế tạo và lắp đặt các bộ điều phối này cần xác định một số thông số cơ bản dưới đây.

#### ***Bộ điều khiển nạp - phóng điện***

Bộ điều khiển là một thiết bị điện tử có chức năng kiểm soát tự động các quá trình nạp và phóng điện của bộ acquy. Bộ điều khiển theo dõi trạng thái của acquy thông qua hiệu điện thế trên các điện cực của nó.



Hình 3.12. Bộ điều khiển nạp phóng

Các thông số kỹ thuật chính dưới đây cần phải được quan tâm.

- Ngưỡng điện thế cắt trên  $V_{max}$ :

Ngưỡng điện thế cắt trên  $V_{max}$  là giá trị hiệu điện thế trên hai cực của bộ acquy đã được nạp điện đầy, dung lượng đạt 100%. Khi đó nếu tiếp tục nạp điện cho acquy thì acquy sẽ bị quá đầy, dung dịch acquy sẽ bị sôi dẫn đến sự bay hơi nước và làm hư hỏng các bản cực. Vì vậy khi có dấu hiệu acquy đã được nạp đầy, hiệu điện thế trên các cực bộ acquy đạt đến  $V = V_{max}$ , thì bộ điều khiển sẽ tự động cắt hoặc hạn chế dòng nạp điện từ dàn pin mặt trời. Sau đó khi hiệu điện thế bộ acquy

giảm xuống dưới giá trị ngưỡng, bộ điều khiển lại tự động đóng mạch nạp lại.

- Ngưỡng cắt dưới  $V_{min}$ :

Ngưỡng cắt dưới  $V_{min}$  là giá trị hiệu điện thế trên hai cực bộ acquy khi acquy đã phóng điện đến giá trị cận dưới của dung lượng acquy (ví dụ, đối với acquy chì-axit, khi trong acquy chỉ còn lại 30% dung lượng). Nếu tiếp tục sử dụng acquy thì nó sẽ bị phóng điện *quá kiệt*, dẫn đến hư hỏng acquy. Vì vậy, khi bộ điều khiển nhận thấy hiệu điện thế bộ acquy  $V \leq V_{min}$  thì nó sẽ tự động cắt mạch tải tiêu thụ. Sau đó nếu hiệu điện thế bộ acquy tăng lên trên giá trị ngưỡng, bộ điều khiển lại tự động đóng mạch nạp lại.

Đối với acquy chì-axit, hiệu điện thế chuẩn trên các cực của một bình là  $V = 12$  V, thì thông thường người ta chọn  $V_{max} = (14,0 \div 14,5)$  V, còn  $V_{min} = (10,5 \div 11,0)$  V.

- Điện thế trễ  $\Delta V$ : là giá trị khoảng hiệu điện thế là hiệu số của các giá trị điện thế cắt trên hay cắt dưới và điện thế đóng mạch lại của Bộ điều khiển, tức là:

$$\Delta V = V_{max} - V_d \text{ hay } \Delta V = V_{min} - V_d$$

với  $V_d$  là giá trị điện thế đóng mạch trở lại của bộ điều khiển. Thông thường  $\Delta V$  khoảng  $1 \div 2$  V.

- Công suất  $P$  của bộ điều khiển: thông thường nằm trong dải:

$$1,3 P_L \leq P \leq 2 P_L$$

trong đó  $P_L$  là tổng công suất các tải có trong hệ nguồn,  $P_L = \sum P_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$

- Hiệu suất của bộ điều khiển phải càng cao càng tốt, ít nhất cũng phải đạt giá trị lớn hơn 85%.

### **Bộ biến đổi điện DC-AC**

Bộ biến đổi điện có chức năng biến đổi dòng điện một chiều (DC) từ dàn pin mặt trời hoặc từ bộ acquy thành dòng điện xoay chiều (AC). Các thông số kỹ thuật chính cần quan tâm bao gồm:

- Thế vào  $V_{in}$  một chiều;
- Thế ra  $V_{out}$  xoay chiều;
- Tần số và dạng dao động điện;
- Công suất yêu cầu cũng được xác định như đối với bộ điều khiển, nhưng ở đây chỉ tính các tải của riêng bộ biến đổi điện;

- Hiệu suất biến đổi  $\eta$  phải đạt yêu cầu  $\eta \geq 85\%$  đối với trường hợp sóng điện xoay chiều có dạng vuông góc hay biến điệu và  $\eta \geq 75\%$  đối với bộ biến đổi có sóng điện ra hình sin. Việc dùng bộ biến đổi điện có tín hiệu ra dạng xung vuông, biến điệu hay hình sin lại phụ

thuộc vào tải tiêu thụ. Nếu tải chỉ là ti vi, radio, tăng âm,... thì chỉ cần dùng loại sóng ra dạng xung vuông hay biến điệu.

Nhưng nếu tải

là các động cơ điện, quạt điện,... tức là những thiết bị có cuộn cảm thì phải dùng các bộ biến đổi có sóng ra dạng sin.

Vì hiệu điện thế trong hệ nguồn điện pin mặt trời thay đổi theo cường độ bức xạ và trạng thái nạp của acquy, nên các điện thế vào và ra của bộ điều khiển cũng như bộ biến đổi điện phải được thiết kế trong một khoảng dao động khá rộng nào đó. Ví dụ đối với hệ nguồn làm việc với điện thế  $V = 12V$  thì bộ điều khiển và bộ đổi điện phải làm việc được trong dải điện thế từ  $V_{min} = 10 V$  đến  $V_{max} = 15 V$ .

Để có thể dễ dàng kiểm tra, theo dõi quá trình hoạt động của hệ nói chung và của từng thành phần nói riêng cần phải lắp đặt thêm các bộ chỉ thị như:



Hình 3.13. Bộ chuyển đổi

- Chỉ thị điện thế ra, dòng ra của tấm pin mặt trời;
- Chỉ thị dòng và điện thế nạp acquy;
- Chỉ thị dòng và điện thế cấp cho tải;
- Chỉ thị mức độ nạp hoặc phóng điện cho acquy;
- Chỉ thị nhiệt độ của tấm pin mặt trời, của acquy hoặc của các thành phần khác trong hệ thống.

Nhờ các chỉ thị này ta có thể nhanh chóng xác định được trạng thái làm việc của hệ, giúp tìm các hư hỏng trong hệ một cách dễ dàng hơn. Không nhất thiết phải lắp đặt tất cả các chỉ thị trên mà có thể chỉ cần một số chỉ thị quan trọng nhất tùy thuộc đặc điểm của hệ nguồn

Để bảo vệ dàn pin mặt trời khỏi các hư hỏng trong các trường hợp một hoặc một vài pin hay modun trong dàn pin bị hư hỏng, bị bóng che, bị bụi bẩn bao phủ,... người ta dùng các diot bảo vệ mắc song song và. Cần phải lựa chọn các diot thích hợp, tức là chịu được dòng điện và hiệu điện thế cực đại trong mạch của diot. Sự đưa vào các diot bảo vệ trong mạch gây ra một tổn hao năng lượng của hệ và sụt thế trong mạch. Vì vậy cần phải tính đến các tổn hao này khi thiết kế, tính toán hệ năng lượng.

### ***Hộp nối và dây nối điện***

Khi lắp đặt các modun hay dàn pin mặt trời, bộ acquy, các bộ điều phối trong hệ với nhau người ta dùng các hộp nối có các đầu nối riêng, tháo lắp dễ dàng. Khi cần kiểm tra sửa chữa, nhờ các hộp nối và đầu nối này, có thể tách riêng từng thành phần hoặc các phần khác nhau trong một thành phần. Các hộp nối và đầu nối của modun pin mặt trời cần được bảo vệ cẩn thận vì nó phải làm việc lâu dài ở ngoài trời.

Các hệ thống pin mặt trời bao giờ cũng có một phân hoặc toàn bộ hệ làm việc với các hiệu điện thế thấp (ví dụ hiệu điện thế của tấm pin mặt trời và acquy thường là 12 V, 24 V, 48 V... ) nên dòng điện trong mạch lớn. Vì vậy các dây nối trong hệ phải dùng loại tiết diện đủ

lớn và bằng vật liệu có độ dẫn điện cao để giảm tổn hao năng lượng trên các dây. Việc lựa chọn tiết diện dây dẫn phụ thuộc vào cường độ dòng điện và vào vật liệu dây dẫn (Bảng 3.1).

*Bảng 3.1. Quan hệ giữa cường độ dòng điện và tiết diện dây dẫn*

TT	Tiết diện dây dẫn (mm <sup>2</sup> )	Cường độ dòng điện (A) đối với các vật liệu		
		Cu	Al	Fe
1	1,0	11	8	7
2	1,5	14	11	8
3	2,5	20	16	9
4	4,0	25	20	10
5	6,0	31	24	12
6	10,0	43	34	17
7	16,0	75	60	30
8	25,0	100	80	35

### 3.3. ỨNG DỤNG PIN MẶT TRỜI

Pin mặt trời là phương pháp sản xuất điện trực tiếp từ NLMT qua thiết bị biến đổi quang điện. Pin mặt trời có ưu điểm là gọn nhẹ có thể lắp bất kỳ ở đâu có ánh sáng mặt trời, đặc biệt là trong lĩnh vực tàu vũ trụ. Ứng dụng NLMT dưới dạng này được phát triển với tốc độ rất nhanh, nhất là ở các nước phát triển. Ngày nay con người đã ứng dụng pin mặt trời trong rất nhiều dụng cụ cá nhân như



*Hình 3.14. Xe dùng pin mặt trời*

máy tính, đồng hồ và các đồ dùng hàng ngày. Pin mặt trời còn dùng để chạy xe ô tô thay thế dần nguồn năng lượng truyền thống, dùng thắp sáng đèn đường, đèn sân vườn và sử dụng trong từng hộ gia đình. Trong công nghiệp người ta cũng bắt đầu lắp đặt các hệ thống điện dùng pin mặt trời với công suất lớn.

Hiện nay giá thành thiết bị pin mặt trời còn khá cao, trung bình hiện



nay khoảng 5USD/WP, nên ở những nước đang phát triển pin mặt trời hiện mới chỉ có khả năng duy nhất là cung cấp năng lượng điện sử dụng cho các vùng sâu, xa nơi mà đường điện quốc gia chưa có.

Ở Việt Nam, với sự hỗ trợ của một số tổ chức quốc tế đã thực hiện công việc xây dựng các trạm điện dùng pin mặt trời có công suất khác nhau phục vụ nhu cầu sinh hoạt và văn hoá của

*Hình 3.15. Đèn dùng pin mặt trời*

các địa phương vùng sâu, vùng xa, nhất là đồng bằng sông Cửu Long và Tây Nguyên. Tuy nhiên hiện nay pin mặt trời vẫn đang còn là món hàng xa xỉ đối với các nước nghèo như chúng ta.

Trên thế giới người ta bắt đầu xây dựng các nhà máy quang điện mặt trời với công suất lớn.



*Hình 3.16. Lắp pin mặt trời ở nhà*





*Hình 3.17. Hệ thống điện mặt trời ở Los Angeles*

Một nhà máy điện mặt trời quy mô lớn công suất 154MW nối với lưới điện quốc gia với trị giá 420 triệu Đôla, đây là nhà máy quang điện lớn nhất và hiệu quả nhất thế giới sẽ được xây dựng ở Tây Bắc bang Victoria - Australia. Nhà máy này sẽ sử dụng công nghệ tập trung quang năng bằng kính hướng nhật (HCPV) (Các tấm gương dò theo hướng mặt trời). Nhà máy sẽ bao gồm nhiều bãi đặt kính hướng nhật thu ánh nắng mặt trời vào các bình chứa. Các thiết bị thu này chứa nhiều module gồm nhiều dãy tấm pin mặt trời hiệu suất siêu cao sẽ chuyển trực tiếp ánh sáng mặt trời thành điện năng.

# **Năng lượng mặt trời - Tiềm năng lớn**

## **ở Việt Nam**

Trong khi các nguồn năng lượng truyền thống như than đá, dầu mỏ đang dần cạn kiệt, giá thành cao, nguồn cung không ổn định, nhiều nguồn năng lượng thay thế đang được các nhà khoa học quan tâm, đặc biệt là nguồn năng lượng mặt trời.

Việc tiếp cận để tận dụng nguồn năng lượng mới này không chỉ góp phần cung ứng kịp nhu cầu năng lượng của xã hội mà còn giúp tiết kiệm điện năng và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

### **Sử dụng nguồn năng lượng tại chỗ**

Theo giáo sư, tiến sĩ khoa học Nguyễn Tiến Khiêm, nguyên Viện trưởng Viện Cơ học, Viện Khoa học Công nghệ Việt Nam, trong tất cả các nguồn năng lượng tái tạo, năng lượng mặt trời là phong phú và ít biến đổi nhất trong thời kỳ biến đổi khí hậu hiện nay.

Việt Nam với lợi thế là một trong những nước nằm trong giải phân bố ánh nắng mặt trời nhiều nhất trong năm trên bản đồ bức xạ mặt trời của thế giới, với dải bờ biển dài hơn 3.000km, có hàng nghìn đảo hiện có cư dân sinh sống nhưng nhiều nơi không thể đưa điện lưới đến được.

Vì vậy, sử dụng năng lượng mặt trời như một nguồn năng lượng tại chỗ để

thay thế cho các dạng năng lượng truyền thống, đáp ứng nhu cầu của các vùng dân cư này là một kế sách có ý nghĩa về mặt kinh tế, an ninh quốc phòng. Tuy nhiên, việc ứng dụng năng lượng mặt trời ở Việt Nam cho đến nay chưa phát triển.

Nếu so với một số nước ở châu Phi hay Nam Á có cùng hoàn cảnh, Việt Nam vẫn còn đi sau họ.

Tại Thái Lan, Malaysia, Trung Quốc, Hàn Quốc từ nhiều năm nay đã coi hướng phát triển năng lượng tái tạo như một quốc sách vì thế năng lượng mặt trời ở đây có sự tăng trưởng rất mạnh và chiếm một tỷ lệ đáng kể trong cơ cấu phân bổ điện năng.

Tại Mỹ, Hungary, Đức, Thụy Sĩ từ nhiều năm nay cũng đã tăng nhanh tốc độ xây dựng các nhà máy sản xuất pin mặt trời, trong đó chủ yếu xây dựng các nhà máy sản xuất pin màng mỏng vô định hình.

Hiện nay, trên thế giới đang sử dụng ba dạng pin mặt trời là tấm pin mặt trời tinh thể, đa tinh thể và màng mỏng vô định hình. Trong đó, pin màng mỏng vô định hình (Amorphous Silicon (a-Si)) được đặc biệt quan tâm bởi qua thời gian vận hành loại pin này đã thể hiện tính ổn định và cho hiệu suất cao.

Bằng những thí nghiệm khác, các nhà khoa học còn xác định được pin a-Si có thể làm việc được trong điều kiện trời có mây mù và cả trong môi trường không khí có nhiệt độ cao mà các pin khác không làm việc được. Điều này đã làm sáng tỏ vì sao trong bảng kết quả thí nghiệm ở trên pin a-Si cho sản

lượng điện nhiều hơn hai loại pin tinh thể.

**Phù hợp với điều kiện Việt Nam**

Tại Việt Nam, Viện Cơ học đã thí nghiệm trong điều kiện mây mù nhiều ngày liền vào mùa đông Pin a-Si vẫn làm việc tốt, nếu khai thác pin a-Si làm đèn chiếu sáng, chỉ cần 1 ngày nắng khoảng 10 giờ thì đèn có thể thấp sáng cho 6-7 ngày mưa tiếp theo. Tính ưu việt này của pin a-Si rất phù hợp với điều kiện thời tiết ở các vùng biển Việt Nam đó là nắng lắm, mưa nhiều và sương mù lớn.

Pin a-Si lại là một hệ thống các module khép kín có các lớp đệm bảo vệ không bị nước mưa hoặc hơi nước mặn ngấm vào, nên vẫn đảm bảo được độ bền trong môi trường khai thác ở các vùng biển đảo. Một ưu việt nữa của pin a-Si là các nhà khoa học đã cải tiến công nghệ để thu được một dạng pin mặt trời với giá thành đầu tư chỉ còn 1USD/1wp so với 5-6 USD/1wp đối với pin crystalline.

Giáo sư, tiến sĩ khoa học Nguyễn Tiến Khiêm đã khẳng định về tính ưu việt cơ bản của pin mặt trời màng mỏng vô định hình a-Si. Đó là pin mặt trời a-Si làm việc có hiệu quả trong các điều kiện khác nhau, từ môi trường nhiệt độ cao đến mùa băng tuyết, trong những vùng bức xạ mặt trời lớn cũng như vùng hay có sương mù và trong điều kiện ẩm ướt nhiệt đới.

Vì vậy, hiệu quả tổng cộng cao hơn các loại pin mono và polycrystal; đặc biệt là giá thành đầu tư thấp, công nghệ đơn giản phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Hiện Viện Cơ học đang tìm các nguồn vốn hỗ trợ để chuyển giao

công nghệ chế tạo loại pin mặt trời mới này vào Việt Nam, cụ thể là mong muốn xây dựng một nhà máy chế tạo pin mặt trời a-Si với công suất 6MW/năm.

## **Năng lượng Mặt Trời đáp ứng tốt nhu cầu làm lạnh**

EA đưa ra lộ trình về tạo nhiệt và làm lạnh bằng năng lượng Mặt Trời (SHC), trong đó xác định những phương thức tối ưu để thúc đẩy nâng cấp các công nghệ tạo nhiệt và làm lạnh bằng năng lượng Mặt Trời.

Các công nghệ như công nghệ sưởi trong nhà bằng nước nóng hầu như không thải khí thải gây hiệu ứng nhà kính.

Tuy năng lượng Mặt Trời được sử dụng để tạo nhiệt và làm lạnh hiện vẫn chiếm phần nhỏ trong nhu cầu năng lượng thế giới, nhưng lộ trình mới của IEA nhấn mạnh nếu các chính phủ và ngành công nghiệp có hành động cụ thể, năng lượng Mặt Trời có thể sản xuất hàng năm hơn 16% tổng năng lượng được sử dụng để tạo nhiệt độ thấp và 17% tổng năng lượng dùng để làm lạnh trên toàn cầu. Để đạt được mục tiêu này, thế giới phải tăng gấp 25 lần mức độ triển khai công nghệ SHC trong vòng 4 thập kỷ tới.

Nhu cầu năng lượng toàn cầu dùng để đốt nóng tạo nhiệt chiếm khoảng 50% mức sử dụng cuối cùng về năng lượng của toàn cầu, hơn cả nhu cầu năng lượng toàn cầu về điện và vận tải.

Sử dụng năng lượng Mặt Trời để đốt nóng góp phần quan trọng giúp giải quyết cả 2 thách thức lớn là biến đổi khí hậu và an ninh năng lượng.

Ngoài việc thay thế nhiên liệu hóa thạch trực tiếp đốt nóng để tạo nhiệt, các công nghệ tạo nhiệt bằng năng lượng Mặt Trời có thể thay thế điện để làm nóng nước cũng như sưởi ấm các tòa nhà.

Công nghệ làm lạnh bằng nhiệt độ từ năng lượng Mặt Trời có thể làm giảm gánh nặng cho các mạng điện lưới quốc gia thông qua việc thay thế hoàn toàn hoặc một phần các hệ thống điều hòa nhiệt độ chạy bằng điện trong các tòa nhà.

Lộ trình phát triển sử dụng năng lượng Mặt Trời cũng mở rộng quy mô sử dụng các công nghệ này trong công nghiệp. Các quá trình công nghiệp hứa hẹn tiềm năng khổng lồ cho những công nghệ đốt nóng tạo nhiệt bằng năng lượng Mặt Trời. Các công nghệ này có thể đáp ứng 20% tổng nhu cầu năng lượng công nghiệp toàn cầu về đốt nóng nhiệt độ thấp vào năm 2050.

Tuy nhiên, IEA nhấn mạnh nhu cầu hỗ trợ phát triển năng lượng Mặt Trời bằng các chính sách cụ thể và thực tế.

Các nước cần tạo được các khuôn khổ chính sách dài hạn ổn định để phát triển những công nghệ tạo nhiệt và làm lạnh bằng năng lượng Mặt Trời, khuyến khích về kinh tế, loại bỏ các trở ngại như

thiếu tiêu chuẩn kiểm soát chất lượng, cung cấp tài chính và cơ chế hỗ trợ nghiên cứu, phát triển và triển khai để các công nghệ hứa hẹn ở giai đoạn đầu có thể đạt được quy mô sản xuất thương mại cao trong vòng 10 năm.

Các tổ chức tài trợ ở các nước đang phát triển cũng cần đẩy nhanh triển khai các công nghệ SHC đã chín muồi và có sức cạnh tranh cao.



## **Năng lượng mặt trời và các ứng dụng**

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng sạch nhất và vô hạn nhất trong các nguồn năng lượng mà chúng ta được biết.

Bức xạ mặt trời là sức nóng, ánh sáng dưới dạng các chùm tia do mặt trời phát ra trong quá trình tự đốt cháy mình. Bức xạ mặt trời chứa đựng một nguồn năng lượng khổng lồ và là nguồn gốc của mọi quá trình tự nhiên trên trái đất. Năng lượng của mặt trời dù rất dồi dào nhưng việc khai thác hiệu quả nguồn năng lượng này thì vẫn còn là một câu chuyện dài.

Năng lượng mặt trời có thể chia làm 2 loại cơ bản: Nhiệt năng và Quang năng. Các tế bào quang điện (Photovoltaic cells - PV) sử dụng công nghệ bán dẫn để chuyển hóa trực tiếp năng lượng quang học thành dòng điện, hoặc tích trữ vào pin, ắc quy để sử dụng sau đó. Các tấm tế bào quang điện hay còn gọi là pin mặt trời hiện đang được sử dụng rộng rãi vì chúng rất dễ chuyển đổi và dễ dàng lắp đặt trên các tòa nhà và các cấu trúc khác. Pin mặt trời có thể cung cấp nguồn năng lượng sạch và tái tạo, do vậy là một nguồn bổ sung cho nguồn cung cấp điện chính thông thường. Tại các vùng chưa có điện lưới như các cộng đồng dân cư ở xa, nông thôn, hải đảo, các trường hợp khẩn cấp,... pin mặt trời có thể cung cấp một nguồn điện đáng tin cậy. Điều bất cập duy nhất là giá thành

của Pin mặt trời đến nay còn cao và tỷ lệ chuyển đổi năng lượng chưa thật sự cao (13-15%). Trái lại sức nóng của mặt trời có hiệu suất chuyển đổi lớn gấp 4-5 lần hiệu suất của quang điện, và do vậy đơn giá của một đơn vị năng lượng được tạo ra rẻ hơn rất nhiều.

Nhiệt năng có thể được sử dụng để sưởi nóng các tòa nhà một cách thụ động thông qua việc sử dụng một số vật liệu hoặc thiết kế kiến trúc, hoặc được sử dụng trực tiếp để đun nóng nước phục vụ cho sinh hoạt. Ở rất nhiều khu vực khác nhau trên thế giới thiết bị đun nước nóng dùng năng lượng mặt trời (bình nước nóng năng lượng mặt trời) hiện đang là một sự bổ sung quan trọng hay một sự lựa chọn thay thế cho các thiết bị cung cấp nước nóng thông thường dùng điện hoặc gaz.

# Nguồn gốc của năng lượng hạt nhân

## Năng lượng hạt nhân được tạo ra như thế nào?

Về căn bản năng lượng hạt nhân được lấy từ việc chia tách hạt nhân nguyên tử trong lò phản ứng hạt nhân. Có 3 phương pháp chính để có thể lấy được loại năng lượng này: phân hạch hạt nhân, tổng hợp hạt nhân và phân rã phóng xạ. Tuy nhiên, cho đến nay, chỉ có phương pháp phân hạch hạt nhân là được sử dụng một cách rộng rãi trên toàn thế giới.



Phân hạch hạt nhân còn gọi là phản ứng phân rã nguyên tử. Trong phân rã nguyên tử, hạt nhân nguyên tử bị chia làm hai hoặc nhiều hạt nhỏ hơn và một số phần thừa (neutron, photon...). Quá trình này tỏa ra một lượng năng lượng đáng kể - đây chính là nguồn năng lượng hạt nhân mà chúng ta đang đề cập đến.

Hiện năng phản ứng hạt nhân được sử dụng rộng rãi nhất là chuyển hóa từ đồng vị Uranium 235 lên Uranium 236 rồi phân tách thành Kr 92 và Ba 141. Quá trình này tạo ra một lượng năng lượng vô cùng lớn.

Nói thêm một chút, nhắc đến năng lượng hạt nhân chắc hẳn các bạn sẽ nhớ ngay đến vũ khí hạt nhân hay bom nguyên tử. Liên tưởng này là rất có lý khi năng lượng trong hai vấn đề được tạo ra theo một nguyên lý y như nhau.

Trở lại với các lò phản ứng hạt nhân. Thật ra, cách thức hoạt động của các lò phản ứng hạt nhân không hề phức tạp như các bạn tưởng. Về căn bản, con người sử dụng năng lượng thu được sau các phản ứng hạt nhân, đun nóng nước, tạo ra hơi nước nhằm quay các tuốc bin và tạo ra điện. Quá trình này về căn bản giống hệt nhiệt điện chạy bằng than đang khá phổ biến ở nước ta, chỉ khác là năng lượng hạt nhân lớn hơn rất nhiều lần.

Hiện có 3 công nghệ xây dựng và sử dụng lò hạt nhân khác nhau được sử dụng trên toàn thế giới. Phần lớn các lò hạt nhân hiện nay đều thuộc thế hệ 3 và có rất ít nhà máy điện hạt nhân vẫn còn sử dụng công nghệ thế hệ hai. Các lò phản ứng "đời đầu" đã bị ngừng xây dựng sau thảm họa hạt nhân khủng khiếp ở Chernobyl năm 1986. Mỗi loại lò phản ứng có nguyên liệu, thành phần thiết bị,

chất làm lạnh khác nhau nhưng ~~g~~ như hoạt động ở cùng một cơ chế.



Về căn bản, khi một hạt nhân tương đối lớn (Urani 235 hoặc Plutoni 239) hấp thụ neutron sẽ tạo ra sự phân hạch nguyên tử. Quá trình phân

tách nguyên tử thành 2 hay nhiều hạt nhỏ hơn và "thải" ra động năng kèm theo tia gamma và neutron tự do. Các neutron này lại bị hấp thụ bởi các nguyên tử phân hạch khác và tạo ra nhiều neutron hơn. Quá trình này diễn ra theo cấp số nhân và tạo nguồn năng lượng khổng lồ. Con người kiểm soát quá trình này bằng cách sử dụng các chất hấp thụ neutron và bộ điều hòa để khống chế, kiểm soát lượng neutron tham gia vào phản ứng phân hạch.

Một phần hết sức quan trọng khác của lò hạt nhân là hệ thống làm mát. Hệ thống này có nhiệm vụ giải phóng nhiệt từ quá trình phân rã hạt nhân để sử dụng cho các mục đích khác nhau (tạo điện, lực đẩy...).

Như đã nói ở trên, với mỗi mục đích người ta sử dụng các loại nguyên liệu và hệ thống khác nhau. Ví dụ, nguyên liệu sử dụng trong tàu hải quân, tàu ngầm... sẽ sử dụng Uranium được làm giàu ở mức độ rất cao sẽ làm tăng mật độ năng lượng và tăng hệ số sử dụng của chúng. Tuy nhiên, nó có giá thành đắt hơn và nguy hiểm hơn các lò phản ứng hạt nhân thông thường.



### **Vì sao con người tranh cãi về việc dùng hay không dùng điện hạt nhân?**

Những lợi ích và sự "khủng khiếp" của điện hạt nhân là không phải bàn cãi. Quá trình này đem lại cho con người một lượng năng lượng khổng lồ, sạch và quan trọng hơn, gần như vô tận.

Đầu tiên là về yếu tố "khổng lồ". Một nhà máy điện hạt nhân cỡ lớn như nhà máy điện Fukushima I (vừa bị nổ ở Nhật) có công suất 4,7 GW trong khi thủy điện lớn nhất của Việt Nam chỉ có công suất khoảng 2 GW. Hãy nhớ, Fukushima I chỉ là 1 trong 6 nhà máy điện ở khu vực này của Nhật, diện tích sử dụng của cả 6 nhà máy hạt nhân này vẫn nhỏ hơn thủy điện Hòa Bình của Việt Nam. Hãy nhớ, công trình thủy điện lớn nhất thế giới, đập Tam Điệp của Trung Quốc cũng chỉ có công suất khoảng 18 GW. Hãy nhớ, diện tích của đập này là khoảng 1045 km<sup>2</sup>, trong khi Fukushima 1 có diện tích chưa đến 1km<sup>2</sup>.

Hay một ví dụ dễ hiểu hơn, nếu mặt trời của chúng ta hiện nay làm bằng than đá loại tốt nhất, nó sẽ chỉ cháy thêm được khoảng 10 triệu năm trong khi, theo dự đoán của loài người, mặt trời còn tồn tại khoảng hơn 4 tỷ năm trước khi tắt hoàn toàn, nguồn năng lượng khổng lồ này đến từ phản ứng hợp hạch Hydro thành Heli.



Thứ hai là yếu tố môi trường, đây là điều khiến nhiều người tranh cãi trong việc nên hay không nên sử dụng năng lượng hạt nhân. Quá trình sản xuất điện hạt nhân thải ra một lượng chất thải phóng xạ bao gồm: Urani không chuyển hóa được, một số nguyên tử thuộc nhóm Actini (chủ yếu là Plutoni và Curi). Các chất thải này hiện chưa có cách xử lý triệt để và là nguy cơ cho sự an toàn của con người. Nguy cơ ô nhiễm môi trường của các nhà máy điện hạt nhân còn đến từ lượng phóng xạ tỏa ra từ quá trình phân rã hạt nhân, tuy nhiên, con người đã có thể kiểm soát chúng khá tốt.

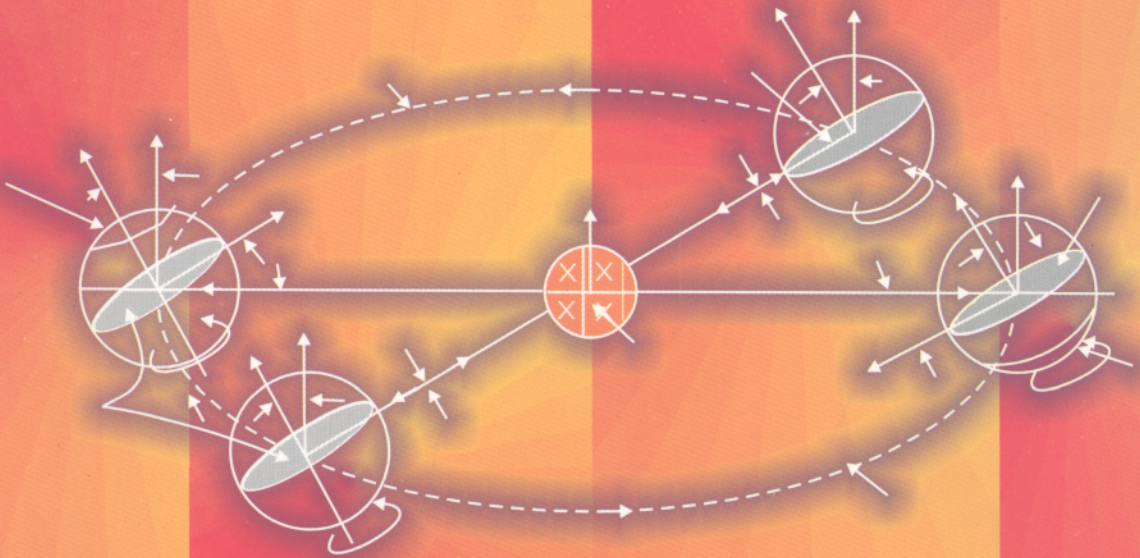
Ngoài hai yếu tố trên ra, quá trình sản xuất điện hạt nhân hầu như không ảnh hưởng xấu đến môi trường, vì vậy, đây được đánh giá là một loại năng lượng khá sạch, ít nhất là vượt trội so với việc sử dụng các loại nhiên liệu hóa thạch. Theo tính toán, chi phí xử lý chất thải của một nhà máy điện hạt nhân là cực kỳ nhỏ so với một nhà máy nhiệt điện chạy than cùng công suất.

Thứ ba là giá thành. Thực ra, còn rất nhiều tranh cãi về giá thành của điện hạt nhân. Chi phí xây dựng và bắt đầu một nhà máy hạt nhân là tương đối lớn: một lò cỡ trung bình như lò sắp được xây dựng tại Ninh Thuận, Việt Nam là khoảng 2 tỷ USD chưa kể kinh phí đào tạo nhân lực, chuyển giao công nghệ, quy trình... Tuy nhiên, chi phí trên mỗi đơn vị năng lượng giảm dần. Nếu tận dụng hết một vòng đời (khoảng 60 năm) của nhà máy điện nguyên tử, giá thành mỗi kWh điện sẽ thấp hơn cả thủy điện.

Thực tế đã chứng minh, năng lượng hạt nhân là một điều thần kỳ thực sự mà con người đã có được. Nó đem lại những lợi ích to lớn về năng lượng đặc biệt cho các quốc gia không có nhiều tài nguyên để sản xuất năng lượng như Nhật chẳng hạn. Nó đem lại sức mạnh, sự vượt trội cho hải quân Mỹ, Nga, giúp con người và kỹ thuật vươn xa hơn nhiều. Tuy nhiên, bên cạnh đó, khả năng hủy diệt của loại năng lượng này cũng khiến người ta sợ hãi.

# NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

## QUÁ TRÌNH NHIỆT VÀ ỨNG DỤNG





TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN  
TRUNG TÂM NGHIÊN CỨU NĂNG LƯỢNG MỚI  
NGUYỄN CÔNG VÂN

# NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI QUÁ TRÌNH NHIỆT VÀ ỨNG DỤNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI

## LỜI NÓI ĐẦU

Một mốc lịch sử rất quan trọng trong lịch sử phát triển của loài người là việc phát minh ra lửa và biết dùng các loại nhiên liệu tự nhiên như củi rừng để duy trì ngọn lửa, nhờ đó đã phát triển thành một nền văn minh của nhân loại và thoát khỏi cuộc sống của động vật. Sau nhiều nghìn năm, mãi đến thế kỷ thứ nhất trước công nguyên con người mới biết dùng sức nước để làm quay guồng nước, và đến đầu thế kỷ thứ XII mới biết sử dụng sức gió để làm cối xay gió. Khoảng nửa cuối thế kỷ thứ XVIII con người mới phát hiện được các nguồn nhiên liệu hoá thạch như: than đá, dầu và khí đốt tự nhiên. Đến giữa thế kỷ XX nhà máy điện nguyên tử đầu tiên của thế giới ra đời, nhờ đó đã thoả mãn được nhu cầu năng lượng của con người và đưa nền văn minh của nhân loại tiến một bước dài như ngày nay.

Tuy nhiên, theo thống kê thì tốc độ phát triển dân số tăng theo quy luật hàm mũ của thời gian, do đó tốc độ phát triển về nhu cầu năng lượng của con người cũng tăng theo với tốc độ tương ứng, đặc biệt vào cuối thế kỷ XX thì tốc độ này còn cao hơn tốc độ phát triển dân số. Mặt khác, các nguồn năng lượng hoá thạch là có hạn, con người khai thác đến một lúc nào đó sẽ hết, hơn nữa khi khai thác và sử dụng các nguồn nhiên liệu hoá thạch, thủy điện và điện nguyên tử ... đã để lại cho loài người những hậu quả về tác động môi trường là vô cùng lớn lao. Một trong những hậu quả đó là khi sử dụng các nguồn nhiên liệu này đã thải ra môi trường các loại khí độc làm ô nhiễm bầu khí quyển bao quanh Quả Đất, mà hậu quả tai hại của hiện tượng này đã làm thay đổi khí hậu, tác động xấu đối với cuộc sống hiện nay và tương lai của loài người.

Vậy trong tương lai con người sẽ sống và phát triển bằng nguồn năng lượng nào?. Đó là câu hỏi dự báo đã được đặt ra cho các nhà khoa học từ nhiều thập kỷ nay. Một trong các lời giải đáp là hãy khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo như: năng lượng Mặt Trời; năng lượng gió; năng lượng các nguồn nước; năng lượng địa nhiệt; thủy triều; sóng biển v.v...

Mục đích của quyển sách này là nhằm giới thiệu một trong các nguồn năng lượng tái tạo - **năng lượng Mặt Trời**. Tuy nhiên, ở đây cũng chỉ giới thiệu về **lý thuyết cơ bản của quá trình nhiệt Mặt Trời và tính toán lý thuyết các thiết bị biến đổi bức xạ Mặt Trời thành năng lượng nhiệt** dùng cho sản xuất công nghiệp và trong sinh hoạt gia đình. Với mục đích đó trong **chương một** sẽ giới thiệu tổng quát về Mặt Trời và bức xạ Mặt Trời, quy luật vận động và tương tác giữa Mặt Trời và Trái Đất, các định luật cơ bản về bức xạ Mặt Trời khi xuyên qua lớp khí quyển và tác dụng với vật chất trên mặt đất. Trong **chương hai** giới thiệu những nét cơ bản về sự tương tác của chùm tia bức xạ

với môi trường vật chất, trong đó có định nghĩa về "hiệu ứng nhà kính". **Chương ba** trình bày một số định luật cơ bản về lý thuyết truyền nhiệt, nhằm phục vụ cho nội dung ứng dụng quá trình nhiệt Mặt Trời sẽ được đề cập ở các **chương bốn, năm, sáu, bảy, tám**. Trong các chương này lần lượt giới thiệu tổng quan về kết cấu của các loại thiết bị thu nhiệt và phương pháp tính toán lý thuyết các bộ thu phẳng ứng dụng trong các thiết bị đun nước nóng, nung nóng không khí, thiết bị hội tụ, thiết bị chưng cất nước bằng năng lượng Mặt Trời và hệ hỗn hợp thu và tích trữ nhiệt. **Chương chín** giới thiệu một số vật liệu quan trọng thường được dùng trong kỹ thuật năng lượng nhiệt Mặt Trời, và **chương mười** giới thiệu sơ bộ về phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế các thiết bị sử dụng năng lượng nhiệt Mặt Trời. Cuối cùng là **phần phụ lục** nhằm cung cấp cho các nhà thiết kế cũng như sinh viên những số liệu cần thiết, phục vụ cho việc tính toán thiết kế thiết bị và các bài tập thực hành để làm sáng tỏ khi nghiên cứu nội dung lý thuyết.

Đây cũng là một trong những quyển sách nằm trong bộ sách của dự án cấp Bộ: "**Nghiên cứu biên soạn bộ sách khoa học công nghệ và giáo khoa phục vụ nghiên cứu ứng dụng và đào tạo công nghệ năng lượng sạch**" thuộc Bộ Giáo dục và Đào tạo, do PGS. TS. Đặng Đình Thống Trường Đại học Bách khoa chủ trì, mang mã số B2003-28-33-DAMT.

Lần đầu tiên biên soạn và xuất bản quyển sách này hy vọng đáp ứng được sự mong đợi của các nhà nghiên cứu, cũng như những người quan tâm đến lĩnh vực nghiên cứu sử dụng năng lượng Mặt Trời vào cuộc sống. Mặc dầu tác giả rất cố gắng trong việc biên soạn nhằm chất lọc những vấn đề cốt lõi nhất để đạt được các yêu cầu: cơ bản, khoa học và hệ thống. Tuy nhiên, không thể tránh khỏi những thiếu sót trong khâu biên soạn nội dung cũng như cách trình bày... có thể những điều đó làm cho nhiều bạn đọc chưa thật vừa ý. Chúng tôi rất mong nhận được những lời góp ý chân thành và xây dựng của tất cả bạn đọc, chỉ ra những thiếu sót cần khắc phục để cho những lần tái bản sau này sách được hoàn hảo hơn, đáp ứng được yêu cầu của đông đảo bạn đọc cũng như phục vụ cho công tác đào tạo và nghiên cứu được tốt hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

**Tác giả**

## GIẢI THÍCH CÁC KÝ HIỆU

A	Diện tích trao đổi nhiệt
AC	Diện tích bộ thu phẳng
AP	Diện tích mặt hấp thụ
A <sub>m</sub>	Diện tích gương phản xạ
$\Delta AZ$	Hiệu của góc phương vị Mặt Trời và phương vị của mặt phẳng nghiêng
a	Số Albedo; Hệ số dẫn nhiệt độ; chỉ số nhiệt độ môi trường
b	Giá thành một đơn vị nhiên liệu; chiều rộng mỗi hàn
C	Độ tụ; hoặc tổng chi phí lắp đặt thiết bị; hoặc vốn đầu tư ban đầu
C <sub>p</sub>	Nhiệt dung riêng
C <sub>b</sub>	Nhiệt trở mỗi hàn
c	Chỉ số làm phát
D	Đường kính
D <sub>i</sub>	Đường kính trong
D <sub>o</sub>	Đường kính ngoài
D <sub>z</sub>	Tỉ số cường độ bức xạ đơn sắc và hằng số Mặt Trời
d	Trọng lượng riêng; nồng độ bụi trong không khí
d <sub>c</sub>	Đường kính khí động
E	Năng lượng bức xạ; kinh tuyến Đông
E <sub>o</sub> , E <sub>r</sub> , E <sub>a</sub> , E <sub>t</sub>	Tương ứng năng lượng tới, phản xạ, hấp thụ và truyền qua
Et	Phương trình thời gian
e	Chiều dày một lớp mỏng
F	Tiêu điểm của thiết bị hội tụ; hoặc hiệu suất cánh
F'	Hiệu suất hiệu dụng
F''	Hiệu suất lưu thông
F <sub>R</sub>	Hiệu suất thoát
F <sub>1</sub>	Tỉ số của hệ số dẫn nở nhiệt và bình phương độ nhớt động học
F <sub>2</sub>	Hàm phụ thuộc nhiệt độ
f	Hệ số ma sát; tiêu cự của parabol; phương trình hiệu chỉnh tốc độ gió; chỉ số so sánh kinh tế trong đầu tư; chỉ số ký hiệu chất tải nhiệt
G	Lưu lượng khối lượng trên một đơn vị diện tích
G <sub>n</sub>	Tổng lợi nhuận được thiết bị tạo ra
Gr	Tiêu chuẩn grashop
g	Gia tốc trọng trường

H	Cường độ bức xạ tổng xạ trên mặt phẳng nằm ngang; chiều cao (lớn)
HR	Cường độ bức xạ tổng xạ trên mặt phẳng nghiêng
HR <sub>h</sub>	Cường độ bức xạ trực xạ trên mặt phẳng nghiêng
H <sub>b</sub> , H <sub>d</sub> , H <sub>k</sub>	Tương ứng cường độ bức xạ trực xạ, tán xạ và khuếch tán
h	Hệ số trao đổi nhiệt, hoặc chiều cao (nhỏ)
h <sub>c</sub> , h <sub>r</sub> , h <sub>w</sub>	Tương ứng hệ trao đổi nhiệt đối lưu, bức xạ và thoát nhiệt do gió
h <sub>ir</sub>	Hệ số trao đổi nhiệt giữa mặt cánh và dòng khí
h <sub>ri</sub>	Hệ số thoát nhiệt giữa thành ống và chất tải nhiệt
h <sub>c,i-k</sub>	Hệ số trao đổi đối lưu giữa hai mặt phẳng thứ i và thứ k
h <sub>r,i-k</sub>	Hệ số bức xạ giữa hai mặt phẳng thứ i và thứ k
Is	Hằng số Mặt Trời
I <sub>0</sub> , I <sub>r</sub>	Cường độ bức xạ tới và cường độ phản xạ trên mặt tấm kính
i	Chỉ số đầu vào
J	Đơn vị đo nhiệt lượng
K	Nhiệt độ tuyệt đối
k	Hằng số Boltzmann; hệ số dẫn nhiệt; hệ số suy giảm
k <sub>eff</sub>	Hệ số trao đổi nhiệt trong khe hẹp
L(T)	Ẩn nhiệt hoá hơi
L	Chiều dài;
L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>	Tương ứng chiều dài và chiều rộng trong một tấm phẳng
L <sub>r</sub>	Chiều cao của cánh
l	Khoảng cách giữa hai mặt phẳng
M	Khối lượng; thừa số hiệu chỉnh lực ma sát; tổng giá trị tiền đầu tư có tính đến tỷ lệ giữa lạm phát và lãi suất tiết kiệm ngân hàng
M <sub>λ</sub> <sup>0</sup>	Năng lượng phổ phát xạ đơn sắc
m	Khối lượng; tỉ khối khí (Airmass); hệ số nhiệt tấm mỏng; hệ số hiệu chỉnh số Reynol
mμ	Micromet, đơn vị đo chiều dài
N	Số lượng; độ vĩ Bắc; chỉ phương Bắc; độ dài thời gian trong ngày; đơn vị đo lực Newton; viết tắt nghìn đồng
N <sub>0</sub>	Số Nusselt
n	Pháp tuyến, số lượng, số năm, số thứ tự ngày trong năm; chiết suất môi trường
o	Chỉ số đầu ra
P	Áp suất khí quyển; tỉ lệ bảo dưỡng thiết bị; ký hiệu mặt phẳng nằm ngang
Δp	Độ sụt áp trong ống dẫn khí
P'	Ký hiệu mặt phẳng nằm nghiêng
Pr	Số Prandtl

Q	Nhiệt lượng
$Q_u, Q_l, Q_c$	Tương ứng nhiệt có ích, nhiệt tổn thất và nhiệt tích trữ trong bộ thu
$\dot{q}, \dot{q}_1, \dot{q}_c, \dot{q}_e$	Thông lượng nhiệt; thông lượng nhiệt bức xạ, bốc hơi, đối lưu tương ứng
$q_u, q_l, q_c$	Nhiệt có ích, nhiệt tổn thất, nhiệt tích trữ
R	Bán kính; hệ số chuyển đổi năng lượng bức xạ toàn phần; bình tích trữ nhiệt; khả năng sinh lợi
$R_a^*$	Số Raithby
Re	Số Reynolds
$R_h$	Hệ số chuyển đổi năng lượng bức xạ trực xạ
$R_{fi}$	Nhiệt trở giữa tấm hấp thụ và chất tải nhiệt
$R_{i,j}$	Nhiệt trở giữa hai vật i và j
r	Chỉ số sinh lợi
S	Diện tích; năng lượng tấm hấp thụ thực sự nhận được; tổng giá trị sinh lợi; chỉ phương Nam
$S^*$	Diện tích bộ trao đổi nhiệt
s	Tổng số tiền hy vọng tiết kiệm được trong một năm
$s_t$	Lãi suất tiết kiệm tiền gửi ngân hàng
T	Nhiệt độ C
$T_{sv}$	Thời gian chính xác
$T_{i,G}$	Giờ pháp định
t	Thời gian
U	Thời gian thu hồi vốn
$U_L, U_{it}, U_t$	Tổn thất nhiệt toàn phần; qua mặt đáy; qua mặt trên
$U''$	Tổn thất nhiệt toàn phần trong hệ nung nóng khí trong kênh dẫn có cánh
V, v	Vận tốc dòng chảy
v	Tuổi thọ của thiết bị
X	Tỉ số xoắn
x	Tỉ số giữa tỷ lệ lam phát và lãi suất tiết kiệm ngân hàng
W	Chiều rộng cánh phẳng; khoảng cách giữa hai cánh; chỉ phương Tây; đơn vị công suất điện
w	Chiều dày lớp sương quy ra nước trong không khí
Z	Tổng chi phí lắp đặt và duy trì bảo dưỡng; trục thẳng đứng
OZ	Pháp tuyến của mặt phẳng nằm ngang
OZ'	Pháp tuyến của mặt phẳng nghiêng
$\sum Z$	Tổng tổn thất cục bộ trong kênh dẫn
$\alpha$	Góc độ cao Mặt Trời; hệ số hấp thụ
$\beta$	Góc hợp bởi mặt phẳng nằm nghiêng và nằm ngang
$\delta$	Góc lệch Mặt Trời; bề dày một tấm mỏng

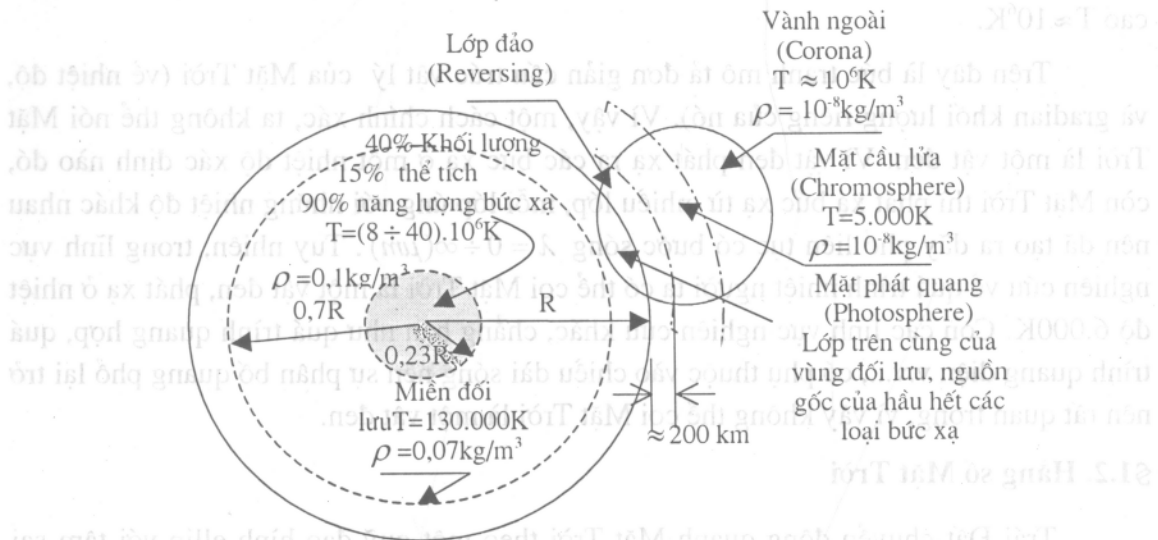
$\varepsilon, \varepsilon_p, \varepsilon_k$	Hệ số phát xạ; hệ số phát xạ của kính; hệ số phát xạ của tấm hấp thụ
$\phi$	Góc kính tuyến
$\phi_t$	Góc mở
$\varphi$	Góc vĩ tuyến
$\gamma$	Góc phương vị của mặt phẳng nghiêng; chiều dày mỗi bản; hệ số tổn thất quang
$\gamma_s$	Góc phương vị của mặt phẳng nghiêng
$\eta$	Hiệu suất bộ thu
$\eta_i$	Hiệu suất bốc hơi
$\lambda$	Chiều dài sóng; hệ số dẫn nhiệt
$\mu$	Độ nhớt động lực học
$\nu$	Độ nhớt động học
$\theta$	Góc hợp bởi tia tới và pháp tuyến
$\theta_1$	Góc tới trên mặt phẳng nằm nghiêng
$\theta_2$	Góc tới trên mặt phẳng nằm ngang
$\theta_s$	Góc hợp bởi hai tia sáng nằm ở hai điểm mút của đường kính Mặt Trời
$\theta_1, \theta_2$	Tương ứng góc tới và góc khúc xạ trên mặt phân cách hai môi trường
$\theta_c$	Sai lệch góc do chế tạo mặt phản xạ
$\rho, \rho_{\perp}, \rho_{\parallel}$	Hệ số phản xạ; hệ số phản xạ của thành phần phân cực vuông góc và thành phần phân cực song song
$\sigma$	Hệ số Stefan- Boltzmann
$\tau$	Lãi suất tiết kiệm tiền gửi ngân hàng
$\tau, \tau_r, \tau_a$	Hệ số truyền qua; hệ số truyền qua có phản xạ; hệ số truyền qua có hấp thụ
$(\tau\alpha)$	Hệ số truyền qua tích hợp hấp thụ truyền qua
$(\tau\alpha)_b, (\tau\alpha)_d$	Tương ứng hệ số truyền qua tích hợp hấp thụ truyền qua của bức xạ trực xạ và tán xạ
$\omega$	Góc giờ Mặt Trời; vận tốc dòng chảy
$\xi$	Hiệu quả kinh tế của một thiết bị sử dụng năng lượng Mặt Trời
$\psi$	Hệ số chiếm diện tích; góc nghiêng của gương phản xạ; một hàm phụ thuộc nhiệt độ
$\zeta$	Hệ số sử dụng nước nóng
$\chi$	Hệ số giãn nở nhiệt thể tích

## Chương 1

# TỔNG QUÁT VỀ BỨC XẠ MẶT TRỜI

### §1.1. Vài nét về cấu tạo Mặt Trời

Ngày nay nhờ các phương tiện đo đạc vật lý và thiên văn người ta đã biết khá rõ về cấu tạo và các đặc trưng cơ bản nhất của Mặt Trời. Mặt Trời là một khối khí cực nóng, dạng hình cầu. Các phân tử khí cấu tạo Mặt Trời gồm có khí hydro (chiếm tới 80%) và nguyên tố He (chiếm gần 20%). Các phân tử khí liên kết với nhau nhờ lực hấp dẫn. Đường kính của Mặt Trời là  $1,39 \cdot 10^6 \text{ km}$ ; khoảng cách trung bình giữa Mặt Trời và Trái Đất là  $1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ . Mặt Trời tự quay quanh trục của nó với chu kỳ 28 ngày đêm, nhưng không giống như sự tự quay của một vật rắn, chu kỳ quay của xích đạo Mặt Trời là 27 ngày đêm, còn ở hai cực là 30 ngày đêm.



Hình 1.1.1. Sơ đồ cấu trúc Mặt Trời.

Thực chất Mặt Trời là một lò phản ứng nhiệt hạch, xảy ra bởi sự kết hợp giữa hai nguyên tử hydro có bốn proton, tạo thành một nguyên tử He có số proton ít hơn. Do đó khi tạo thành một nguyên tử He xảy ra hiện tượng hụt khối  $\Delta m$ , và giải phóng ra năng lượng theo định luật bảo toàn năng lượng của Einstein  $E = \Delta m C^2$ . Trong đó C là tốc độ



ánh sáng. Năng lượng này tạo ra nhiệt độ rất cao, tới nhiều triệu độ. Ở trung tâm khoảng từ  $8.10^6\text{K}$  đến  $40.10^6\text{K}$ , rồi lan truyền qua lớp vỏ ra mặt ngoài. Nhiệt độ trên bề mặt Mặt Trời khoảng  $6.000\text{K}$ , chính xác là  $5.762\text{K}^{(*)}$ , sau đó phát xạ dưới dạng sóng điện từ lan truyền ra khắp không gian vào vũ trụ. Hình 1.1.1 mô tả sơ đồ cấu trúc Mặt Trời. Ta thấy vùng trung tâm thể tích ứng với  $0,23R$  ( $R$ - bán kính Mặt Trời) chỉ chứa 40% khối lượng và 15% thể tích của Mặt Trời, nhưng chiếm tới 90% năng lượng của nó. Ở khoảng cách  $0,7R$  nhiệt độ giảm xuống còn  $130.000\text{K}$ , tại đây khối lượng riêng giảm xuống còn  $0,07\text{kg/m}^3$  và bắt đầu xảy ra hiện tượng đối lưu. Lớp vỏ ngoài từ  $0,7R$  đến  $R$  cũng là vùng đối lưu, và nhiệt độ ở vùng này còn khoảng  $5.000\text{K}$  và khối lượng riêng giảm xuống chỉ còn khoảng  $10^{-8}\text{kg/m}^3$ . Lớp phía trên vùng đối lưu gọi là mặt phát quang hay quang cầu (photosphere). Mép của quang cầu là một đường vành rõ nét, có cấu tạo tương tự như tập hợp bởi nhiều "hạt" (gọi là "tế bào đối lưu" không bình thường). Đường kính của mỗi "tế bào" ước tính khoảng 1.000 đến 3.000km, thời gian tồn tại của chúng chỉ trong một vài phút. Lớp sát mặt ngoài quang cầu với chiều dày khoảng vài trăm km có khối lượng riêng tăng đột ngột, đạt đến khoảng  $10^{-4}$  lần so với khối lượng riêng của không khí trên mặt biển, nên được gọi là lớp đảo. Tiếp theo lớp đảo là vành lửa (Chromosphere) có chiều dày khoảng  $10^4\text{km}$  và nhiệt độ của lớp này khoảng  $5.000\text{K}$ . Cuối cùng là vành nhật hoa (Corona) có khối lượng riêng thấp nhất nhưng nhiệt độ rất cao  $T \approx 10^6\text{K}$ .

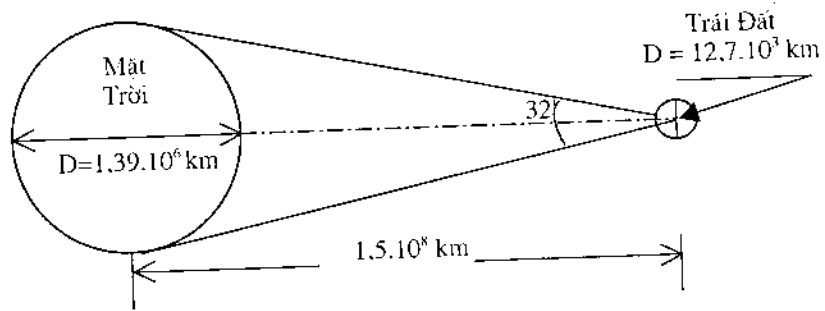
Trên đây là bức tranh mô tả đơn giản cấu trúc vật lý của Mặt Trời (về nhiệt độ, và gradient khối lượng riêng của nó). Vì vậy, một cách chính xác, ta không thể nói Mặt Trời là một vật đen. Vì vật đen phát xạ ra các bức xạ ở một nhiệt độ xác định nào đó, còn Mặt Trời thì phát xạ bức xạ từ nhiều lớp, mỗi lớp ứng với những nhiệt độ khác nhau nên đã tạo ra dãy phổ liên tục có bước sóng  $\lambda = 0 \div \infty (\mu\text{m})$ . Tuy nhiên, trong lĩnh vực nghiên cứu về quá trình nhiệt người ta có thể coi Mặt Trời là một vật đen, phát xạ ở nhiệt độ  $6.000\text{K}$ . Còn các lĩnh vực nghiên cứu khác, chẳng hạn như quá trình quang hợp, quá trình quang điện v.v..., có phụ thuộc vào chiều dài sóng nên sự phân bố quang phổ lại trở nên rất quan trọng, vì vậy không thể coi Mặt Trời là một vật đen.

## §1.2. Hằng số Mặt Trời

Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời theo một quỹ đạo hình ellip với tâm sai  $\pm 3\%$ . Khoảng cách giữa Mặt Trời và Trái Đất là  $1,495.10^8\text{km}$ , khoảng cách này được gọi là một đơn vị thiên văn. Từ khoảng cách này tại một điểm nằm trên mặt đất người ta nhìn thấy Mặt Trời dưới một góc đặc  $\alpha = 32$  phút (hình 1.2.1). Dưới góc này hai tia sáng xuất phát từ đường bao của Mặt Trời gửi đến Trái Đất là gần như song song.

---

(\*)Theo Thekackara



Hình 1.2.1. Quan hệ giữa Mặt Trời và Trái Đất.

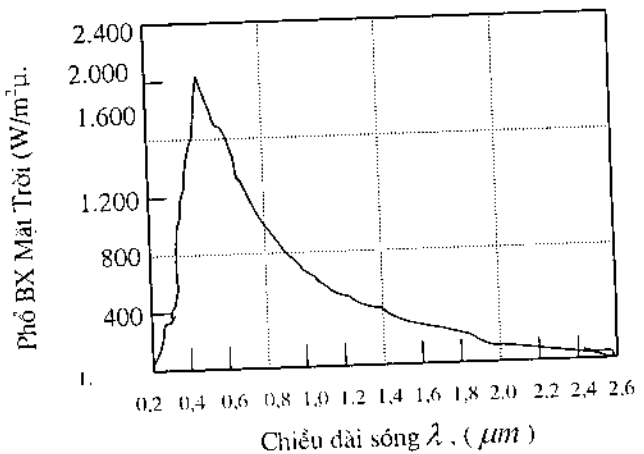
Hằng số Mặt Trời  $I_{SC}$  được định nghĩa là cường độ bức xạ đo được trong không gian nằm ngoài lớp khí quyển bao quanh Trái Đất, trong một đơn vị thời gian, trên một đơn vị diện tích bề mặt đặt vuông góc với tia bức xạ. Ngày nay nhờ vệ tinh và các dụng cụ đo chính xác người ta đã xác định được hằng số Mặt Trời có giá trị bằng  $I_{SC}=1.353W/m^2$ , tương đương  $1940Cal/cm^2/phút$ , hay  $4.871kJ/m^2/h$ . (số liệu này do cơ quan vũ trụ NASA của Mỹ công bố năm 1971). Tuy nhiên, khi chùm bức xạ xuyên qua lớp khí quyển bao quanh Trái Đất chúng bị hấp thụ và tán xạ bởi các phân tử khí như:  $CO_2$ ,  $O_3$ ,  $CH_4$ ,  $H_2O$ , cũng như các hạt bụi lơ lửng trong không khí v.v... nên khi đến mặt đất thì cường độ bức xạ đã bị giảm đi đáng kể.

### §1.3. Sự phân bố quang phổ bức xạ bên ngoài lớp khí quyển

#### 1- Bức xạ Mặt Trời bên ngoài lớp khí quyển

Hằng số Mặt Trời là năng lượng của toàn bộ phổ bức xạ Mặt Trời, năng lượng bức xạ lại phụ thuộc vào tần số (hay bước sóng) của bức xạ. Đường cong phân bố phổ năng lượng bức xạ Mặt Trời ở ngoài lớp khí quyển trong khoảng bước sóng từ  $0,2 \div 2,6\mu m$  được mô tả trên hình 1.3.1.

Khi tích phân đường cong này trong khoảng bước sóng  $\lambda = 0 \div \infty$  người ta sẽ



Hình 1.3.1. Phân bố phổ bức xạ Mặt Trời theo chiều dài sóng.

nhận được toàn bộ bức xạ Mặt Trời. Trong thực tế các bức xạ mang năng lượng chủ yếu nằm ở bước sóng trong khoảng từ  $0,38 \mu\text{m}$  đến  $0,78 \mu\text{m}$  như đã cho trong bảng 1.3.1

Bảng 1.3.1

$\lambda(\mu\text{m})$	$E(\text{W}/\text{m}^2)$	Tỉ số $D_\lambda = \frac{E_\lambda}{I_{sc}}$
$0 \div 0,38$	95	0,0700
$0,38 \div 0,78$	640	0,4729
$0,78 \div \infty$	618	0,4571

## 2- Các thành phần bức xạ Mặt Trời gửi tới bề mặt một vật trên mặt đất

Các định nghĩa về các thành phần bức xạ Mặt Trời:

- *Bức xạ trực xạ*: là thành phần bức xạ được truyền thẳng từ Mặt Trời đến mặt đất mà không thay đổi phương truyền.

- *Bức xạ tán xạ hay bức xạ khuếch tán*: là thành phần bức xạ nhận được từ mặt đất sau khi thay đổi phương truyền do gặp các chướng ngại trong khi xuyên qua lớp khí quyển bao quanh Trái Đất như: các phân tử khí, hơi nước, bụi, khói hoặc các đám mây v.v...

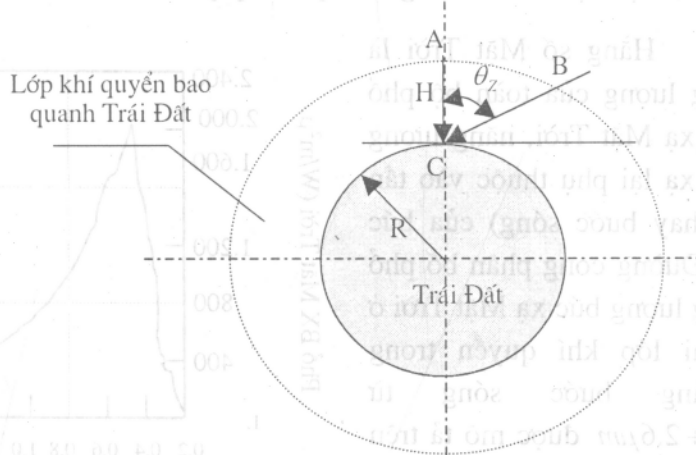
### §1.4. Những yếu tố ảnh hưởng đến cường độ bức xạ nhận được trên mặt đất

#### 1.4.1. Tỉ khối khí

- *Tỉ khối khí (air mass)* là tỉ số của quãng đường xuyên qua lớp khí quyển từ một điểm bất kỳ trên mặt đất nhìn thấy Mặt Trời so với quãng đường cũng xuyên qua lớp khí quyển nhưng theo phương xuyên tâm của Trái Đất, như được mô tả trên hình 1.4.1, và được định nghĩa

bằng công thức sau:

Lớp khí quyển bao quanh Trái Đất



Hình 1.4.1. Sơ đồ mô tả tia bức xạ xuyên qua lớp khí quyển tương ứng với vị trí khác nhau của Mặt Trời.

$$m = \frac{CB}{CA} = \left\{ \left( \frac{R}{H} \cos \theta_z \right) + 2 \left( \frac{R}{H} \right) + 1 \right\}^{1/2} - \left( \frac{R}{H} \cos \theta_z \right) \quad (1.4.1)$$

Như vậy khi tia trực xạ tới từ đỉnh đầu thì giá trị của tỉ khối khí bằng đơn vị ( $m = 1$ ), và khi tia tới hợp với thiên đỉnh một góc  $\theta_z = 60^\circ$  thì  $m = 2$ , còn khi  $\theta_z > 60^\circ$  thì  $m > 3$ . Khi góc tới  $\theta_z > 60^\circ$  nếu xét đến hiện tượng khúc xạ khi tia sáng xuyên qua lớp khí quyển quanh mặt đất theo một đường cong thì  $m$  được tính bằng công thức

$$m = 1/\cos \theta_z$$

- *Số Albedo* là lượng bức xạ phản xạ từ các công trình kiến trúc và cây cối ở môi trường xung quanh gửi tới một vật đang quan sát trên mặt đất. Lượng phản xạ này không bao gồm thành phần tán xạ đã nêu ở trên.

#### 1.4.2. Sự suy giảm cường độ bức xạ khi lan truyền qua lớp khí quyển

Khi phân tích các số liệu bức xạ phát ra từ bề mặt Mặt Trời ở bên ngoài lớp khí quyển trong nhiều năm người ta thấy cường độ bức xạ Mặt Trời thay đổi rất ít, khoảng 1%. Vì vậy khi xét trong quá trình nhiệt dùng cho mục đích năng lượng thì sự thay đổi này có thể bỏ qua. Tuy nhiên, khi bức xạ Mặt Trời xuyên qua lớp khí quyển thì cường độ của chúng bị suy giảm đáng kể, với lý do mà ta vừa đề cập ở trên như: bị hấp thụ bởi hơi nước hay bị tán xạ do gặp các phân tử khí  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $NO_x$ , các hạt bụi lơ lửng trong không khí hay các phân tử khác, hoặc khi xuyên qua các đám mây ... Ví dụ, các tia X và tia cực tím bị hấp thụ bởi các phân tử ozon ( $O_3$ ), còn các tia hồng ngoại có bước sóng trên  $2,5 \mu m$  thì bị các phân tử nước  $H_2O$  và khí  $CO_2$  hấp thụ hầu như hoàn toàn. Theo tính toán lý thuyết người ta thấy rằng nếu các phân tử lơ lửng có kích thước rất nhỏ so với bước sóng ánh sáng thì khi tia bức xạ xuyên qua lớp khí quyển cường độ bức xạ giảm theo tỉ lệ  $\lambda^{-1}$ , trong đó  $\lambda$  là bước sóng bức xạ đơn sắc. Thực nghiệm đã xác định được hệ số truyền qua của lớp khí quyển đã bị hấp thụ, bằng

$$\tau_{a,\lambda} = 10^{-0,00389 \lambda^{-1}} \quad (1.4.2)$$

Ở đây,  $\lambda$  ( $\mu m$ ),  $m=1$ , và áp suất khí quyển  $p=760mmHg$ . Nếu các phân tử lơ lửng có kích thước lớn hơn nhiều so với kích thước phân tử khí thì hệ số truyền qua là một hàm phức tạp, hàm này phụ thuộc vào kích thước của các phân tử khí và nồng độ của chúng tùy thuộc vào vị trí địa lý, vào độ cao và vào thời gian. Moon đã đưa ra biểu thức tính hệ số truyền qua của lớp khí quyển trong trường hợp này là.

$$\tau_{a,\lambda} = 10^{-0,00353\lambda^{-0,75}} \quad (1.4.3)$$

Ở đây,  $m=1$  và nồng độ trung bình của các phân tử bụi trong bầu khí quyển  $d=800/cm^3$ . Còn đối với phân tử tán xạ là hơi nước đọng sương, tương đương với lớp dày 20mm, khi Mặt Trời ở đỉnh đầu thì được tính bằng công thức

$$\tau_{w,\lambda} = 10^{-0,0075\lambda^2} \quad (1.4.4)$$

Theo Rayleigh<sup>(6)</sup>, trong trường hợp tổng quát khi đề cập đến tất cả các nguyên nhân trên đây, một cách gần đúng hệ số truyền qua lớp khí quyển có thể được tính theo công thức

$$\tau_{\lambda(S)} \approx \left[ (\tau_{a,\lambda})^p (\tau_{d,\lambda})^d (\tau_{w,\lambda})^w \right]^m \quad (1.4.5)$$

trong đó  $\tau_{\lambda(S)}$  là hệ số truyền qua lớp khí quyển của sóng bức xạ đơn sắc, (chiều dài sóng  $\lambda$  chỉ xét cho thành phần tán xạ);

p- áp suất khí quyển (mmHg);

d- nồng độ bụi ở mặt đất, (số hạt/cm<sup>3</sup>);

w- độ dày của lớp hơi nước đọng sương (mm);

m- tỉ khối khí.

Cần nhắc lại rằng, khi xuyên qua lớp khí quyển thì hầu hết các tia tử ngoại bị hấp thụ bởi các phân tử khí O<sub>3</sub>, còn các tia hồng ngoại thì bị các phân tử nước H<sub>2</sub>O hấp thụ hầu như hoàn toàn. Giá trị của hệ số truyền qua của bức xạ phụ thuộc chiều dài sóng khi xuyên qua lớp khí ozon có chiều dày 2,5mm cho trong bảng 1.4.1.

Bảng 1.4.1

Bước sóng $\lambda(\mu m)$	0,29	0,30	0,31	0,33	0,35
Hệ số truyền qua $\tau_{O_3}$	0	0,10	0,50	0,90	1,00

Khi  $\lambda > 2,3\mu m$  thì hệ số truyền qua lớp khí quyển là rất nhỏ (do bị các phân tử nước H<sub>2</sub>O và CO<sub>2</sub> hấp thụ) nên năng lượng của bức xạ hồng ngoại khi đến mặt đất chỉ còn khoảng 5% so với vùng ngoài lớp khí quyển.

Hệ số truyền qua của bức xạ tán xạ khi xuyên qua lớp khí quyển bao gồm tất cả những yếu tố trên và có tính đến khả năng hấp thụ được mô tả bằng biểu thức

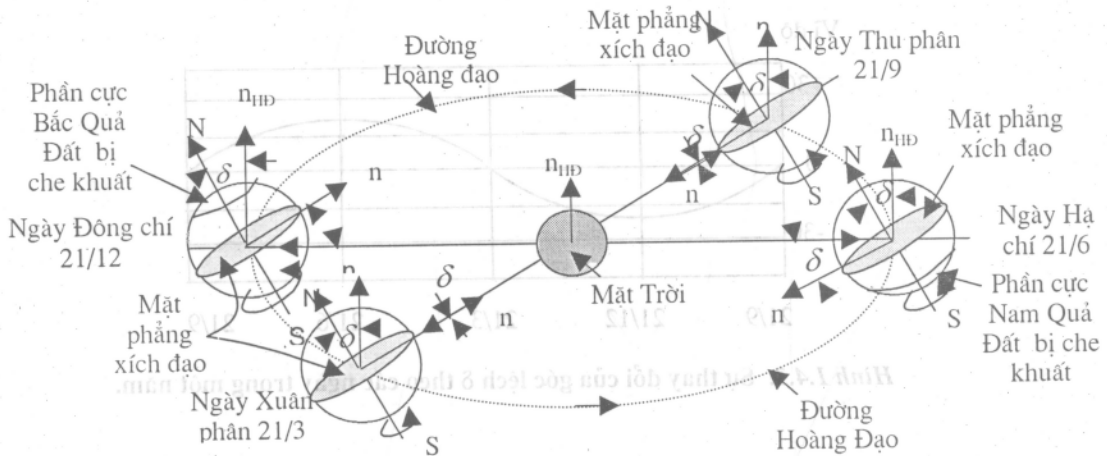
$$\tau_{\lambda} = \tau_{a(S)} \tau_{\lambda(\text{hấp thụ})} = \tau_{\lambda(S)} \tau_{O_3} \tau_w \lambda \quad (1.4.6)$$

trong đó,  $\tau_{\lambda(S)}$  - hệ số truyền qua chỉ phụ thuộc chiều dài sóng;  $\tau_{O_3}$  - hệ số truyền qua chỉ phụ thuộc lượng khí ozon; và  $\tau_w \lambda$  - hệ số truyền qua chỉ phụ thuộc lượng hơi nước trong không khí.

<sup>(6)</sup>Theo lý thuyết tán xạ của Rayleigh thì sóng ngắn bị tán xạ hầu hết, vì vậy nên bức xạ khuếch tán có khuynh hướng là sóng ngắn.

### 1.4.3. Ảnh hưởng bởi khoảng cách giữa Mặt Trời và Trái Đất

Để xem xét ảnh hưởng của khoảng cách giữa Quả Đất và Mặt Trời đến cường độ bức xạ Mặt Trời trên mặt đất, khi Quả Đất chuyển động trên quỹ đạo của nó trong chu kỳ một năm. Một cách gần đúng có thể xem Quả Đất là một quả cầu quay xung quanh Mặt Trời trên quỹ đạo gần tròn (dạng ellip, còn được gọi là *Hoàng Đạo*) có bán kính trung bình là  $R=1,495.10^{11}m$  (Hình 1.4.2). Thời gian cần thiết để Quả Đất quay được một vòng xung quanh Mặt Trời là 365 và 1/4 ngày, hay một năm. Ngoài chuyển động quay xung quanh Mặt Trời, Quả Đất còn tự quay xung quanh trục riêng của nó. Trục quay riêng này là một đường thẳng đi qua hai cực của Quả Đất, hợp với pháp tuyến của mặt phẳng Hoàng Đạo một góc  $\delta = 23^{\circ}45'$ . Quả Đất quay một vòng xung quanh trục quay riêng của nó hết 24 giờ, hay một ngày đêm. Mặt phẳng vuông góc với trục của Quả Đất và cắt Quả Đất một tiết diện lớn nhất gọi là *mặt phẳng xích đạo*, còn đường tròn lớn nhất là giao tuyến giữa mặt phẳng xích đạo và mặt cầu Trái Đất gọi là *đường xích đạo*. Sự định hướng của trục Quả Đất cùng với sự chuyển động của nó xung quanh Mặt Trời và xung quanh trục quay riêng của nó, dẫn đến sự thay đổi khoảng cách giữa Quả Đất và Mặt trời, cũng tức là thay đổi cường độ bức xạ Mặt Trời trên bề mặt Quả Đất hàng ngày, hàng tháng và hàng mùa trong một năm.



Hình 1.4.2. Mô tả chuyển động của Quả Đất quay quanh Mặt Trời trong năm.

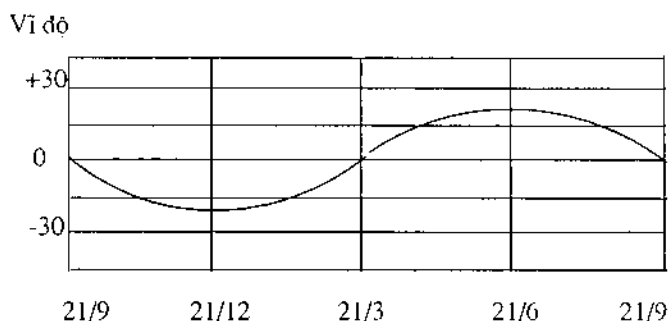
Hình 1.4.2 chỉ vị trí của Quả Đất đối với các tia sáng Mặt Trời ở các thời điểm Hạ chí (21-6), Đông chí (21-12); Xuân phân (21-3) và Thu phân (21-9). Đối với ngày Hạ chí, các tháng ở hai bên ngày này các vị trí ở Bắc Bán Cầu tia Mặt Trời chiếu “trực diện” hơn và khoảng cách đến Mặt Trời ngắn hơn. Do vậy, Bắc Bán Cầu nhận được nhiều bức xạ Mặt Trời hơn, ngày dài và đêm ngắn. Ngược lại trong các tháng đó phần

Nam Bán Cầu khoảng cách đến Mặt Trời dài hơn nên nhận được bức xạ Mặt Trời ít hơn, và thời gian này là mùa đông đối với Nam Bán Cầu. Ở vị trí các tháng ở hai bên điểm Đông chí (21-12) tình hình hoàn toàn ngược lại. Lúc đó Bắc Bán Cầu là mùa đông thì Nam Bán Cầu là mùa hạ. Ở hai vị trí trung gian khác của Quả Đất là vị trí vào ngày Xuân phân (21-3) và vào ngày Thu phân (21-9) thì tia bức xạ chiếu thẳng trên đường xích đạo, nên cả hai phần quả cầu, Bắc và Nam Bán Cầu cách đều Mặt Trời. Ở mọi địa phương trên mặt đất có 12 giờ ban ngày và 12 giờ ban đêm. Tuy nhiên tại các điểm nằm trên các cực thì các tia bức xạ cũng yếu hơn các điểm nằm ngay trên đường xích đạo.

Góc hợp bởi các tia bức xạ Mặt Trời nằm trong mặt phẳng Hoàng Đạo tạo với mặt phẳng xích đạo của Quả Đất gọi là góc lệch  $\delta$  (declination angle). Ở ngày Hạ chí, góc  $\delta$  này bằng  $+23^{\circ}45'$ ; ở ngày Đông chí  $\delta$  bằng  $-23^{\circ}45'$ . Để tính góc lệch  $\delta$  ở các ngày bất kỳ trong năm ta có thể dùng phương trình Cooper (1969) cho dưới đây

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{284 + n}{365}\right)360 \quad (\text{độ}) \quad (1.4.7)$$

trong đó,  $n$  là số thứ tự ngày tính từ ngày 1 tháng giêng. Hình 1.4.3 biểu diễn sự biến đổi của  $\delta$  theo thời gian trong năm.

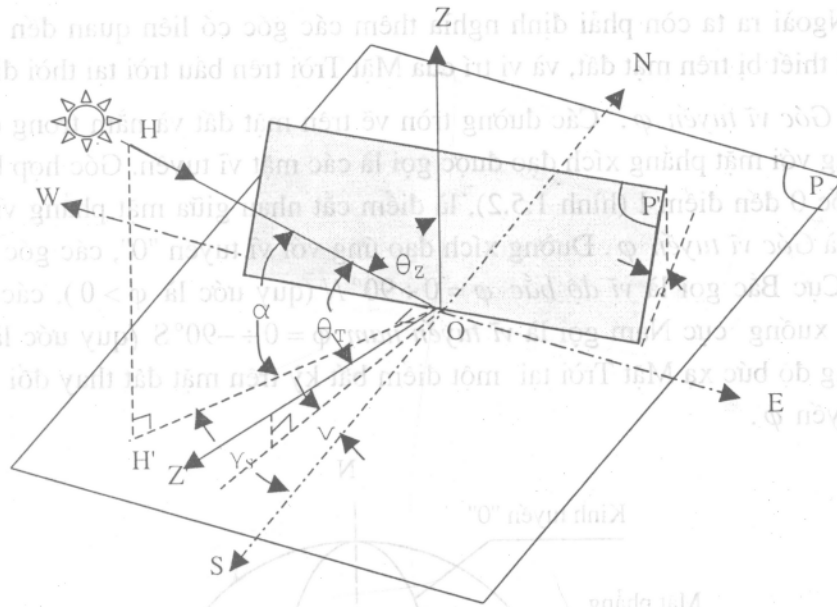


Hình 1.4.3. Sự thay đổi của góc lệch  $\delta$  theo các ngày trong một năm.

## §1.5. Vị trí theo giờ của Mặt Trời và hướng của tia bức xạ trên các mặt phẳng

### 1.5.1. Định nghĩa các góc tạo ra bởi chùm tia bức xạ với các mặt phẳng

Bức xạ Mặt Trời còn phụ thuộc vào độ cao của Mặt Trời, hay vị trí của nó trên bầu trời. Dưới đây ta sẽ đưa ra một số biểu thức cho phép xác định vị trí theo giờ của Mặt trời và bức xạ của nó chiếu trên một mặt phẳng bất kỳ trên mặt đất (hình 1.5.1).



**Hình 1.5.1. Mô tả vị trí tương đối của tia bức xạ Mặt Trời trên mặt phẳng nằm ngang và mặt phẳng nghiêng.**

trong đó:  $OZ$  - pháp tuyến của mặt phẳng nằm ngang ( $P$ );

$OZ'$  - pháp tuyến của mặt phẳng nằm nghiêng ( $P'$ );

$\beta$  - góc hợp bởi mặt phẳng nằm nghiêng và mặt phẳng nằm ngang;

$\theta_T$  - góc tới của tia bức xạ trên mặt phẳng nghiêng;

$\theta_Z$  - góc đỉnh, hợp bởi tia bức xạ và pháp tuyến của mặt phẳng nằm ngang;

$\gamma$  - góc phương vị mặt phẳng nghiêng, hợp bởi hình chiếu của pháp tuyến mặt phẳng nghiêng ( $OZ'$ ) trên mặt phẳng nằm ngang và phương chính Nam, dương khi mặt phẳng nghiêng hướng về phía Nam và âm khi mặt phẳng nghiêng hướng về phía Bắc;

$\gamma_s$  - góc phương vị của Mặt Trời, hợp bởi hình chiếu của tia tới trên mặt phẳng nằm ngang và phương chính Nam, dương khi Mặt Trời ở phía Đông, âm khi Mặt Trời ở phía Tây và bằng không khi Mặt Trời ở đỉnh đầu;

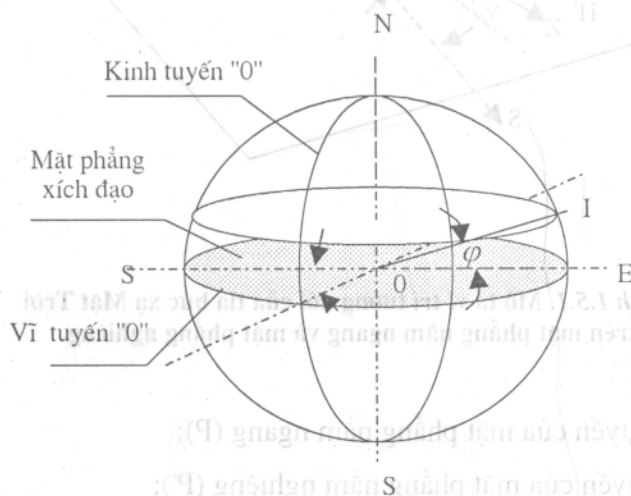
$\alpha$  - góc độ cao Mặt trời;

$\Delta A_Z$  - hiệu của góc phương vị Mặt Trời và phương vị của mặt phẳng nghiêng .



Ngoài ra ta còn phải định nghĩa thêm các góc có liên quan đến toạ độ của địa điểm đặt thiết bị trên mặt đất, và vị trí của Mặt Trời trên bầu trời tại thời điểm đang xét.

- *Góc vĩ tuyến  $\varphi$* . Các đường tròn vẽ trên mặt đất và nằm trong các mặt phẳng song song với mặt phẳng xích đạo được gọi là các mặt vĩ tuyến. Góc hợp bởi đoạn thẳng nối từ góc 0 đến điểm I (hình 1.5.2), là điểm cắt nhau giữa mặt phẳng vĩ tuyến và mặt cầu gọi là *Góc vĩ tuyến  $\varphi$* . Đường xích đạo ứng với vĩ tuyến "0", các góc từ đường xích đạo lên Cực Bắc gọi là *vĩ độ bắc  $\varphi = 0 \div 90^\circ N$*  (quy ước là  $\varphi > 0$ ), các góc từ đường xích đạo xuống cực Nam gọi là *vĩ tuyến nam  $\varphi = 0 \div -90^\circ S$*  (quy ước là  $\varphi < 0$ ). Như vậy cường độ bức xạ Mặt Trời tại một điểm bất kỳ trên mặt đất thay đổi phụ thuộc vào góc vĩ tuyến  $\varphi$ .



Hình 1.5.2. Quả Đất, mặt phẳng xích đạo và vĩ tuyến.

- *Góc kinh tuyến*. Điểm cắt giữa trục quay riêng của Quả Đất với bề mặt của nó ở phía trên gọi là *điểm Cực Bắc (N)*, và ở phía dưới gọi là *điểm Cực Nam (S)*. Các nửa đường tròn vẽ trên mặt Quả Đất và đi qua hai điểm Cực Bắc và Cực Nam (chứa trục quay của Quả Đất) gọi là *kinh tuyến* (ký hiệu  $\Phi$ ). Người ta quy ước *kinh tuyến gốc* (còn gọi là *kinh tuyến "0"*) là kinh tuyến đi qua Greenwich, thủ đô London, Vương quốc Anh. Các kinh tuyến còn lại được đặt tên theo góc lần lượt từ kinh tuyến "0" và kinh tuyến tiếp theo. Tâm O của Quả Đất là đỉnh của các kinh tuyến (hình 1.5.2). Các kinh tuyến nằm ở phía đông so với kinh tuyến gốc gọi là *kinh tuyến đông* (ký hiệu  $0 \div 180^\circ E$ ), còn ở phía tây gọi là *kinh tuyến tây* (ký hiệu  $0 \div 180^\circ W$ ).

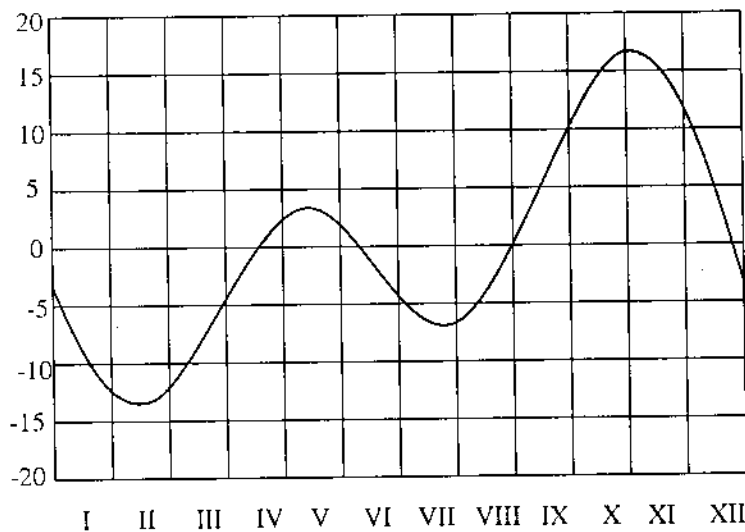
*Góc giờ Mặt Trời  $\omega$*  là góc xác định vị trí của Mặt Trời trên bầu trời tại một thời điểm bất kỳ từ lúc Mặt Trời mọc đến lúc Mặt Trời lặn. Người ta quy ước khi Mặt Trời ở đỉnh đầu (lúc 12 giờ trưa)  $\omega = 0$ . Vì Quả Đất quay xung quanh trục của nó một

vòng hết 24 giờ, nên mỗi giờ nó quay được một góc  $(360^\circ : 24\text{giờ}) = 15^\circ$ . Mỗi phút kinh tuyến tương ứng với 4 phút thời gian. Nếu coi Quả Đất đứng yên thì mỗi giờ Mặt Trời chuyển động trên bầu trời được một góc  $15^\circ$ . Vì vậy, góc giờ của Mặt Trời tại thời điểm bất kỳ là:

$$\omega_t = (12 - T_{SV}^*) 15 (\text{độ}) \quad (1.5.1)$$

trong đó,  $T_{SV}$  - giờ Mặt Trời đúng ( $T_{SV}$ ). Trong thực tế đôi khi được lấy gần đúng bằng giờ địa phương  $T_{SV} = t$ . Ví dụ, lúc  $t = 9$  giờ sáng, góc giờ Mặt Trời là  $\omega = (12 - 9)15 = 45^\circ > 0$ ; lúc 15 giờ, góc giờ Mặt Trời  $\omega = (12 - 15)15 = -45^\circ < 0$ . Vậy góc giờ Mặt Trời buổi sáng có giá trị dương, và buổi chiều có giá trị âm.

\* Giờ Mặt Trời đúng  $T_{SV}$



Hình 1.5.3. Đường cong hiệu chỉnh thời gian  $E(t)$ .

Giờ dùng trong các biểu thức xác định góc giờ Mặt Trời, biểu thức (1.5.1) được gọi là giờ Mặt Trời đúng  $T_{SV}$ . Nó không tương ứng với giờ địa phương nên phải hiệu chỉnh từ giờ địa phương ra giờ Mặt Trời  $T_{SV}$  bằng các số hạng hiệu chỉnh: *hằng số hiệu chỉnh* tính đến sự sai khác giữa kinh tuyến địa phương và kinh tuyến gốc của quốc gia, và *phương trình hiệu chỉnh thời gian  $E_T$* , phụ thuộc thời điểm bất kỳ trong năm, *đường cong phương trình này cho trên hình 1.5.3*. Như vậy, giờ Mặt Trời  $T_{SV}$  được xác định bằng hệ thức

$$T_{SV} = T_{LG} + E_T + 4(\varphi_{ST} - \varphi_{LG}) \quad (1.5.2)$$

trong đó :  $T_{LG}$  - giờ pháp định quốc gia tại địa phương. Gốc thời gian được tính từ kinh tuyến gốc hoặc kinh tuyến. (Giờ pháp định của Việt Nam bằng giờ của kinh tuyến gốc cộng thêm 7);

$\varphi_{ST}$  - kinh tuyến tính giờ của Quốc gia (Việt Nam lấy  $\varphi_{ST}=105E$ );

$\varphi_{LG}$  - kinh tuyến địa phương (độ), dương với kinh tuyến Đông, âm với kinh tuyến Tây;

$E_T$  - Thời sai - sai lệch về thời gian thay đổi theo chu kỳ, tùy thuộc thời điểm trong năm, như đã cho trên hình (1.5.3).

**Ví dụ 1.1.** Tính giờ Mặt Trời tại Hà Nội lúc 10h30 của hai ngày 1/3 và 1/10. Biết toạ độ Hà Nội (21.02N, và 105,51E).

Theo biểu thức (1.5.2) và tra hàm  $E(t)$  từ hình (1.5.3) ta có

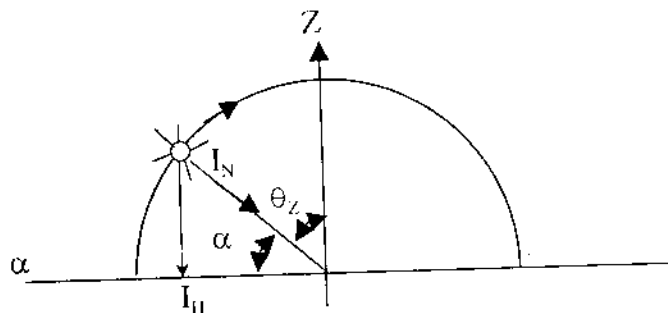
$$\text{Ngày 1/3} \quad T_{SV} = 10\text{h}30 - 12 + 4(105 - 105,51) \times 100/60 = 10\text{h}15$$

$$\text{Ngày 1/10} \quad T_{SV} = 10\text{h}30 + 10 + 4(105 - 105,51) \times 100/60 = 10\text{h}47$$

- *Góc độ cao Mặt Trời:* Ngoài ra vị trí của Mặt trời còn được xác định bằng độ cao trên bầu trời. Nếu quy ước Mặt Trời mọc ở phía đông và lặn ở phía tây thì tại một thời điểm bất kỳ vị trí của nó được xác định bởi góc  $\alpha$  - *góc độ cao Mặt Trời*, đó là góc hợp bởi tia bức xạ trực xạ với hình chiếu của nó trên mặt phẳng nằm ngang (Hình 1.5.4), khi đó ta có  $\alpha + \theta_z = 90^\circ$ .

Nếu gọi cường độ của chùm bức xạ tới là  $I_N$  hợp với pháp tuyến mặt phẳng nằm ngang một góc  $\theta_z$ , thì mặt phẳng ngang đó nhận được cường độ bức xạ  $I_{H}$  được xác định theo hệ thức

$$I_H = I_N \sin \alpha = I_N \cos \theta_z \quad (1.5.3)$$



Hình 1.5.4. Xác định góc .

Người ta đã xác định được hệ thức liên hệ giữa góc độ cao Mặt Trời  $\alpha$  tại một thời điểm bất kỳ theo góc giờ  $\omega$ , vào một ngày bất kỳ trong năm theo góc lệch  $\delta$ , ở một địa điểm bất kỳ trên mặt đất theo góc vĩ tuyến  $\varphi$  nhờ hệ thức sau

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta \quad (1.5.4)$$

Từ biểu thức (1.5.4) ta rút ra được các biểu thức hệ quả sau đây:

- Góc độ cao của Mặt Trời  $\alpha_n$  ở thời điểm giữa trưa ( $\omega = 0$ ). Khi thay  $\omega = 0$  vào (1.5.4) ta có:

$$\alpha_n = 90^\circ - (\varphi - \delta) \quad (1.5.5)$$

Từ (1.5.5) ta thấy độ cao của Mặt Trời lúc giữa trưa (lúc 12 giờ), chỉ còn phụ thuộc vào vĩ tuyến ( $\varphi$ ) và vào ngày quan sát ( $\delta$ ).

Cũng từ (1.5.4) ta xác định được góc giờ  $\omega$ , lúc Mặt Trời mọc hoặc Mặt Trời lặn, bằng cách cho  $\alpha = 0$ :

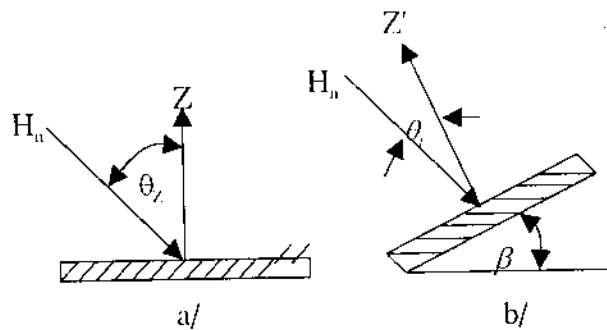
$$\cos \omega_s = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (1.5.6)$$

Từ (1.5.6) có thể suy ra độ dài  $N$  của ngày Mặt Trời, hoặc số giờ có ánh sáng Mặt Trời (bức xạ trực xạ) trong một ngày là

$$N = \frac{2\omega_s}{15} = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta) \quad (1.5.7)$$

- Bây giờ ta tìm hệ thức khi Mặt Trời cũng ở độ cao  $\alpha$  nhưng tia trực xạ  $I_N$  chiếu lên mặt phẳng nghiêng với góc tới  $\theta_T$  (Hình 1.5.5), khi đó cường độ tia bức xạ  $I_\beta$  trên mặt phẳng nghiêng sẽ là:

$$I_\beta = I_N \cos \theta_T \quad (1.5.8)$$



Hình 1.5.5. Tia bức xạ tới : a/ trên mặt phẳng nằm ngang  $0_z$ ; b/ trên mặt phẳng nghiêng  $0_T$ .

Từ hình (1.5.1) và các phương trình (1.5.3), (1.5.4) và (1.5.8) tính được  $\cos \theta_T$  xác định theo biểu thức sau:

$$\cos \theta_T = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \cos \Delta A_z \quad (1.5.9)$$

Trong đó

$$\Delta A_z = \gamma_s - \gamma$$

với  $\gamma$  là góc lệch Azimuth của mặt phẳng nghiêng đang xét, đó là góc giữa hướng Nam và hình chiếu của pháp tuyến của mặt phẳng nghiêng trên mặt phẳng ngang. Quy ước góc  $\gamma > 0$  khi mặt phẳng nghiêng lệch về hướng đông, và  $\gamma < 0$  khi mặt phẳng nghiêng lệch về hướng tây. Đặt biểu thức  $\sin\alpha$  (1.5.3) vào (1.5.9) và dùng các hệ thức:

$$\cos\alpha\cos\gamma_S = \sin\varphi\cos\delta\cos\omega = \cos\varphi\sin\delta$$

$$\text{và } \cos\alpha\sin\gamma_S = \cos\delta\sin\omega$$

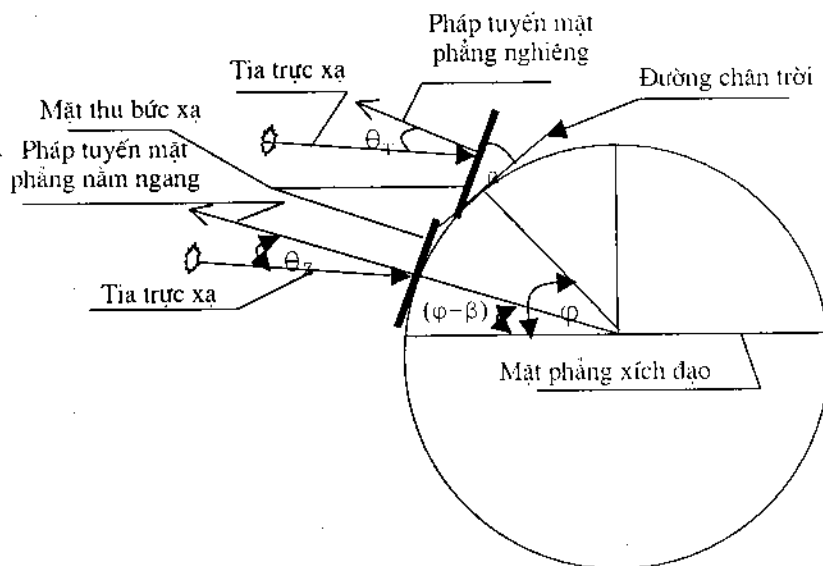
ta được biểu thức cuối cùng xác định góc  $\theta_T$ :

$$\begin{aligned} \cos\theta_T = & \sin\delta.\sin\varphi.\cos\beta - \sin\delta.\cos\varphi.\sin\beta.\cos\gamma + \cos\varphi.\cos\beta.\cos\delta.\cos\omega + \\ & + \cos\delta.\cos\omega.\sin\varphi.\sin\beta.\cos\gamma + \cos\delta.\sin\omega.\sin\beta.\sin\gamma \end{aligned} \quad (1.5.10)$$

Trong nhiều trường hợp phép tính còn được đơn giản hoá. Ví dụ, để xác định một bộ thu phẳng được đặt ngay trên mặt phẳng xích đạo vào lúc 12h ( $\gamma=0$ ) thì số hạng cuối cùng trong biểu thức (1.5.10) được loại bỏ. Nếu góc nghiêng  $\beta = 90^\circ$  (ứng với mặt phẳng thẳng đứng) thì số hạng thứ hai, số hạng thứ ba và thứ năm bị loại bỏ. Còn nếu  $\beta = 0$  (ứng với mặt phẳng nằm ngang) thì chỉ còn số hạng thứ nhất và số hạng thứ ba, và khi đó phương trình (1.5.10) chỉ còn là

$$\cos\theta_z = \sin\delta.\sin\varphi + \cos\delta.\cos\varphi.\cos\omega \quad (1.5.11)$$

Nếu mặt phẳng nghiêng có cùng góc nghiêng  $\beta$  ở cả hai phía chính Bắc và chính Nam (tức góc  $\gamma=0$ ), và lúc Mặt Trời ở vị trí độ cao góc  $\alpha$  đồng thời chiếu vào hai mặt phẳng song song: mặt nghiêng góc  $\beta$  đặt tại vĩ tuyến  $\varphi$ , và mặt ngang ( $\beta=0$ ) đặt tại vĩ tuyến  $(\beta - \varphi)$ , hai mặt phẳng này song song nhau, như mô tả trên hình (1.5.6).



Hình 1.5.6. Sự tương tự các góc  $\varphi$  và  $(\varphi - \beta)$  trong các công thức (1.5.11) và (1.5.12).

Khi đó ta chỉ cần thay  $\theta_z = \theta_T$  và  $\varphi = (\varphi - \beta)$  vào phương trình (1.5.11) ta sẽ nhận được phương trình xác định góc tới trên mặt phẳng nghiêng như sau.

$$\cos \theta_T = \sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cos(\varphi - \beta) \cos \omega \quad (1.5.12)$$

Từ (1.5.11) và (1.5.12) ta thấy khi cùng một giá trị cường độ bức xạ gửi tới nhưng các giá trị nhận được trên các mặt phẳng nằm ngang và mặt phẳng nằm nghiêng là khác nhau.

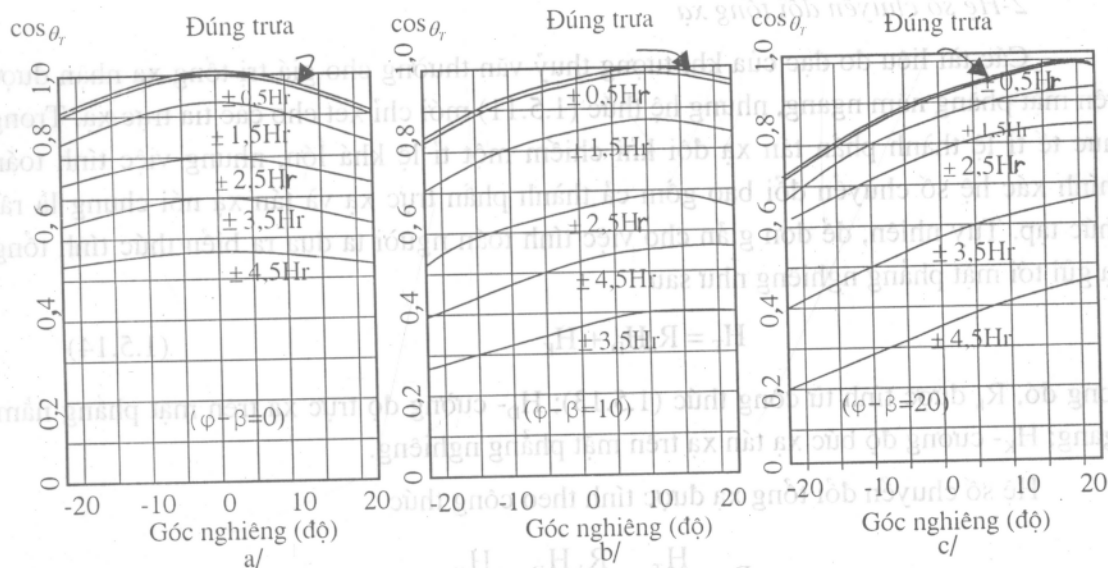
### 1.5.2. Hệ số chuyển đổi bức xạ từ mặt phẳng nằm ngang sang mặt phẳng nằm nghiêng

#### 1- Hệ số chuyển đổi bức xạ trực xạ

Ta biết rằng các số liệu cho trong các sổ tay bức xạ đều nhận trên mặt phẳng nằm ngang, nhưng trong thực tế các bộ thu lại được đặt trên mặt phẳng nghiêng, góc nghiêng phụ thuộc vĩ tuyến, vĩ tuyến càng lớn góc nghiêng  $\beta$  càng lớn (ở Bắc Bán Cầu đặt nghiêng hướng về phía nam và ngược lại) để có được góc tới  $\theta_T$  bé nhất, cũng có nghĩa là bộ thu nhận được giá trị cường độ bức xạ lớn nhất. Chính vì vậy khi tính toán cho bộ thu ta phải xác định hệ số chuyển đổi giá trị bức xạ trong sổ tay bức xạ theo phương trình (1.5.11) sang mặt nghiêng theo phương trình (1.5.12) nhờ hệ thức chuyển đổi dưới đây:

$$R_b = \frac{H_T}{H} = \frac{H_n \cos \theta_T}{H_n \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta_T}{\cos \theta_z} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta} \quad (1.5.13)$$

$R_b$  được gọi là hệ số chuyển đổi trực xạ.



Hình 1.5.7. Cosin góc nghiêng  $\theta_T$  của mặt phẳng nghiêng hướng về xích đạo phụ thuộc góc  $(\beta - \varphi)$ . Theo Hottel và Woertz (1942), Hr- độ lệch lúc 12 giờ trưa và giờ quan sát.

Để tính  $\cos \theta_z$  hoặc  $\cos \theta_r$  khi không có máy tính người ta còn có thể dùng đồ thị được Hottel và Woertz xây dựng như đã cho trên hình 1.5.7a,b,c.

Các hình này mô tả mối quan hệ  $\cos \theta_r$  phụ thuộc độ nghiêng và góc giờ ứng với các giá trị của  $(\varphi - \beta) = 0^\circ; \pm 10^\circ$  và  $\pm 20^\circ$  được biểu diễn trên trục hoành. Nếu  $(\varphi - \beta)$  có giá trị âm thì giá trị của  $\cos \theta_r$  được lấy về phía âm trên trục hoành (bên trái số "0"). Giá trị của  $\cos \theta_z$  cũng có thể tra từ các đường cong cho trên hình (1.5.7.a,b,c) bằng cách coi giá trị ghi trên trục hoành là của góc  $\varphi$ , tương ứng với mặt phẳng nằm ngang ( $\beta = 0$ ), khi đó giá trị trên trục tung là  $\cos \theta_z$ . Các đường cong cho trên hình tương ứng với độ chênh lệch giờ  $H_r$  giữa giờ đúng trưa và giờ quan sát, (các giờ trước và sau 12 giờ địa phương, dấu cộng - giờ buổi sáng, dấu trừ - giờ buổi chiều)

**Ví dụ 1.5.1.** Xác định hệ số chuyển đổi trực xạ  $R_b$  của bộ thu đặt tại vĩ tuyến  $\varphi = 20^\circ N$ , với góc nghiêng  $\beta = 30^\circ$ , lúc 9h30 ngày 20 tháng 2.

**Giải.** Từ công thức (1.4.7) tính được góc lệch  $\delta = -11,58^\circ$ . Lúc 9h30, độ lệch giờ  $H_r = (12 - 9,5) = 2,5$ . Theo dấu bài  $(\varphi - \beta) = (20 - 30) = -10^\circ$ . Từ hình 1.5.7b ứng với đường cong  $H_r = 2,5$  và  $-10^\circ$  ta tìm được giá trị của  $\cos \theta_r = 0,61$ . Từ hình 1.5.7c tìm được  $\cos \theta_z$  ứng với  $\varphi = 20^\circ$ , ứng với độ lệch giờ  $H_r = 2,5$  ta tìm được giá trị của  $\cos \theta_z = 0,85$ . Vậy hệ số chuyển đổi trong trường hợp này bằng  $R_b = 0,61/0,85 = 0,7176$ . Có thể kiểm tra độ chính xác kết quả tính theo phương pháp này với áp dụng các công thức (1.5.11), (1.5.12) và (1.5.13) ta nhận được  $R_b = 0,703$ . Kết quả nhận được từ hai phương pháp này cho sai số  $\Delta R/R = 0,02 < 5\%$  nên có thể chấp nhận được. Mặc dầu phương pháp tra bảng có sai số nhưng quá trình tính toán nhanh chóng hơn.

## 2-Hệ số chuyển đổi tổng xạ

Các tài liệu đo đạc của khí tượng thủy văn thường cho giá trị tổng xạ nhận được trên mặt phẳng nằm ngang, nhưng hệ thức (1.5.11) mới chỉ xét cho các tia trực xạ. Trong thực tế tỉ lệ thành phần tán xạ đôi khi chiếm một tỉ lệ khá lớn, nhưng việc tính toán chính xác hệ số chuyển đổi bao gồm cả thành phần trực xạ và tán xạ nói chung là rất phức tạp. Tuy nhiên, để đơn giản cho việc tính toán người ta đưa ra biểu thức tính tổng xạ gửi tới mặt phẳng nghiêng như sau

$$H_T = R_b H_D + H_K \quad (1.5.14)$$

trong đó,  $R_b$  được tính từ công thức (1.5.13);  $H_D$ - cường độ trực xạ trên mặt phẳng nằm ngang;  $H_K$ - cường độ bức xạ tán xạ trên mặt phẳng nghiêng.

Hệ số chuyển đổi tổng xạ được tính theo công thức

$$R = \frac{H_T}{H} = \frac{R_b H_D}{H} + \frac{H_K}{H} \quad (1.5.15)$$

Ngoài hai thành phần trực xạ và tán xạ nói trên, bộ thu còn nhận được thành phần thứ ba, đó là các bức xạ phản xạ từ các vật ở môi trường xung quanh, thường được gọi là số *Albedo*. Thành phần này cũng tỉ lệ với cả hai thành phần trực xạ và tán xạ từ Mặt Trời và bầu trời. Khi coi bầu trời là một mái vòm, trong đó các bức xạ tán xạ phân bố một cách đồng đều từ mọi phía, nếu có một mặt phẳng nào đó nằm nghiêng so với mặt phẳng nằm ngang một góc nghiêng  $\beta$  thì thành phần tán xạ gửi đến mặt phẳng này theo Liu (1963) ta phải đưa thêm vào công thức (1.5.15) hai hệ số điều chỉnh sau đây:

Khi coi bầu trời là một mái vòm thì thêm hệ số

$$(1 + \cos\beta)/2 \quad (1.5.16)$$

Khi kể đến sự phản xạ bức xạ từ môi trường xung quanh với hệ số phản xạ  $\rho$  thì thêm hệ số

$$(H_D + H_K) \frac{(1 - \cos\beta)\rho}{2} \quad (1.5.17)$$

Khi đó tổng xạ gửi đến mặt phẳng nghiêng sẽ bao gồm cả ba số hạng

$$H_T = R_b H_D + H_K \left( \frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + (H_D + H_K) \left( \frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \rho \quad (1.5.18)$$

và hệ số chuyển đổi tổng xạ được xác định bằng hệ thức

$$R = \frac{H_D R_b}{H} + \frac{H_K}{H} \frac{(1 + \cos\beta)}{2} + \frac{(1 - \cos\beta)}{2} \rho \quad (1.5.19)$$

Theo Liu và Jordan đề nghị khi môi trường chung quanh không có tuyết lấy giá trị  $\rho = 0,2$ , còn khi môi trường chung quanh có tuyết trắng phủ đầy lấy giá trị  $\rho = 0,7$ .

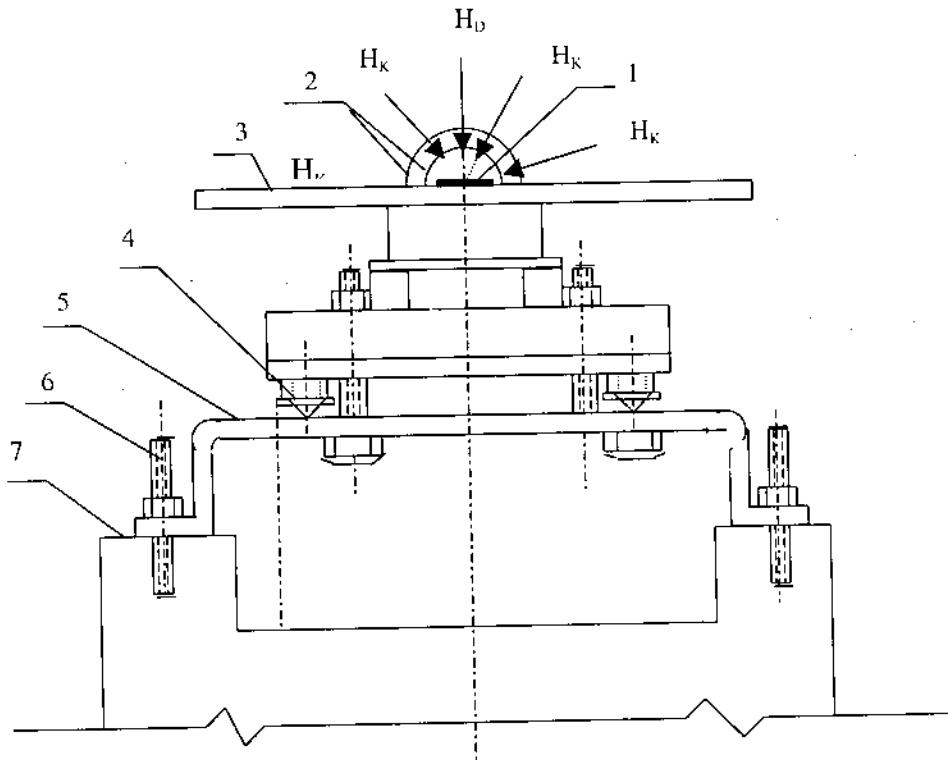
## §1.6. Các thiết bị đo bức xạ Mặt Trời và giờ nắng

### 1.6.1. Máy đo cường độ bức xạ - Bức xạ kế (Pyranometer)

Bức xạ kế dùng để đo cường độ bức xạ bao gồm: tổng xạ và bức xạ khuếch tán hay tán xạ. Hình 1.6.1 mô tả sơ đồ máy đo bức xạ tổng xạ hoặc tán xạ.

Nguyên lý hoạt động của bức xạ kế như sau: Mặt thu bức xạ (1) là một bộ cảm biến có độ nhạy cao, ứng dụng các hiệu ứng nhiệt, nhiệt-điện hoặc quang-điện. Ví dụ, nếu ứng dụng hiệu ứng nhiệt thì người ta sơn một lớp sơn hấp thụ chọn lọc đặc biệt lên một tấm kim loại mỏng, dẫn nhiệt tốt. Lớp sơn này có hệ số hấp thụ rất cao và hệ số phát xạ rất thấp đối với các bước sóng dài  $\lambda > 0,3\mu\text{m}$ . Khi phơi dưới nắng mặt hấp thụ bị nung nóng nhờ nhận bức xạ Mặt Trời. Mặt hấp thụ cân bằng nhiệt khi năng lượng hấp thụ cân bằng với năng lượng mất mát ra môi trường chung quanh do hiện tượng truyền nhiệt bằng đối lưu và bức xạ.





**Hình 1.6.1. Sơ đồ máy đo tổng xạ.**

1- mặt đen hấp thụ; 2- vòm thủy tinh bán cầu; 3- mặt phẳng nằm ngang song song với mặt nước biển; 4- vít điều chỉnh thang bằng mặt 3; 5- khung giá đỡ máy; 6- vít cố định giá đỡ; 7- chân đế;  $H_K$ - bức xạ khuếch tán;  $H_D$ - bức xạ trực xạ.

Mặt đáy của tấm đen được hàn với một cặp pin nhiệt điện có suất điện động nhiệt điện lớn. Hai đầu còn lại của cặp nhiệt điện được giữ ở nhiệt độ không đổi. Giá trị của điện áp ở đầu ra của cặp nhiệt điện tỷ lệ với cường độ bức xạ gửi tới mặt hấp thụ. Từ đó người ta chuyển giá trị thang đo bằng điện áp (mV) sang giá trị thang đo bằng cường độ bức xạ, nên có thể đọc trực tiếp giá trị của bức xạ ( $W/m^2$ ). Nếu ứng dụng hiệu ứng nhiệt điện thì người ta thay thế tấm kim loại hấp thụ bằng nhiều cặp pin nhiệt điện ghép nối tiếp. Khi được nung nóng các cặp pin nhiệt điện sinh ra suất điện động. Suất điện động này cũng tỷ lệ với cường độ bức xạ gửi tới mặt hứng năng. Đo điện áp hai đầu cực pin có thể suy ra cường độ bức xạ. Bộ cảm biến cũng có thể dùng tấm pin quang điện, điện áp đầu ra của tấm pin quang-điện cũng tỷ lệ với cường độ bức xạ mà nó nhận được. Khi biết điện áp đầu ra ta có thể suy ra được giá trị cường độ bức xạ. Vòm cầu (2) được cấu tạo bởi hai lớp bán cầu thủy tinh có các đường kính 30cm và 50cm lồng vào nhau. Tấm của hai bán cầu nằm trên mặt cảm biến. Vòm cầu này dùng để bảo vệ mặt cảm biến đồng thời hạn chế sự mất nhiệt ra môi trường chung quanh bởi hiện tượng đối lưu. Vòm

bán cầu và tấm hấp thụ được gắn chặt với tấm phẳng (3). Khi làm việc tấm này phải đảm bảo song song với mặt nước biển nhờ điều chỉnh các vít (4) sao cho bọt nước thăng bằng trong hộp nước được nằm ngay giữa tấm. Toàn bộ bức xạ kế được đặt trên giá đỡ (5). Giá đỡ này được cố định với đế (7) bằng các vít (6).

Bức xạ kế loại này dùng đo được trực tiếp cường độ bức xạ tổng xạ như mô tả trên hình 1.6.1. Nhưng cũng có thể dùng để đo cường độ bức xạ tán xạ hay khuếch tán, bằng cách dùng một tấm kim loại sơn đen che kín toàn bộ mặt cảm biến (3) để ngăn các chùm tia trực xạ chiếu trực tiếp lên mặt cảm biến. Trong khi đó các chùm tia khuếch tán từ mọi phương đều có thể tới được bề mặt của bộ cảm biến. Vì phương chiếu của chùm tia trực xạ luôn thay đổi từ Đông sang Tây, nên đôi khi người ta dùng một dải băng kim loại dạng cung tròn, có bán kính từ 50cm đến 80cm, chiều rộng bằng đường kính của bán cầu trong và đặt theo hướng Đông-Tây. Điều chỉnh góc nghiêng của băng kim loại sao cho trong suốt thời gian đo, bóng che của nó luôn che kín mặt cảm biến. Sở dĩ khung kim loại có đường kính lớn hơn một ít so với đường kính của bán cầu lớn để bóng che của nó vừa che được các chùm tia trực xạ vào mặt cảm biến, lại vừa ngăn cản ít nhất các chùm tia khuếch tán tới bề mặt cảm biến.

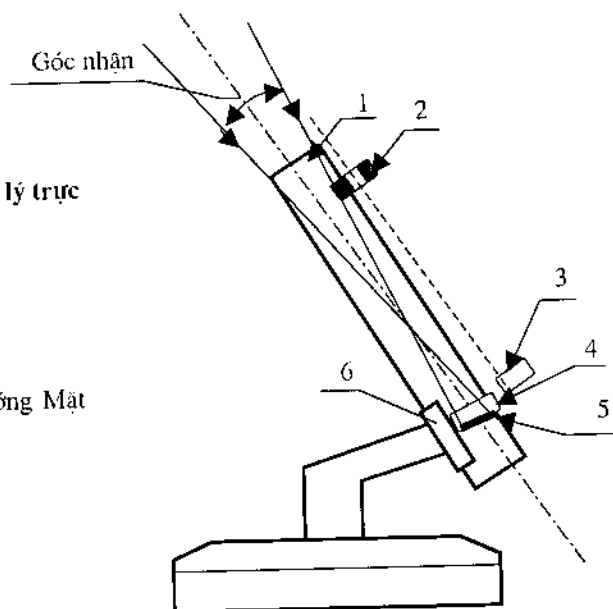
### 1.6.2. Máy đo trực xạ (Pyrheliometer)

Như ta đã biết, tổng xạ là tổng của trực xạ, tán xạ, bức xạ khuếch tán và bức xạ phản xạ từ môi trường chung quanh, nên ta không thể coi hiệu của tổng xạ và tán xạ là giá trị đo của trực xạ. Vì thế nên người ta phải dùng một dụng cụ đo khác là máy đo trực xạ còn được gọi là *trực xạ kế*.

Sơ đồ của trực xạ kế được mô tả trên hình 1.6.2.

Hình 1.6.2. Sơ đồ nguyên lý trực xạ kế:

- 1- ống thu trực xạ;
- 2- lỗ định vị;
- 3- ảnh định vị;
- 4- mặt cảm biến;
- 5- đầu nối lấy điện áp;
- 6- bộ điều khiển theo hướng Mặt Trời.



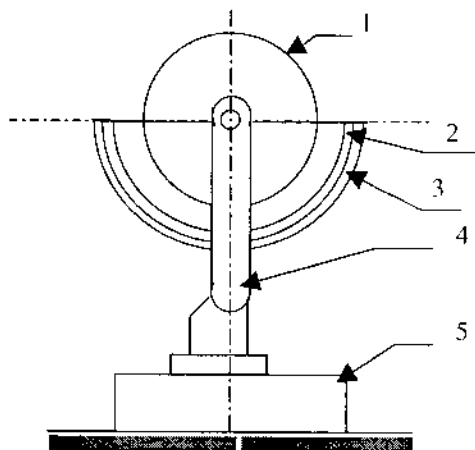
Nguyên lý kết cấu máy gồm ống hình trụ (1) đường kính 15mm chiều dài 120mm, mặt trong được sơn đen để khử các tia phản xạ từ thành ống. Mặt ngoài được gắn thêm vấu có lỗ định vị để tia bức xạ trực xạ xuyên qua được, vấu (3) dùng để hứng ảnh của lỗ định vị (2). Ở đáy ống người ta đặt một bộ cảm biến như đã nói ở mục 1.6.1 để hứng chùm tia trực xạ. Điện áp được đưa ra ngoài nhờ đầu nối (5). Bộ phận điều khiển (6) điều khiển ống thu trực xạ luôn luôn hướng về phía Mặt Trời thông qua ảnh định vị (3). Khi ảnh định vị lệch khỏi vị trí định trước thì máy sẽ tự động điều chỉnh để đưa ảnh về đúng vị trí ban đầu.

### 1.6.3. Máy đo thời gian nắng

Sơ đồ cấu tạo máy đo thời gian nắng được mô tả trên hình (1.6.3) bao gồm: Một quả cầu đặc bằng thủy tinh có độ trong suốt cao, được đặt trên một giá cung tròn đồng tâm với quả cầu, và cũng là đồng tâm với đường tiêu của quả cầu. Mặt trong của giá cung tròn được đặt trùng với mặt tiêu của quả cầu. Tất cả các chùm tia trực xạ và tán xạ khi xuyên qua nửa bán cầu trên đều hội tụ tại tiêu điểm của quả cầu. Ở đây người ta đặt một băng giấy đặc biệt (có in sẵn vạch chia thời gian từ lúc Mặt Trời mọc đến lúc Mặt Trời lặn) dọc theo suốt chiều dài cung tròn 3. Khi trời có nắng và cường độ bức xạ đạt tới một giá trị nào đấy (bắt đầu được gọi là có nắng) băng giấy sẽ bị cháy sém. Sau một ngày tờ giấy được lấy ra và đọc tổng chiều dài của các đoạn giấy bị cháy sém sẽ biết thời gian nắng trong ngày. Nếu cả ngày có nắng liên tục thì toàn bộ chiều dài băng giấy đều bị cháy sém. Nếu thỉnh thoảng trời lại có mây che thì lúc có nắng đoạn giấy bị cháy sém, còn lúc không có nắng băng giấy không bị cháy. Số giờ nắng trong trường hợp này là tổng chiều dài các đoạn bị cháy sém trên mặt giấy.

Hình 1.6.3. Sơ đồ máy đo thời gian nắng:

- 1- quả cầu đặc thủy tinh;
- 2- băng giấy;
- 3- cung tròn;
- 4- giá đỡ quả cầu và cung tròn;
- 5- bộ đặt máy đo.



Cường độ bức xạ trực xạ, tán xạ và thời gian nắng của từng địa phương của mỗi quốc gia đều lấy giá trị trung bình của các ngày trong tháng và của các tháng trong

nhiều năm, được trình bày trong các bảng sổ tay bức xạ, và được coi là tài sản của quốc gia đó.

## §1.7. Năng lượng bức xạ Mặt Trời ở Việt Nam

### 1.7.1. Cường độ bức xạ

Theo kết quả nghiên cứu của đề tài tài cấp Nhà nước mang mã số 52C-01-01a đã tiến hành xử lý số liệu quan trắc của 112 trạm khí tượng thủy văn phân bố trên toàn quốc về bức xạ Mặt Trời và thời gian nắng, được thu thập liên tục trong khoảng thời gian 18 ÷ 29 năm, mỗi ngày tiến hành 5 lần quan trắc vào các giờ 6h30; 9h30, 12h30; 15h30 và 18h30.

- Giá trị cường độ tổng xạ trung bình ngày được tính theo công thức

$$\overline{Q_d} = \frac{\overline{Q_i}}{2} \tau_{\text{mọc}} + \left( \frac{\overline{Q_i}}{2} + \sum_{i=2}^n \overline{Q_i} + \frac{\overline{Q_k}}{2} \right) + \frac{\overline{Q_k}}{2} \tau_{\text{lặn}} \quad (\text{kWh/m}^2/\text{n}) \quad (1.7.1)$$

trong đó.  $\overline{Q_d}$  - lượng tổng xạ cả ngày trung bình;

$\overline{Q_i}$  - cường độ tổng xạ trung bình ở kỳ quan trắc đầu có giá trị  $Q > 0$ ;

$\overline{Q_k}$  - cường độ tổng xạ trung bình ở kỳ quan trắc cuối có giá trị  $Q > 0$ ;

$\tau_{\text{mọc}}$  - khoảng thời gian giữa lúc Mặt Trời mọc và kỳ quan trắc đầu có  $Q > 0$ ;

$\tau_{\text{lặn}}$  - khoảng thời gian giữa lúc Mặt Trời lặn và kỳ quan trắc cuối có  $Q > 0$ .

- Giá trị cường độ tổng xạ trung bình cả năm ( $\text{kWh/m}^2/\text{năm}$ ) hay ( $\text{kWh/m}^2/\text{N}$ )

$$\overline{Q_i} = \frac{\sum_i S_i Q_i}{\sum_i S_i} \quad (\text{kWh/m}^2/\text{N}) \quad (1.7.2)$$

trong đó.  $S_i$  - diện tích của địa phương có đặt trạm quan trắc thứ  $i$ ;

$Q_i$  - cường độ bức xạ trung bình trong nhiều năm tại trạm quan trắc thứ  $i$ ;

$\sum_i S_i$  - tổng diện tích của nhóm địa phương hoặc tất cả các địa phương trong toàn quốc (theo số liệu thống kê năm 1989).

Cường độ bức xạ trung bình ngày và trung bình năm cho trong bảng 1.7.1

### 1.7.2. Số giờ nắng trong cả năm

Số giờ nắng được đo bằng nhật quang ký *Cambell-Stocker*, trong đó có một số rất ít trạm dùng nhật quang ký *Jordan*, nhưng sự khác nhau giữa hai loại này là không đáng kể. Các giờ nắng được tính khi cường độ bức xạ (CDBX) có giá trị  $Q \geq 140 \text{W/m}^2$ .

đã để lại vết cháy trên giấy giản đồ. Dựa vào số liệu đo được của 112 trạm để tính số giờ nắng trung bình trong vùng lãnh thổ. Số giờ nắng trung bình cả năm của các vùng lãnh thổ được cho trong bảng 1.7.2 trên cơ sở tính theo công thức(1.7.3)

Bảng 1.7.1

Vùng lãnh thổ	Tên địa phương	CDBX trung bình	
		(kWh/m <sup>2</sup> /n)	((kWh/m <sup>2</sup> /N)
1	Vùng núi phía Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng sông Hồng đến Vinh- Nghệ An	3,91	1.427
2	Vùng núi Tây Bắc, Thanh Hoá, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị	4,44	1.549
3	Thừa Thiên - Huế, ven biển từ Đà Nẵng đến Phú Yên, Kon Tum, Gia Lai, các tỉnh Miền Đông Nam Bộ, T.P Hồ Chí Minh, các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long	4,80	1.799
4	Đắk Lắk, Lâm Đồng, Khánh Hoà, Ninh Thuận, Bình Thuận, Bà Rịa Vũng Tàu	5.61	2.084
	<b>Cả nước</b>	<b>4,59</b>	<b>1.675</b>

Bảng 1.7.2

Vùng lãnh thổ	Tên địa phương	Số giờ nắng trung bình trong năm
1	Điện Biên, Lai Châu, Sơn La Mộc Châu	1.930
2	Lào Cai, Hà Giang, vùng Tây Bắc Bắc Bộ	1.452
3	Vùng núi phía Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng sông Hồng, và Bắc khu IV cũ (đến Hà Tĩnh)	1.631
4	Quảng Bình, Quảng Trị, Vùng núi Thừa Thiên - Huế	1.818
5	Vùng ven biển từ Quảng Trị, Thừa Thiên-Huế đến Ninh Thuận	2.294
6	Phan Thiết (Bình Thuận)	2.961
7	Kon-Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Lâm Đồng	2.431
8	Đông Nam Bộ, TP. Hồ Chí Minh, Đồng bằng sông Cửu Long	2.411
	<b>Trung bình cả nước</b>	<b>1.854</b>

$$\bar{T} = \frac{\sum_i S_i T_i}{\sum_i S_i} (h/N) \quad (1.7.3)$$

trong đó,  $T$  - số giờ nắng trung bình trong năm ( $h/N$ );

$S_i$  - diện tích của địa phương có đặt trạm quan trắc thứ  $i$  ( $km^2$ );

$T_i$  - tổng số giờ nắng trung bình trong nhiều năm tại trạm đo thứ  $i$  ( $h/N$ );

$\sum_i S_i$  - tổng diện tích của nhóm địa phương hoặc tất cả các địa phương trong cả nước (theo số liệu thống kê năm 1989).

*Ghi chú.* Số giờ nắng trung bình cả năm của các trạm có giá trị đo xấp xỉ nhau được xếp thành một nhóm lãnh thổ và được tính theo công thức (1.7.3).

## Câu hỏi và bài tập cuối chương 1

### Câu hỏi.

- 1- Giải thích ý nghĩa của góc lệch  $\delta$  bằng hình vẽ và nêu nguyên nhân thay đổi giá trị của nó từng ngày trong năm?. Viết biểu thức tính  $\delta$  cho một ngày bất kỳ?
- 2- Định nghĩa hằng số Mặt Trời và nêu những nguyên nhân làm giảm giá trị của hằng số này?
- 3- Mô tả mối liên hệ giữa tia bức xạ với mặt phẳng nằm ngang và mặt phẳng nghiêng bằng hình vẽ, và định nghĩa các góc trong mối liên hệ này?
- 4- Với những giả thiết nào mà từ phương trình tổng quát (1.5.10) ta có thể rút ra được các phương trình (1.5.11) và (1.5.12)?
- 5- Nói rõ ý nghĩa của hệ số chuyển đổi  $R_h$  và  $R$  theo các biểu thức (1.5.13) và (1.5.19)?
- 6- Định nghĩa các thông số: bức xạ trực xạ, tán xạ, tổng xạ; Albedo và tỷ khối khí  $m$  (Air mass)

### Bài tập

1. Tính góc lệch  $\delta$  cho các ngày sau đây: 10/4 và 10/10?
2. Tính góc  $\theta_z$  lúc 10h, 12h, 14h của ngày 26/6 tại vĩ độ  $20,3^\circ\text{N}$ ?
3. Tính góc  $\theta_i$  ứng với góc nghiêng  $\beta=30^\circ$  cũng vào các ngày giờ như đã cho trong bài tập số 2 ở trên?
4. Tính hệ số chuyển đổi  $R_h$  với các số liệu của hai bài tập số 2 và số 3?
5. Tính góc giờ Mặt Trời  $\omega$  lúc 8h30, 10h30, 12h, 14h30 và 16h30
6. Tính góc độ cao Mặt Trời  $\alpha$  tại các thời điểm 9h, 12h và 15h các ngày 27/5 và 27/10 tại vĩ độ  $20,3^\circ\text{N}$ ?
7. Tính góc giờ Mặt Trời mọc và Mặt Trời lặn  $\omega_s$  của các ngày 5/5 và 7/12 ở vĩ tuyến  $20,3^\circ\text{N}$ , và độ dài của các ngày này?
8. Tính tổng xạ gửi tới một mặt phẳng nghiêng với góc nghiêng  $\beta=42^\circ$ , và hệ số chuyển đổi  $R$ ?. Biết tổng xạ và tán xạ tại thời điểm đo lúc 11h30 ngày 7/8 tương ứng là  $H_0=835\text{W/m}^2$ ,  $H_k=218\text{W/m}^2$ , hệ số phản xạ của môi trường xung quanh  $\rho=0,2$ .

## Chương 2

### TƯƠNG TÁC CHÙM TIA BỨC XẠ VỚI MÔI TRƯỜNG VẬT CHẤT

#### §2.1. Định nghĩa các hệ số tương tác của chùm tia bức xạ lên một vật

##### 2.1.1. Định nghĩa các hệ số tương tác

Giả sử một tia bức xạ Mặt Trời có năng lượng  $E_0$  tác dụng lên một vật đặt trên bề mặt Trái Đất. Khi tương tác với vật chùm tia bị tách thành ba thành phần là: phản xạ, hấp thụ và truyền qua (hình 2.1.1).

Phương trình cân bằng năng lượng trong trường hợp này là:

$$E_0 = E_r + E_a + E_t \quad (2.1.1)$$

Chia hai vế cho  $E_0$ :  $E_r/E_0 + E_a/E_0 + E_t/E_0 = 1 \quad (2.1.2)$

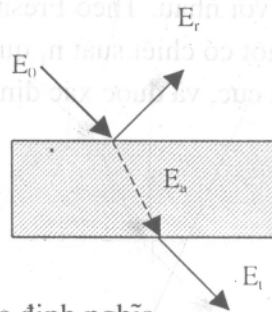
trong đó,  $E_0$  - năng lượng bức xạ tới;

$E_r$  - phần năng lượng bức xạ bị phản xạ từ bề mặt của vật;

$E_a$  - phần năng lượng bức xạ bị vật hấp thụ;

$E_t$  - phần năng lượng bức xạ được truyền qua.

Hình 2.1.1. Tương tác của tia bức xạ với môi trường không hoàn toàn trong suốt.



Các tỉ số ở vế phải phương trình (2.1.2): được định nghĩa

$E_r/E_0 = \rho$  là hệ số phản xạ,

$E_a/E_0 = \alpha$  là hệ số hấp thụ, và

$E_t/E_0 = \tau$  là hệ số truyền qua

Hay  $\rho + \alpha + \tau = 1$

Nếu  $\alpha = \tau = 0$  thì  $\rho = 1$ , ta có vật trắng tuyệt đối, phản xạ hoàn toàn.



Nếu  $\rho = \tau = 0$  thì  $\alpha = 1$ , ta có vật đen tuyệt đối, hấp thụ hoàn toàn, và nếu  $\alpha = \rho = 0$  thì  $\tau = 1$ , ta có vật trong suốt tuyệt đối.

Trong thực tế không có các trường hợp như vậy, mà mỗi vật khi tương tác với tia bức xạ Mặt Trời đều xảy ra đồng thời cả hai hoặc ba khả năng trên, nhưng tùy theo từng chất mà các khả năng đó có khác nhau. Giá trị của các hệ số này luôn nhỏ hơn 1 ( $\rho, \alpha, \tau < 1$ ). *Vật mà các giá trị  $\rho, \alpha, \tau$  đều khác không được gọi là vật mờ.*

Dựa trên các đặc tính đó của vật chất khi tương tác với bức xạ Mặt Trời người ta chế tạo các dạng thiết bị khác nhau để thu năng lượng Mặt Trời. Sử dụng khả năng phản xạ để chế tạo các thiết bị gương hội tụ; khả năng truyền qua của kính và hấp thụ của tấm hấp thụ để chế tạo bộ thu phẳng.

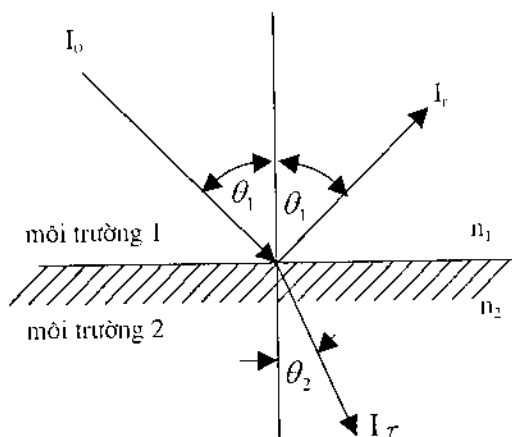
### 2.1.2. Thiết lập các biểu thức hệ số bức xạ tác dụng với tấm kính dày

Dưới đây chúng ta sẽ định nghĩa các hệ số phản xạ, truyền qua và hấp thụ đối với một vật không hoàn toàn trong suốt (ví dụ, kính xây dựng). Khả năng truyền qua một bề mặt của một vật phụ thuộc vào chiều dài sóng, vào góc tới của chùm tia bức xạ, vào chiết suất  $n$  của môi trường và vào hệ số suy giảm  $k$  khi xuyên qua lớp vật liệu này. Nói một cách chặt chẽ thì  $n$  và  $k$  cũng phụ thuộc vào chiều dài sóng  $\lambda$ , nhưng trong ứng dụng năng lượng Mặt Trời thì các phụ thuộc này là không đáng kể nên có thể bỏ qua. Dưới đây ta sẽ lần lượt thiết lập các biểu thức định lượng khi bức xạ xuyên qua mặt phân cách giữa hai môi trường có chiết suất khác nhau.

#### 1. Hệ số phản xạ

Trước hết ta xét hiện tượng phản xạ xảy ra trên các bề mặt phân cách giữa hai môi trường tiếp xúc với nhau. Theo Fresnel thì hệ số phản xạ của bức xạ không phân cực đi từ môi trường một có chiết suất  $n_1$  qua môi trường hai có chiết suất  $n_2$  (h.2.1.2) sẽ xảy ra hiện tượng phân cực, và được xác định bằng biểu thức sau

Hình 2.1.2. Hiện tượng phản xạ qua hai môi trường.



$$\rho = \frac{I_r}{I_0} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)} + \frac{\operatorname{tg}^2(\theta_2 - \theta_1)}{\operatorname{tg}^2(\theta_2 + \theta_1)} \right] \quad (2.1.3)$$

trong đó,  $I_0$  - cường độ bức xạ tới của bức xạ Mặt Trời;  
 $I_r$  - cường độ bức xạ phản xạ trên bề mặt kính;  
 $\theta_1, \theta_2$  - tương ứng góc tới và góc khúc xạ.

Vì ánh sáng tự nhiên sau khi phản xạ sẽ trở thành ánh sáng phân cực, nên số hạng thứ nhất bên phải trong dấu ngoặc vuông (2.1.3) là thành phần vuông góc và số hạng thứ hai là thành phần song song của tia phân cực. Vì vậy, có thể coi hệ số phản xạ của ánh sáng tự nhiên là trung bình cộng của hệ số phản xạ của hai thành phần phân cực này.

Quan hệ giữa chiết suất môi trường 1 và 2 tương ứng là  $n_1, n_2$ , với các góc tới và góc khúc xạ  $\theta_1, \theta_2$  được liên hệ với nhau bởi biểu thức Snell sau đây

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad (2.1.4)$$

Như vậy, khi biết góc tới  $\theta_1$  và chiết suất  $n_1, n_2$  thì từ hai phương trình trên ta có thể tính được hệ số phản xạ trên mặt phân cách giữa hai môi trường này. Trong trường hợp đặc biệt khi tia tới trùng với phương pháp tuyến của mặt phản xạ thì  $\theta_1, \theta_2$  xấp xỉ bằng không, và phương trình (2.1.3) và (2.1.4) một cách gần đúng có thể viết là

$$\rho = \frac{I_r}{I_0} = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (2.1.5)$$

Nếu môi trường một là không khí  $n = 1$  thì phương trình (2.1.5) có dạng

$$\rho = \frac{I_r}{I_0} = \left( \frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} \right)^2 \quad (2.1.6)$$

**Ví dụ 2.1.1.** Tính hệ số phản xạ trên mặt kính khi góc tới bằng  $0^\circ$  và bằng  $60^\circ$ . Chiết suất của thủy tinh,  $n = 1,526$ .

**Giải:** Khi góc tới bằng  $0^\circ$  từ (2.1.3) ta có

$$\rho(0) = \left[ \frac{1,526 - 1,0}{1,526 + 1,0} \right]^2 = \left[ \frac{0,526}{1,526} \right]^2 = 0,04$$

Ứng với góc tới bằng  $60^\circ$  từ (2.1.4) tính được góc khúc xạ  $\theta_2$

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{\sin 60}{1,526}\right) = 34,47^\circ$$

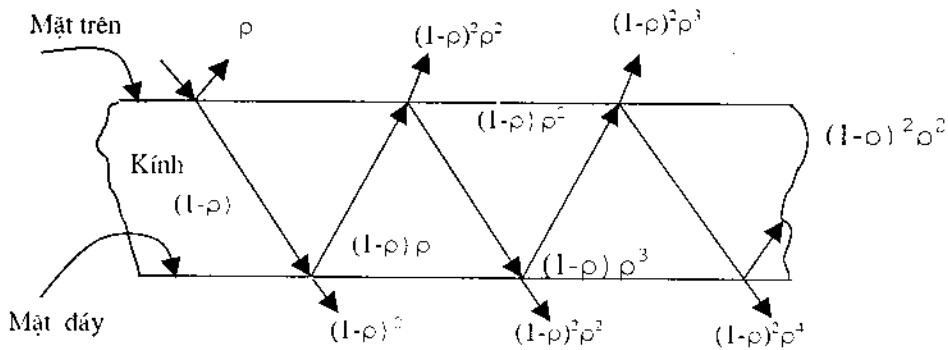
Từ phương trình (2.1.3) tính được hệ số phản xạ ứng với góc tới  $60^\circ$

$$\rho(60) = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(34,47 - 60)}{\sin \cdot (34,47 + 60)} + \frac{\text{tg}^2(34,47 - 60)}{\text{tg}^2(34,47 + 60)} \right] = \frac{1}{2} (0,1856 + 0,001) = 0,093$$

Kết quả trên cho thấy hệ số phản xạ thành phần lưỡng cực vuông góc bằng 0,1856, và thành phần lưỡng cực song song bằng 0,001. Giá trị trung bình hệ số phản xạ của ánh sáng tự nhiên bằng 0,093

## 2. Hệ số truyền qua

Trong các thiết bị thu bức xạ Mặt Trời thường được phủ bằng các loại vật liệu dạng tấm mỏng hoặc màng mỏng trong suốt. Cả hai loại đều có hai mặt phân cách (mặt trên và mặt dưới) với môi trường không khí, nên khi tính hệ số truyền qua cần phải loại bỏ phần bức xạ đã bị phản xạ trên cả hai mặt này (hình 2.1.3). Vì cả hai đều có hiện tượng phản xạ và làm tổn hao năng lượng.



Hình 2.1.3. Mô tả hiện tượng phản xạ từ mặt trên và mặt dưới của tấm kính.

Giả sử cường độ ban đầu của một tia bất kỳ là bằng đơn vị, ta thấy sau khi phản xạ từ mặt trên bị phản xạ một lượng là  $\rho$ , nên khi qua khỏi mặt phân cách hai môi trường (mặt trên) cường độ chỉ còn  $(1-\rho)$  và đến mặt đáy cũng bị phản xạ từ mặt dưới một lượng  $(1-\rho)\rho$ , và phần năng lượng qua được mặt đáy chỉ còn  $(1-\rho)^2$ . Phần còn lại sẽ phản xạ từ mặt đáy một lượng là  $(1-\rho)\rho$  rồi đến đập vào đáy của mặt trên và thoát ra môi trường  $(1-\rho)^2\rho^2$ , phần còn lại phản xạ trở về mặt dưới là  $(1-\rho)\rho^2$  v.v... cứ tiếp tục cho đến khi năng lượng chùm tia hoàn toàn bằng không thì kết thúc. Tổng cộng tất cả

các số hạng sau n lần phản xạ trên hai mặt phân cách này ta sẽ nhận được biểu thức có dạng cấp số cộng như sau:

- Nếu hệ chỉ có một lớp kính phủ thì hệ số truyền qua khi chưa kể đến hiện tượng hấp thụ của kính phủ là

$$\tau_{r,1} = (1 - \rho)^2 \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{2n} = \frac{(1 - \rho)^2}{(1 + \rho)^2} = \frac{1 - \rho}{1 + \rho} \quad (2.1.7)$$

- Nếu hệ có N lớp kính phủ cùng loại vật liệu và với cách làm tương tự ta rút ra được

$$\tau_{r,N} = \frac{(1 - \rho)}{1 + (2N - 1)\rho} \quad (2.1.8)$$

Biểu thức này chứa cả hai thành phần phân cực, nên khi tính toán hệ số truyền qua đối với ánh sáng tự nhiên cũng phải lấy giá trị trung bình của cả hai thành phần.

**Ví dụ 2.1.2.** Tính hệ số truyền qua của hệ hai tấm kính phủ ứng với các góc tới bằng  $0^\circ$  và bằng  $60^\circ$ .

**Giải.**

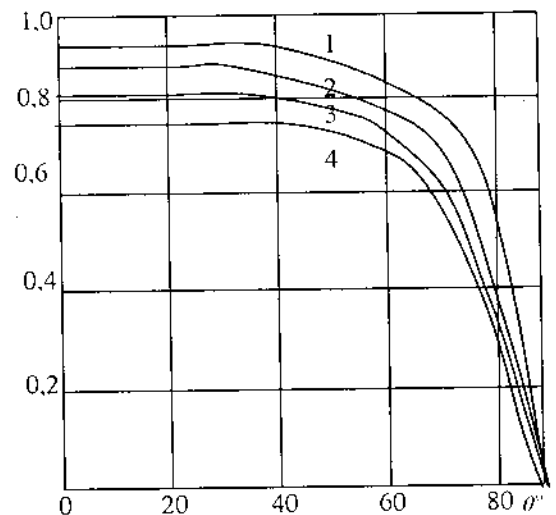
- Với góc tới bằng  $0^\circ$  của hệ N=2 tấm kính, ta dùng công thức (2.1.3) tính được  $\rho = 0,0434$ . Theo phương trình (2.1.8) ta tính được hệ số truyền qua khi góc tới bằng  $0^\circ$  là

$$\tau_r(0) = \frac{1 - 0,0434}{1 + 3(0,0434)} = 0,85$$

- Với góc tới bằng  $60^\circ$  hệ số phản xạ  $\rho$  đối với mỗi thành phần phân cực như đã tính ở bài tập (2.1.1) là  $\rho_{\perp} = 0,185$  và  $\rho_{\parallel} = 0,001$ . Theo phương trình (2.1.8) tính trung bình cho cả hai loại phân cực, thì nhận được hệ số truyền qua

$$\tau_r(60) = \frac{1}{2} \left[ \frac{1 - 0,185}{1 + 3(0,185)} + \frac{1 - 0,001}{1 + 3(0,001)} \right] = 0,76$$

Đối với kính có chiết suất trung bình  $n = 1,526$  thì công thức (2.1.8) có thể dùng để tính hệ số truyền qua cho toàn bộ



**Hình 2.1.4.** Khả năng truyền qua phụ thuộc số tấm kính và góc tới  $\theta$ .

phổ bức xạ Mặt Trời.

Trong trường hợp hệ có nhiều tấm phủ và góc tới thay đổi từ  $0^\circ$  đến  $90^\circ$  Hottel và Woertz đã cho kết quả của hệ số truyền qua như được mô tả bằng các đường cong phụ thuộc góc tới, với 4 tấm phủ như đã cho trên hình 2.1.4

### 3. Hệ số truyền qua có kể đến hấp thụ khi xuyên qua môi trường

Khi bức xạ truyền qua môi trường không hoàn toàn trong suốt sẽ bị vật hấp thụ một phần năng lượng. Khả năng hấp thụ bức xạ của một vật không hoàn toàn trong suốt được mô tả bằng định luật Bouguer. Định luật này dựa trên giả thiết là sự hấp thụ bức xạ tỷ lệ với cường độ định xứ  $I_0$  của môi trường và quãng đường  $dx$  mà bức xạ đi qua. Cường độ bức xạ nhận được tại một điểm bất kỳ sau khi đi qua một đoạn đường  $dx$  trong môi trường được xác định bằng biểu thức

$$dI = -I_0 k dx \quad (2.1.9)$$

trong đó,  $k$  là hệ số suy giảm của môi trường và được coi là hằng số đối với phổ bức xạ Mặt Trời. Sau khi lấy tích phân cả hai vế của phương trình (2.1.9) cho cả chiều dày  $l$  của tấm ta nhận được

$$\tau_\alpha = \frac{I_1}{I_0} = e^{-kl} \quad (2.1.10)$$

Giá trị của  $k$  phụ thuộc vào tính chất của vật liệu (đơn vị tính:  $\text{cm}^{-1}$ ). Ví dụ, kính có màu "xanh" (chứa hàm lượng  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  cao)  $k=0,4/\text{cm}$ ; Với kính trong  $k=0,32/\text{cm}$  ... Như vậy khi bức xạ truyền qua môi trường không hoàn toàn trong suốt thì năng lượng bị tổn hao không những do hiện tượng phản xạ mà còn do tính chất hấp thụ của môi trường, do đó hệ số truyền qua tấm có chiều dày  $l$  sẽ là tích số của hai biểu thức (2.1.8) và (2.1.10)

$$\tau = \tau_r \tau_\alpha \quad (2.1.11)$$

Hệ thức này chỉ thỏa mãn khi tích  $kl$  khá nhỏ, sao cho  $\tau_\alpha$  không khác quá xa đơn vị. Điều kiện này thường gặp trong các bộ thu bức xạ Mặt Trời.

**Ví dụ 2.1.3.** Tính hệ số truyền qua hai tấm kính có cùng chiều dày  $0,23\text{cm}$  của chùm tia bức xạ ứng với các góc tới  $0^\circ$  và  $60^\circ$ . Biết hệ số suy giảm  $k=0,161/\text{cm}$ .

**Giải.**

+ Độ suy giảm sau khi đi qua một tấm kính khi góc tới bằng  $0^\circ$ :

$$kl = 0,23 \times 0,161 = 0,037$$

+ Hệ số truyền qua đã bị suy giảm sau khi qua hai tấm kính là :

$$\tau_{\alpha(0)} = e^{-2 \times 0,037} = 0,93$$

+ Hệ số truyền qua có phản xạ trong ví dụ 2.1.2  $\tau_r(0) = 0,85$ .

+ Theo hệ thức (2.1.11) thì hệ số truyền qua toàn phần:

- ứng với góc tới  $\theta = 0^\circ$  là

$$\tau(0) = \tau_r(0)\tau_{\alpha}(0) = 0,85 \times 0,93 = 0,79$$

- ứng với góc tới  $\theta = 60^\circ$ , và kết quả từ ví dụ (2.1.1) cho góc khúc xạ  $\theta_2 = 34,57^\circ$

$$\tau_{\alpha}(0) = e^{-2(0,037) / \cos(34,57)} = 0,943$$

Và góc truyền qua toàn phần (với  $\tau_r = 0,76$  từ ví dụ 2.1.1) ta có

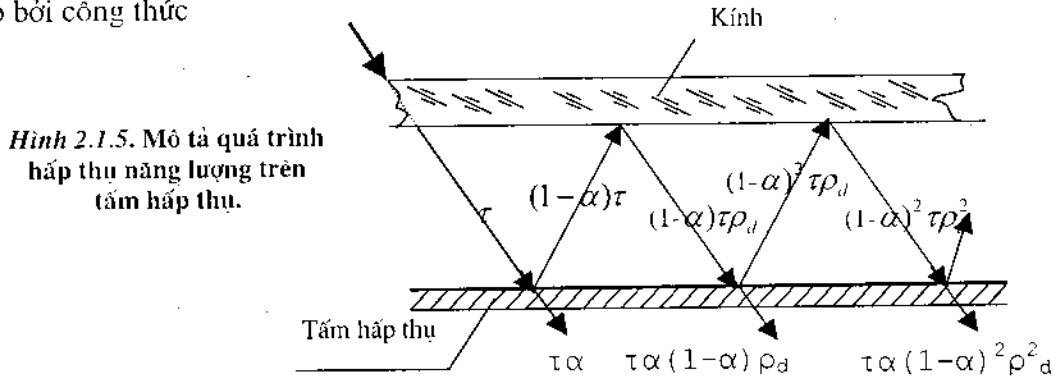
$$\tau(0) = \tau_r(60)\tau_{\alpha}(60) = 0,76 \times 0,94 = 0,717$$

#### 4. Hệ số hấp thụ tích hợp trên tấm hấp thụ

Khi phân tích một cách chi tiết quá trình hấp thụ của tấm hấp thụ trong một bộ thu bức xạ ta thấy rằng bức xạ Mặt Trời mà bộ thu hấp thụ nhận được chỉ là một phần năng lượng sau khi bức xạ đã xuyên qua hệ thống N tấm kính phủ, và được gọi là hệ số truyền qua  $\tau$  biểu thức (2.1.11).

Dưới đây ta sẽ khảo sát chi tiết quá trình xảy ra trong khoảng không gian giữa tấm hấp thụ và tấm kính phủ dưới cùng (hình 2.1.5).

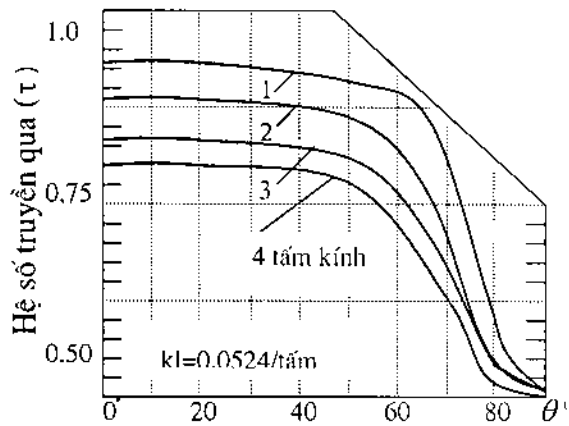
Giả sử khi một tia bức xạ sau khi xuyên qua hệ thống tấm phủ có hệ số truyền qua là  $\tau = \tau_{\alpha}\tau_r$ , và đập lên mặt tấm hấp thụ có hệ số hấp thụ  $\alpha$ , sẽ bị tấm hấp thụ hấp thụ một lượng xác định là  $\tau\alpha$ . Do tấm hấp thụ không phải là vật đen tuyệt đối nên phần còn lại  $(1-\alpha)\tau$  sẽ phản xạ ngược về phía đáy của tấm kính đáy dưới cùng, rồi lại bị phản xạ trở về tấm hấp thụ một lượng  $(1-\alpha)\tau\rho_d$ . Một lần nữa bị tấm hấp thụ nhận một phần năng lượng  $\tau\alpha(1-\alpha)\rho_d$ , phần còn lại  $(1-\alpha)^2\tau\rho_d$  sẽ phản xạ ngược lên phía trên, và cứ tiếp tục cho đến khi kết thúc hoàn toàn. Tổng tất cả n lần hấp thụ trên tấm hấp thụ được cho bởi công thức



$$(\tau\alpha) = \tau\alpha \sum_{n=0}^{\infty} [(1-\alpha)\rho_d]^n = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_d} \quad (2.1.12)$$

trong đó,  $(\tau\alpha)$  được gọi là *hệ số hấp thụ tích hợp* (hay *hấp thụ truyền qua*), và  $\rho_d$  là hệ số phản xạ từ mặt đáy của tấm đáy dưới cùng.

Để đơn giản trong việc tính toán đôi khi người ta dùng các đường cong cho trước để tìm ngay được hệ số truyền qua của hệ nhiều tấm kính. Ví dụ trên hình (2.1.6) cho các đường cong phụ thuộc góc tới của các bộ thu có nhiều tấm kính đáy ( $N=1,2,3,4$ ), mỗi tấm có độ suy giảm  $kl=0,0524$



Hình 2.1.6. Hệ số truyền qua phụ thuộc góc tới.

**Ví dụ 2.1.4.** Tính hệ số hấp thụ tích hợp  $(\tau\alpha)$  cho một bộ thu với ba lớp kính phủ, độ suy giảm của mỗi tấm  $kl=0,0524$ , hệ số hấp thụ của tấm hấp thụ  $\alpha=0,94$  (không khu thuộc phương) và góc tới của chùm tia bức xạ  $\theta=55^\circ$ .

**Giải.** Từ đường cong số 3 (hình 2.1.6) ứng với góc  $55^\circ$  ta xác định được  $\tau=0,57$ , từ (hình 2.1.4) ứng với  $55^\circ$  ta tìm được hệ số phản xạ  $\rho_d=(1,0-0,75)=0,25$ . Thay các giá trị này vào phương trình (2.2.12) ta có:

$$(\tau\alpha) = \frac{0,94 \times 0,57}{1 - (1 - 0,94) \times 0,25} = 0,5439 \approx 0,544$$

### 2.1.3. Chất hấp thụ

Chất hấp thụ trong kỹ thuật nhiệt sử dụng năng lượng Mặt Trời yêu cầu phải có hệ số hấp thụ  $\alpha$  cao và hệ số phát xạ  $\varepsilon$  hay độ đen bé. Các chất hấp thụ lựa chọn có cả hai tính chất trên, nhưng công nghệ chế tạo chúng phức tạp dẫn đến giá thành cao.

*1- Chất hấp thụ thường:* là chất hấp thụ khi ở cùng một nhiệt độ thì hệ số hấp thụ và hệ số phát xạ gần bằng nhau. Thí dụ, bột hóng trộn epôxy có  $\varepsilon=0,89$  và  $\alpha=0,96$ ,

sơn đen  $\varepsilon = 0,98$  và  $\alpha = 0,98$  v.v...

Trong kỹ thuật Mặt Trời chất hấp thụ thường dùng là sơn đen trộn thêm một số oxit kim loại hay bột kim loại để tăng độ nhám của bề mặt tấm hấp thụ, vừa có hệ số dẫn nhiệt tốt vừa tăng hệ số hấp thụ. Nhược điểm của sơn đen là độ dính bám không cao dễ bị bong, hay bị rạn nứt do dẫn nở nhiệt. Tuy vậy chất hấp thụ này vẫn được dùng rộng rãi trong các bộ thu phẳng để thu bức xạ Mặt Trời vì có giá thành rẻ.

2- *Chất hấp thụ lý tưởng và chất hấp thụ lựa chọn.* Chất hấp thụ lý tưởng là chất hấp thụ có thể hấp thụ toàn bộ năng lượng trong dải bước sóng của bức xạ Mặt Trời  $0,29 < \lambda < 3 \mu m$  và phát xạ yếu đối với bước sóng  $\lambda > 3 \mu m$  trong khoảng nhiệt độ từ  $50^{\circ}C$  -  $150^{\circ}C$ , là nhiệt độ thường đạt được trong các bộ thu phẳng.

Chất hấp thụ lựa chọn có các đặc tính gần với chất hấp thụ lý tưởng, nghĩa là có hệ số hấp thụ cao và hệ số phát xạ bé đối với phổ bức xạ Mặt Trời xác định, đặc biệt vẫn có hệ số phát xạ bé trong giải bước sóng hồng ngoại  $\lambda > 3 \mu m$ . Sử dụng chất hấp thụ lựa chọn có thể nâng cao hiệu suất bộ thu phẳng lên từ 10 - 15% so với chất hấp thụ thường. Bảng 2.1.1 cho biết một số chất hấp thụ lựa chọn, công nghệ chế tạo, hệ số hấp thụ  $\alpha$  và hệ số phát xạ  $\varepsilon$

**Bảng 2.1.1. Chất hấp thụ lựa chọn và cách chế tạo**

Chất hấp thụ lựa chọn và cách chế tạo	$\alpha$	$\varepsilon$
- "Nicken đen" chế tạo bằng cách phủ các lớp oxit và sunfit Ni và Zn trên giá nickel đánh bóng.	0,91-0,94	0,11
- "Nickel đen" với các lớp oxit và sunfit Ni và Zn phủ trên giá tôn tráng kẽm.	0,39	0,12
- CuO trên giá nickel	0,81	0,17
- CuO trên Al: chế tạo bằng cách phun dung dịch loãng $Cu(NO_3)_2$ lên tấm nhôm nóng và tiếp tục nung nóng đến khi khô.	0,93	0,11
- "Đồng đen" trên giá đồng: bằng cách phủ dung dịch NaOH và $NaClO_2$ lên giá đồng và sấy khô.	0,9	0,17
- CuO trên giá đồng anot hoá: bằng cách phun $Cu(NO_3)_2$ - $KMnO_4$ lên giá đồng và sấy khô.	0,85	0,11
- $Al_2O_3$ - Mo - $Al_2O_3$ - Mo - $Al_2O_3$ - Mo - $Al_2O_3$	0,91	0,085
- Tinh thể PbS trên giá nhôm	0,89	0,20



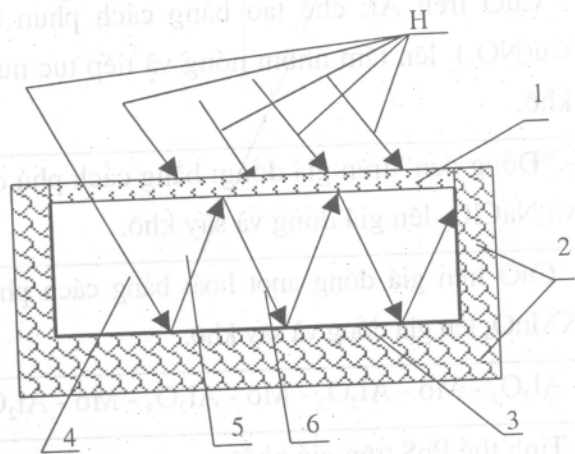
Ngoài ra các hệ số này còn phụ thuộc vào tính chọn lọc tùy thuộc vào bước sóng của chùm bức xạ tới, và vật liệu được sử dụng để làm tấm dày hoặc chất phủ trên mặt hấp thụ để tăng khả năng truyền qua hoặc hấp thụ bức xạ Mặt Trời. Ví dụ một chất nào đó có thể hấp thụ tốt đối với bước sóng này nhưng lại không hấp thụ đối với bước sóng khác. Cũng vậy đối với vật liệu làm tấm dày có thể cho qua tốt đối với bước sóng này nhưng lại ngăn cản đối với bước sóng khác. Kính xây dựng cũng là một loại vật liệu có tính chọn lọc tốt đối với bước sóng dài nên thường được dùng làm tấm dày cho bộ thu phẳng.

## §2.2. Hiệu ứng nhà kính

Nguyên lý "Hiệu ứng nhà kính" thường được ứng dụng trong kỹ thuật năng lượng nhiệt Mặt Trời. Nguyên lý hoạt động của hiệu ứng nhà kính được mô tả như sau: *phần lớn bức xạ Mặt Trời có bước sóng  $\lambda < 0,7\mu\text{m}$  có khả năng truyền qua được lớp kính phủ trong suốt, còn bức xạ có bước sóng  $> 0,7\mu\text{m}$  đều bị kính ngăn lại.* Tùy theo tính chất vật liệu và bề dày của lớp phủ trong suốt mà bức xạ Mặt Trời truyền qua được nhiều hay ít. Ta khảo sát một buồng kín hình hộp như mô tả trên hình 2.2.1. Mặt trên được dày bằng tấm kính (1), thành chung quanh và đáy làm bằng vật liệu cách nhiệt tốt (2), mặt trên của đáy được phủ một tấm kim loại sơn đen, dẫn nhiệt tốt, được gọi là tấm hấp thụ (3). Tia bức xạ Mặt Trời (H) sau khi xuyên qua tấm kính phủ đập lên bề mặt tấm hấp thụ, tấm này hấp thụ năng lượng bức xạ Mặt Trời và chuyển hoá thành nhiệt nung nóng tấm hấp thụ, khi đó nó trở thành nguồn nhiệt phát ra các tia bức xạ nhiệt thứ cấp (có bước sóng  $\lambda > 0,7\mu\text{m}$ ) hướng về mọi phía. Nhờ nhận liên tục các bức xạ Mặt Trời nên nó được nung nóng liên tục, và bức xạ nhiệt cũng phát ra liên tục. Những bức xạ nhiệt hướng lên phía trên bị kính ngăn lại (vì kính chỉ cho qua bức xạ có bước sóng ngắn  $\lambda < 0,7\mu\text{m}$ ). Các tia bức xạ nhiệt bị phản xạ trở về tấm hấp thụ và bị hấp thụ nên làm cho nó ngày càng nóng hơn. Các mặt đáy và các thành bên được cách nhiệt tốt nên giảm được lượng nhiệt bị truyền dẫn ra ngoài hộp, do đó năng lượng nhiệt được tạo ra từ

Hình 2.2.1\_Sơ đồ cấu tạo hộp bẫy nhiệt -"hiệu ứng nhà kính":

- H- bức xạ Mặt Trời;
- 1- tấm kính dày;
- 2- lớp cách nhiệt;
- 3- tấm hấp thụ;
- 4- tia vào có bước sóng ngắn;
- 5- tia nhiệt có bước sóng dài phát xạ từ tấm hấp thụ;
- 6- tia nhiệt bị phản xạ ngược về tấm hấp thụ.



bức xạ Mặt Trời hầu như bị "giam" trong hộp, giống như một cái bẫy nhiệt - (bức xạ Mặt Trời vào được nhưng bức xạ nhiệt không thể ra được). Đó là nguyên lý "hiệu ứng nhà kính". Nhiệt độ của tấm càng cao, phát xạ nhiệt từ mặt hấp thụ càng lớn. Trong khi đó năng lượng bên trong hộp trao đổi với môi trường chung quanh qua các quá trình truyền nhiệt do: dẫn nhiệt, bức xạ và đối lưu cũng tăng lên (vấn đề này sẽ được đề cập ở chương sau). Khi hộp liên tục nhận bức xạ Mặt Trời thì nhiệt độ bên trong hộp ngày càng cao đồng thời nhiệt mất cho môi trường chung quanh càng nhiều. Cho tới khi năng lượng mà tấm hấp thụ nhận được từ bức xạ Mặt Trời cân bằng với năng lượng mất mát ra môi trường chung quanh thì trạng thái cân bằng năng lượng trong hộp được thiết lập. Khi đó nhiệt độ bên trong hộp và tấm hấp thụ có thể đạt đến từ 130°C đến 150°C, Theo lý thuyết thì nhiệt độ có thể đạt đến 180°C. Trong các chương sau chúng ta sẽ đề cập đến một vài ứng dụng hiệu ứng nhà kính để thiết kế chế tạo các bộ thu phẳng trong các thiết bị sấy và đun nước nóng bằng năng lượng Mặt Trời.

## Câu hỏi ôn tập và bài tập chương 2

### Câu hỏi

1. Định nghĩa các hệ số phản xạ, truyền qua và hấp thụ. Vật như thế nào được gọi là vật mờ.
2. Vẽ hình mô tả quá trình phản xạ của một tia bức xạ khi chiếu lên một tấm kính có hệ số phản xạ  $\rho$ , và viết các giá trị còn lại của cường độ tia bức xạ sau mỗi lần phản xạ từ mặt trên và mặt đáy của tấm kính, từ đó thiết lập biểu thức (2.1.7). Coi cường độ bức xạ tới ban đầu bằng đơn vị.
3. Vẽ hình mô tả quá trình hấp thụ của một bề mặt có hệ số hấp thụ  $\alpha$ , đặt dưới tấm kính có hệ số phản xạ  $\rho_d$ , ghi các giá trị còn lại của tia bức xạ sau mỗi lần hấp thụ và phản xạ, từ đó thiết lập biểu thức (2.1.12). Cho biết cường độ của tia bức xạ ban đầu sau khi xuyên qua tấm kính là  $\tau$ .
4. Vẽ sơ đồ mô tả nguyên lý hoạt động của hiệu ứng nhà kính và nêu những ứng dụng của hiệu ứng này trong thực tế.

### Bài tập

1. Tính hệ số phản xạ của bề mặt một tấm kính với các góc tới bằng  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ ?. Biểu diễn đường cong phụ thuộc hệ số phản xạ vào góc tới?. Biết chiết suất của kính  $n=1,526$ .
2. Tính hệ số truyền qua  $\tau$  của hệ hai tấm kính, chiều dày của mỗi tấm là  $0,5\text{cm}$ , hệ số suy giảm  $k=0,175/\text{cm}$ , và hệ số phản xạ  $\rho=0,85$ , với các góc tới bằng  $30^\circ, 45^\circ$  và bằng  $60^\circ$ ?.
3. Tính hệ số tích hợp hấp thụ truyền qua ( $\tau\alpha$ ) của hệ gồm kính có hệ số phản xạ  $\rho_d = 0,875$  và một mặt hấp thụ có hệ số hấp thụ  $\alpha=0,94$ ?. Biết sau khi qua kính thì hệ số truyền qua  $\tau=0,860$ .
4. Tính hệ số hấp thụ truyền qua ( $\tau\alpha$ ) khi chiếu một chùm tia góc tới bằng  $54^\circ$  lên một hệ gồm: 2 tấm kính có chiều dày mỗi tấm  $0,4\text{cm}$ , hệ số suy giảm  $k=0,161/\text{cm}$ , hệ số phản xạ  $\rho_d=0,85$ , chiết suất của kính  $n=1,526$  và một tấm phẳng có hệ số hấp thụ  $\alpha=0,95$ ?.

### Chương 3

## SỰ TRUYỀN VÀ TRAO ĐỔI NHIỆT GIỮA CÁC VẬT

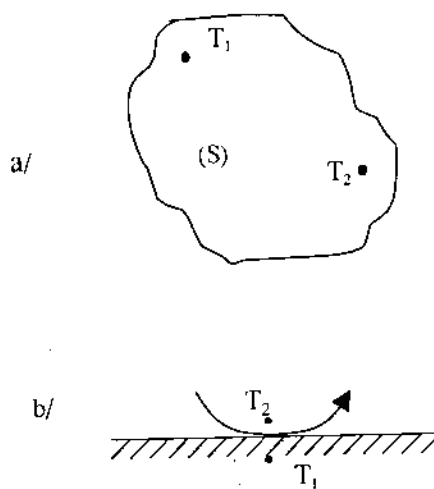
### §3.1. Phân loại các dạng truyền nhiệt

Sự truyền nhiệt có thể xảy ra trong môi trường vật chất hoặc trong chân không dưới dạng sóng điện từ. Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu các quá trình truyền và trao đổi nhiệt trong các môi trường này.

#### 3.1.1. Sự truyền nhiệt trong môi trường vật chất

1- *Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt.* Ta xét một vật rắn (S) cách nhiệt với môi trường chung quanh (hình 3.1.1a). Giả sử lúc đầu nhiệt độ tại mỗi điểm khác nhau là khác nhau. Ví dụ, tại hai điểm bất kỳ có nhiệt độ  $T_1$  và  $T_2$  với  $T_1 > T_2$ . Nhưng sau đó ta nhận thấy vùng có nhiệt độ cao giảm xuống, và vùng có nhiệt độ thấp tăng lên, cho đến khi nhiệt độ tại mọi điểm trong vật thể đồng đều  $T_1 = T_2$ . Người ta gọi hiện tượng này là *Sự truyền nhiệt trong môi trường rắn do hiện tượng dẫn nhiệt*. Nhiệt từ vùng nóng có nhiệt độ cao truyền đến vùng lạnh có nhiệt độ thấp.

2- *Truyền nhiệt do đối lưu.* Giả sử một bức tường có nhiệt độ trung bình  $T_1$  và chất lỏng (hoặc khí) tiếp xúc với tường có nhiệt độ  $T_2$ , Giả sử  $T_1 > T_2$  (hình 3.1.1b). Sau một thời gian người ta thấy rằng nếu giữ nhiệt độ của bức tường không đổi, thì nhiệt độ của môi trường chất lỏng tăng dần. Đầu tiên nhiệt độ phần chất lỏng tiếp xúc với tường tăng, tiếp theo nhiệt độ của các lớp chất lỏng ở xa bức tường cũng tăng dần lên. Nếu lượng chất lỏng không thay đổi thì sau một thời gian nhiệt độ của tường và cả khối chất lỏng sẽ bằng nhau. Sự truyền nhiệt trong môi trường chất lỏng trong trường hợp này được định nghĩa là *sự truyền nhiệt do hiện tượng đối lưu*. Hiện tượng truyền nhiệt giữa bức tường và khối chất lỏng được gọi là *sự trao đổi nhiệt*



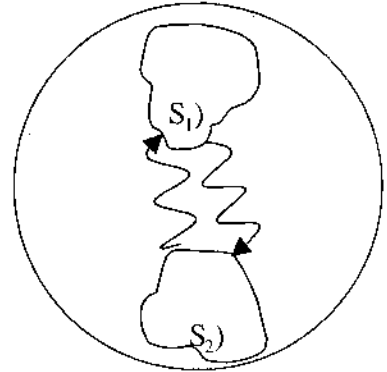
Hình 3.1.1. Môi trường dẫn nhiệt:  
a- bằng dẫn nhiệt; b- bằng đối lưu.

hay sự toả nhiệt từ bề mặt. Quá trình truyền nhiệt trong khối chất lỏng xảy ra một cách tự nhiên dưới tác động của chuyển động nhiệt phân tử, được gọi là quá trình *đối lưu tự nhiên*. Trong trường hợp có sự tác động của ngoại lực như bơm hay quạt hút, thối thì được gọi là *đối lưu cưỡng bức*.

*Đối lưu tự nhiên* là do chuyển động nhiệt hỗn loạn của các phân tử của chất lỏng (hoặc khí) giữa các vùng có nhiệt độ khác nhau (vùng ở sát tường có nhiệt độ cao) sẽ khuếch tán vào nhau (vùng ở xa tường có nhiệt độ thấp), làm cho nhiệt độ mọi chỗ trong khối chất lỏng trở nên đồng đều hơn và có nhiệt độ như nhau. Nếu trong cùng một loại chất lỏng mà lớp dưới có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của các lớp trên thì do khối lượng riêng của khối nước nóng nhỏ hơn khối lượng riêng của khối nước lạnh, nên khối nước nóng sẽ "tự nổi" lên trên còn khối nước lạnh "bị chìm" xuống phía dưới. Do đó trong lòng khối chất lỏng hình thành dòng chảy tuần hoàn dưới tác dụng của độ chênh trọng lực giữa các khối nước.

### 3.1.2. Sự truyền nhiệt trong chân không - trao đổi nhiệt do bức xạ

Nếu ta đặt hai vật  $S_1$  có nhiệt độ  $T_1$  và  $S_2$  có nhiệt độ  $T_2$  vào trong một bình chân không được cách nhiệt tốt đối với môi trường xung quanh. Giả sử nhiệt độ ban đầu của hai vật tương ứng  $T_1 > T_2$ , (hình 3.1.2). Ta cũng thấy nhiệt độ  $T_1$  của vật  $S_1$  giảm dần, còn nhiệt độ  $T_2$  của vật  $S_2$  thì tăng dần, cho đến khi cả hai vật cân bằng ở nhiệt độ  $T$ , tức là  $T_1 > T > T_2$ . Ở đây ta thấy sự trao đổi năng lượng dưới dạng nhiệt giữa các vật vẫn xảy ra được trong chân không. Quá trình trao đổi nhiệt này không thông qua vật dẫn nhiệt, nghĩa là không cần môi trường vật chất, mà là thông qua bức xạ điện từ, nên được gọi là *truyền nhiệt* (hay *trao đổi nhiệt giữa hai vật*) *do bức xạ*.



Hình 3.1.2. Trao đổi nhiệt trong chân không.

## §3.2. Các định luật cơ bản trong các quá trình truyền nhiệt

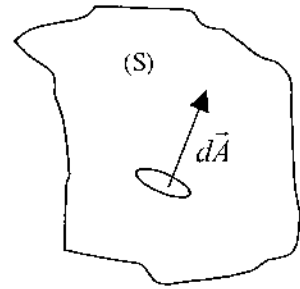
### 3.2.1 Sự truyền nhiệt do dẫn nhiệt

1. Trường hợp tổng quát. Giả sử có một vật (S) bất kỳ không đồng nhất về nhiệt độ. Trên bề mặt của S ta tách ra một diện tích nguyên tố  $dA$  hình (3.2.1). Nếu có lượng nhiệt  $dQ$  truyền qua diện tích  $dA$  trong thời gian  $dt$ .

Theo định luật Fourier ta xác định được

$$dQ = - \text{grad}T \cdot d\vec{A} \cdot dt \quad (3.2.1)$$

Ở đây,  $-\lambda$  là hệ số dẫn nhiệt của vật (S), được đo bằng đơn vị ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ),  $\lambda$  phụ thuộc vào bản chất của vật, giá trị  $\lambda$  tăng khi nhiệt độ tăng, dấu trừ chỉ rõ nhiệt độ truyền từ vùng có nhiệt độ cao đến vùng có nhiệt độ thấp;  $\text{grad}T$  là gradian nhiệt độ theo phương truyền nhiệt, nó là một đại lượng vectơ. Trong quá trình truyền nhiệt thường có liên quan đến khái niệm *thông lượng nhiệt*.



Hình 3.2.1. Hiện tượng truyền nhiệt do dẫn nhiệt.

Tích số  $\lambda \times \text{grad}T$  được gọi là *mật độ thông lượng*. Đó là nhiệt lượng truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền nhiệt, và được viết dưới biểu thức

$$\vec{\Phi} = -\lambda \cdot \text{grad}T \quad (3.2.2)$$

2- Định nghĩa về phương trình truyền nhiệt và độ dẫn nhiệt. Từ lý thuyết truyền nhiệt người ta đưa ra các phương trình truyền nhiệt dưới dạng vi phân sau đây

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{C\rho} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (3.2.3)$$

Đặt  $\frac{\lambda}{C\rho} = a$  và được gọi là *hệ số dẫn nhiệt độ*, ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

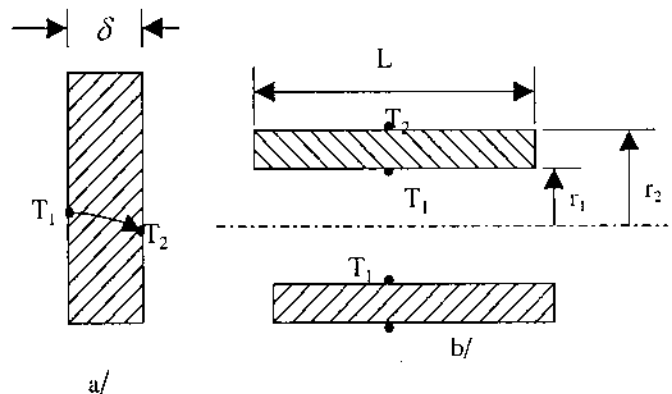
trong đó,  $\lambda$  – là hệ số dẫn nhiệt, ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ );

$C$  - nhiệt dung đẳng áp của vật, ( $\text{kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ );

$\rho$  – khối lượng riêng của vật, ( $\text{kg/m}^3$ ).

Nếu quá trình xảy ra trong trạng thái dừng (nhiệt độ của các nguồn không thay đổi theo thời gian), ta có  $\frac{dT}{dt} = 0$ . Từ đó có thể suy ra được các công thức ngắn gọn dùng

để tính nhiệt lượng  $q$  trong một số trường hợp cụ thể sau đây (hình 3.2.2)



Hình 3.2.2. Các phương pháp truyền nhiệt:

a- dẫn nhiệt qua một bức tường; b- dẫn nhiệt qua thành hình trụ rỗng.

a- Đối với một bức tường phẳng (hình 3.2.2a), chiều dày  $\delta$ , nhiệt độ trên hai bề mặt tường  $T_1$  và  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ), hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$ , thì năng lượng truyền qua tường trên một diện tích  $A$ , trong thời gian  $t$  là

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (T_1 - T_2) At \quad (3.2.4)$$

b- Đối với hình trụ bán kính  $r_1$  và  $r_2$  tương ứng (hình 3.2.2b), nhiệt độ của thành trong và thành ngoài hình trụ phân bố tuyến tính thì biểu thức (3.2.4) có dạng

$$q = \frac{2\pi\lambda(T_1 - T_2)At}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (3.2.5)$$

### 3.2.2. Sự truyền nhiệt do đối lưu

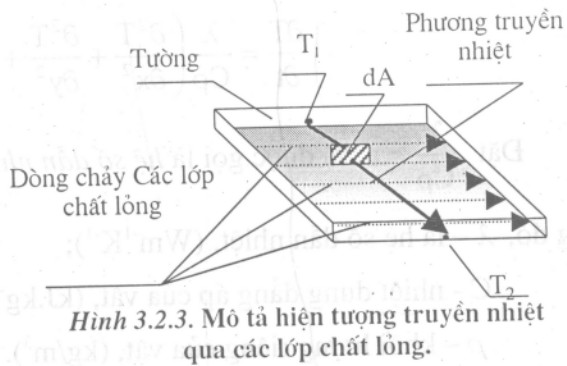
1- Trường hợp tổng quát. Giả sử cho một chất lỏng có nhiệt độ  $T_2$  chuyển động dọc giữa hai bức tường có nhiệt độ  $T_1$  và  $T_2$ , với  $T_1 > T_2$  (hình 3.2.3). Ta nhận thấy nhiệt độ của các lớp chất lỏng bị thay đổi. Lớp chất lỏng sát bề mặt tường có nhiệt độ cao hơn các lớp liên kế bên ngoài nó. Lớp ở càng xa nhiệt độ càng giảm, tạo ra một gradien nhiệt độ theo phương vuông góc với dòng chảy. Do đó xảy ra quá trình truyền nhiệt qua miền biên giới giữa thành và chất lỏng. Theo định luật Newton ta có thể xác định được nhiệt lượng  $dQ$  truyền qua diện tích  $dA$  trong thời gian  $dt$  bằng biểu thức sau:

$$dQ = h_c(T_1 - T_2) dA dt \quad (3.2.6)$$

Giả sử trong toàn diện tích  $A$  của một lớp chất lỏng song song với tường có nhiệt độ như nhau, sau khi lấy tích phân về phải phương trình (3.2.6) theo  $dT$  và  $dt$  ta được

$$Q = Ah_c(T_1 - T_2)t \quad (3.2.7)$$

Trong đó,  $h_c$  là hệ số trao đổi nhiệt đối lưu hay còn gọi là hệ số đối lưu, đơn vị ( $W.m^{-2}.K^{-1}$ ),  $h_c$  phụ thuộc đáng kể vào bản chất của chất lỏng, đặc biệt là độ nhớt, vào vận tốc chất lỏng, trạng thái dòng chảy (chảy tầng hay chảy rối), vào nhiệt độ của bề mặt thành và nhiệt độ ban đầu của chất lỏng.



Hình 3.2.3. Mô tả hiện tượng truyền nhiệt qua các lớp chất lỏng.

Nếu chất lỏng là dòng không khí (gió tự nhiên) chuyển động với vận tốc  $V$  tiếp xúc trực tiếp với thành ngoài thì hệ số trao đổi nhiệt giữa bề mặt thành với không khí được xác định bởi biểu thức thực nghiệm sau

$$h_v = 5,7 + 3,8V \quad (3.2.8)$$

2- Các tiêu chuẩn để xác định hệ số trao đổi nhiệt đối lưu

Như đã nói ở trên, hiện tượng trao đổi nhiệt do đối lưu phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố như: nhiệt độ chất lỏng; trạng thái của dòng chảy (chảy rối hay chảy tầng, phương truyền nhiệt, hướng truyền nhiệt, vận tốc dòng chảy, độ nhớt của chất tải nhiệt, v.v...). Việc xác định hệ số trao đổi nhiệt  $h_c$  cho từng trường hợp này rất phức tạp. Từ các kết quả thực nghiệm năm 1954 người ta đã đưa ra các hệ thức liên hệ giữa các yếu tố đã nêu gồm các thông số: về cấu tạo hình học của dòng chảy, cũng như các tính chất của chất tải nhiệt, v.v... và được gọi là các đại lượng không thứ nguyên, hay còn gọi là các tiêu chuẩn đặc trưng cho dòng chảy, như: tiêu chuẩn Nusselt ( $Nu$ ), tiêu chuẩn Reynolds ( $Re$ ), và tiêu chuẩn Grashof ( $Gr$ ) theo các biểu thức dưới đây:

a- Tiêu chuẩn Nusselt ( $Nu$ ) được định nghĩa bằng biểu thức

$$Nu = \frac{hL}{k} \quad (3.2.9)$$

b- Tiêu chuẩn Grashof ( $Gr$ ) được định nghĩa bằng biểu thức

$$Gr = \frac{g\chi\Delta TL^3}{\nu^2} \quad (3.2.10)$$

c- Tiêu chuẩn Reynolds được định nghĩa bằng biểu thức

$$Re = \frac{\omega L}{\nu} \quad (3.2.11)$$

trong đó,  $h$  - hệ số trao đổi nhiệt đối lưu, ( $W.m^{-2}.K^{-1}$ );

$L$  - khoảng cách các tấm giữa hai thành chứa dòng chảy, (m);

$k$  - hệ số dẫn nhiệt, ( $W.m^{-1}.K^{-1}$ );

$g$  - gia tốc trọng trường, ( $m/s^2$ );

$\chi$  - hệ số dẫn nở thể tích vì nhiệt của chất lỏng, ( $K^{-1}$ );

$\Delta T$  - chênh lệch nhiệt độ giữa hai tấm, (K);

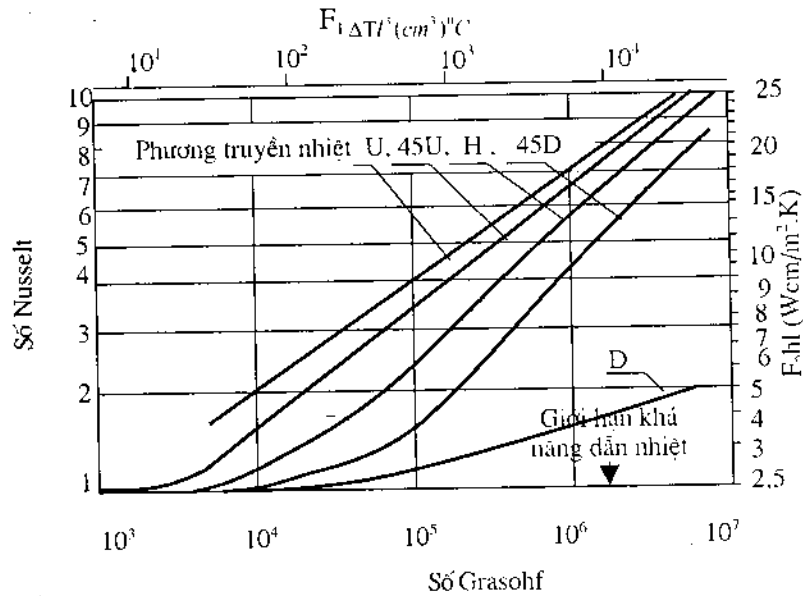
$\nu$  - độ nhớt động học của chất lỏng, ( $m^2.s^{-1}$ );

$\omega$  - vận tốc dòng chảy của chất lỏng, (m/s).



Từ các biểu thức (3.2.9), (3.2.10) và (3.2.11) ta thấy các số Nu, Gr và Re đều là các đại lượng không thứ nguyên. Trong trường hợp trao đổi nhiệt giữa hai tấm phẳng song song có thể coi số Nu tỷ lệ với  $L/k$  (gọi là nhiệt trở thuần) và tỷ lệ với  $l/h$  (nhiệt trở đối lưu), nên có thể viết lại biểu thức (3.2.9)

$$Nu = \frac{L/k}{l/h} \quad (3.2.9)'$$



Hình 3.2.4. Số Nu phụ thuộc vào số Gr trong trường hợp đối lưu tự nhiên giữa hai tấm phẳng song song.

Ta biết rằng, trong thực tế các bộ thu phẳng thường được đặt trên một mặt phẳng nghiêng  $\beta$  bất kỳ so với mặt phẳng nằm ngang, độ lớn của góc nghiêng  $\beta$  tùy thuộc vào vĩ tuyến nơi đặt bộ thu. Cả lý thuyết và thực nghiệm cho thấy góc nghiêng có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình trao đổi nhiệt bằng đối lưu. Trong thực tế đối với chất tải nhiệt là chất khí thì người ta nhận thấy tiêu chuẩn Nu phụ thuộc nhiều vào độ nghiêng của các tấm, phương chiều của thông lượng nhiệt, và vào trạng thái của dòng chảy (chảy tầng hay chảy rối). như được mô tả bằng đồ thị (hình 3.2.4). Ở đây tiêu chuẩn Nu được xem như là một hàm phụ thuộc vào tiêu chuẩn Grashof ứng với năm độ nghiêng khác nhau (tương ứng với các phương truyền thông lượng nhiệt khác nhau). Ngoài ra trên trục tung bên phải (hình 3.2.4) biểu thị giá trị tích số  $F_2 h / (\text{cm}^2 \cdot \text{K})$ .

\* Các ký hiệu trên hình 3.2.4:

U - thông lượng nhiệt hướng từ dưới lên theo phương thẳng đứng;

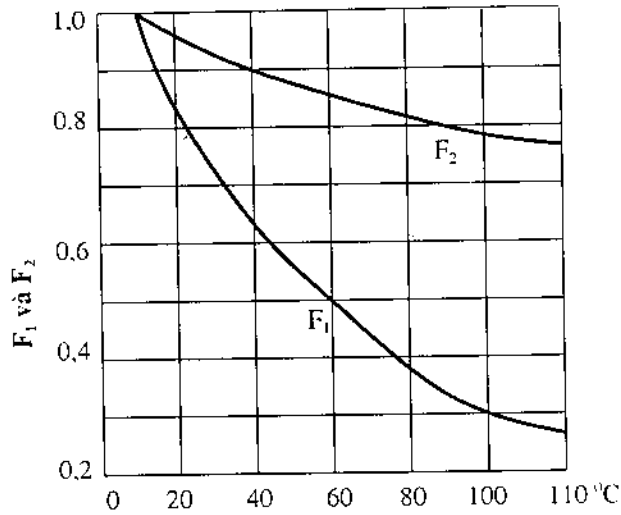
45U - thông lượng nhiệt hướng từ dưới lên theo phương 45°;

H - thông lượng nhiệt hướng theo phương nằm ngang;

45D - thông lượng nhiệt hướng từ trên xuống theo phương 45<sup>0</sup>;

D - thông lượng nhiệt hướng từ trên xuống theo phương thẳng đứng.

Về ý nghĩa vật lý thì  $F_2$  chính là tỉ số hệ số dẫn nhiệt của khối không khí ở 10<sup>0</sup>C và ở nhiệt độ khác 10<sup>0</sup>C. Trên trục hoành (hình 3.2.4) phía trên có ghi giá trị  $F_1 \Delta T / l^3$  (cm<sup>3</sup>)K, ở đây  $F_1$  là tỉ số của  $\chi / \nu^2$ . Các đồ thị trên được xây dựng trên cơ sở chênh lệch nhiệt độ trung bình giữa hai tấm bằng 10<sup>0</sup>C, nếu nhiệt độ trung bình khác 10<sup>0</sup>C thì phải tra từ đường cong  $F_2$  (hình 3.2.5) theo giá trị của nhiệt độ thực. Như vậy, để tìm giá trị của số Nu (3.2.9) ở nhiệt độ bất kỳ khác 10<sup>0</sup>C ta phải biết tích  $hl^*$  ở



Hình 3.2.5. Đường cong  $F_1, F_2$  phụ thuộc nhiệt độ thực tế.

nhiệt độ T. Muốn vậy, ta chia tích số  $F_2 hl^*$  cho  $F_2$  ở nhiệt độ này.  $F_2$  sẽ tìm được trên trục tung bên phải của đồ thị hình 3.2.5. Để xác định số Gr (3.2.10) ở nhiệt độ khác 10<sup>0</sup>C ta phải biết tích  $\Delta T / l^3$  (cm<sup>3</sup>)K. Để tìm  $\Delta T / l^3$  ở nhiệt độ khác 10<sup>0</sup>C ta phải chia  $F_1 \Delta T / l^3$  cho  $F_1$ . Ở đây  $F_1$  là tỉ số của  $\chi / \nu^2$  ở nhiệt độ đang xét và nhiệt độ 10<sup>0</sup>C. Giá trị  $F_1$  sẽ tìm thấy trên hình 3.2.5 ở nhiệt độ này (xem ví dụ 3.1).

**Chú ý!** trong các công thức trên đây "L" lấy đơn vị (m) còn ở đây "l" lấy đơn vị (cm).

Ngoài ra để xác định số Nu phụ thuộc vào số Gr Tabor còn đưa ra các công thức thực nghiệm sau đây tương ứng với các trường hợp phương truyền thông lượng nhiệt khác nhau:

\* Các mặt phẳng nằm ngang, hướng truyền nhiệt từ dưới lên trên,  $10^4 < Gr < 10^7$

$$Nu = 0,152(Gr)^{0,281} \quad (3.2.12)$$

\* Các mặt phẳng đặt nghiêng 45<sup>0</sup>, nhiệt truyền từ dưới lên trên,  $10^4 < Gr < 10^7$

$$Nu = 0,093(Gr)^{0,310} \quad (3.2.13)$$

\* Các mặt phẳng đặt thẳng đứng,  $1,5 \cdot 10^5 < Gr < 10^7$

$$Nu = 0,062(Gr)^{0,327} \quad (3.2.14)$$

\* Các mặt phẳng đặt thẳng đứng ,  $1,5 \cdot 10^4 < Gr < 1,5 \cdot 10^5$

$$Nu = 0,33(Gr)^{0,381} \quad (3.2.15)$$

Các công thức (từ 3.2.12 đến 3.2.15) người ta tính cho nhiệt độ chất tải  $10^\circ\text{C}$ . Để thuận tiện cho tính toán từ các phương trình trên suy ra các biểu thức hệ số đối lưu ở  $10^\circ\text{C}$  phụ thuộc nhiệt độ, tương ứng với mỗi trường hợp trên là

$$h_{10} = 1,613 \frac{(\Delta T)^{0,281}}{l^{0,157}} \quad (3.2.12)'$$

$$h_{10} = 1,14 \frac{(\Delta T)^{0,310}}{l^{0,070}} \quad (3.2.13)'$$

$$h_{10} = 0,82 \frac{(\Delta T)^{0,327}}{l^{0,019}} \quad (3.2.14)'$$

$$h_{10} = 0,57 \frac{(\Delta T)^{0,381}}{l^{-0,148}} \quad (3.2.15)'$$

Trong đó,  $h(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;  $\Delta T(\text{K})$ ;  $l(\text{cm})$ .

Khi chất tải nhiệt có nhiệt độ  $T \neq 10^\circ\text{C}$  thì dùng phương trình hiệu chỉnh sau:

$$h_T = h_{10}[1 - 0,0018(\bar{T} - 10)] \quad (3.2.16)$$

ở đây,  $\bar{T}$  - nhiệt độ trung bình của hai tấm.  $\bar{T} = (T_1 + T_2)/2$

Đối với chất tải nhiệt là chất lỏng chảy theo mọi góc nghiêng  $\beta$  và khi  $Gr > 2 \cdot 10^5$  thì theo Dropkin và Somerscale (1965), tiêu chuẩn Nu được xác định bằng biểu thức:

$$Nu = [0,069 - 0,020\left(\frac{\beta}{90}\right)]Gr^{1/3} \cdot (Pr)^{0,074} \quad (3.2.17)$$

trong đó,  $Pr = \frac{\nu}{a}$  gọi là tiêu chuẩn Prandtl,  $a$  - hệ số dẫn nhiệt độ ( $\text{m}^2/\text{K}$ ).

Khi áp dụng công thức này cho trường hợp chất tải nhiệt là khí, ta có thể bỏ qua tiêu chuẩn  $(Pr)$  vì tiêu chuẩn này phụ thuộc không đáng kể vào nhiệt độ. Khi đó (3.2.17) sẽ là

$$Nu = [0,060 - 0,017\left(\frac{S}{90}\right)]Gr^{1/3} \quad (3.2.18)$$

**Ví dụ 3.1.** Tìm hệ số trao đổi nhiệt  $h_c$  giữa hai tấm phẳng song song đặt cách nhau 2,5cm, nghiêng một góc  $45^\circ$ , nhiệt độ tấm dưới  $70^\circ$ , nhiệt độ tấm trên  $50^\circ\text{C}$ ?

**Giải.** Bằng hai phương pháp:

*a-1 Tra đồ thị.* Với nhiệt độ trung bình của hai tấm  $\bar{T} = 60^\circ\text{C}$ . Từ đồ thị (hình 3.2.5) ta xác định được  $F_1 = 0,49$  và  $F_2 = 0,86$  thay các giá trị trên vào biểu thức

$$F_1 \Delta T l^3 = 0,49 (70-50) \times (2,5)^3 = 153 \text{cm}^3 \cdot \text{độ}$$

và từ đường cong 45D (hình 3.2.4) tìm được giá trị của  $F_2 h_c l = 5,3$ , từ đó tính được

$$h_c = \frac{F_2 h_c l}{F_2 l} = \frac{5,3}{0,86 \times 2,5} = 2,4 \text{ W/m} \cdot \text{độ}$$

*b)-Tính trực tiếp.* Từ công thức (3.2.13)' và (3.2.16) ta tính được

$$h_r = 1,14 \left( \frac{20^{0,31}}{2,5^{0,07}} \right) [1 - 0,0018(60-10)] = 2,61 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$$

Kết quả nhận được từ hai phương pháp trên có khác nhau một ít, sai số tương đối 8,7% là có thể chấp nhận được. Trong cách tính *a/* cho giá trị bé hơn, nhưng vẫn có thể dùng trong trường hợp không có máy tính, mà phải tính tay.

Trong chế độ chảy rối, không khí bị nung nóng từ tấm dưới thì số Nu được tính từ công thức thực nghiệm sau

$$\text{Nu} = 0,0158(\text{Re})^{0,8} \quad (3.2.19)$$

Trong đó Re - tiêu chuẩn (hay số) Reynolds, được xác định bằng công thức

$$\text{Re} = \frac{\dot{m} D_H}{\mu} = \frac{\rho v D_H}{S_A \mu} \quad (3.2.20)$$

trong đó,  $\dot{m}$  - lưu lượng của chất lỏng ( $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ );

$v$  - vận tốc dòng chảy, ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ );

$\mu$  - độ nhớt động lực, ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ );

$D_H$  - đường kính thủy động, (m);

$\rho$  - khối lượng riêng của chất lỏng, ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

Đối với dòng khí chảy rối hoàn toàn thì số Nu được chọn là

$$\text{Nu} = 0,0022(\text{Re})^{0,8} (\text{Pr})^{0,6} \quad (3.2.21)$$

Đối với chất lỏng số Pr nằm trong khoảng  $1,0 < \text{Pr} < 20$  thì

$$\text{Nu} = 0,015(\text{Re})^{0,83} (\text{Pr})^{0,5} \quad (3.2.22)$$

Tuy nhiên trong các thiết bị sử dụng năng lượng Mặt Trời, thường chiều dài của ống không lớn, dòng chảy chưa đạt đến chế độ chảy rối hoàn toàn thì dùng phương trình sau

$$Nu = \frac{Re \cdot Pr \cdot D}{4L} \ln \left[ 1 - \frac{2,654}{(Pr)^{0,167} (Re \cdot Pr \cdot D / L)^{0,5}} \right]^{-1} \quad (3.2.23)$$

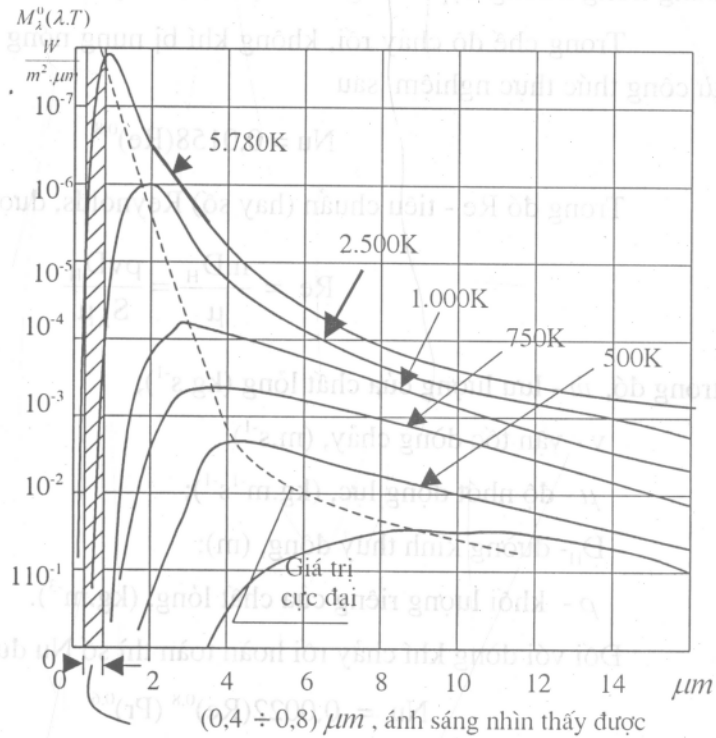
trong đó,  $D$  là đường kính ống, (m);  $L$ -chiều dài ống, (m).

Công thức này chỉ áp dụng cho loại ống có tỷ lệ  $L/D < 0,0048Re$ . Nếu là tấm phẳng thì tỷ số  $L/D_H$  phải nhỏ hơn  $0,0021Re$ . Ở đây  $D_H$  là đường kính thủy động của kênh dẫn.

Hệ số tổn thất nhiệt ở mặt ngoài tiếp xúc với gió thì hệ số trao đổi nhiệt đối lưu  $h$  ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ), trong trường hợp này ta có thể áp dụng hệ thức thực nghiệm được đưa ra bởi Mc. Adams phụ thuộc và tốc độ gió theo biểu thức (3.2.8)

### 3.2.3. Truyền nhiệt bằng bức xạ

Tất cả các vật có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tuyệt đối đều phát ra xung quanh một năng lượng dưới dạng bức xạ nhiệt. Hiện tượng này được gọi là sự phát xạ nhiệt. Phổ bức xạ phụ thuộc bước sóng của bức xạ và nhiệt độ của vật phát xạ. Phổ bức xạ Mặt Trời khi ở bên ngoài lớp khí quyển phân bố tập trung vào dải sóng có bước sóng từ  $0,2 \div 25 \mu m$  (hình 1.3.1). Khi bức xạ đi qua lớp khí quyển bị hấp thụ một phần như đã nói ở chương 2. Trên mặt đất phổ năng lượng chỉ còn tồn tại ở dải sóng  $\lambda = 0,29 \div 3 \mu m$ . Trước tiên chúng ta hãy nghiên cứu sự phát xạ của vật đen.



Hình 3.2.6. Phân bố phổ phát xạ của vật đen là một hàm của nhiệt độ tuyệt đối. (Theo định luật PLANCK)

1. *Phát xạ của vật đen.* Vật đen được định nghĩa là một vật lý tưởng, nó có thể hấp thụ cũng như phát xạ tất cả các bức xạ có bước sóng từ 0 đến  $\infty$ . Ví dụ, một cái bình rỗng được khoét một lỗ có đường kính rất nhỏ, thành trong của bình được phủ một lớp mờ hống. Khi các tia bức xạ xuyên qua lỗ này vào trong bình thì chúng bị bình hấp thụ hoàn toàn. Một cách gần đúng có thể coi bình này như một vật đen. Planck đã đưa ra một định luật để mô tả phổ phát xạ của vật đen được mô tả bằng hệ thức

$$M_{\lambda}^0 = M_{\lambda}^0(\lambda, T), \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (3.2.24)$$

Ở đây,  $M_{\lambda}^0$  là năng lượng phổ phát xạ đơn sắc, có nghĩa là năng lượng phát xạ trên một dải sóng có chiều dài sóng  $\lambda$ . Sự phụ thuộc của  $M_{\lambda}^0$  vào bước sóng và nhiệt độ được mô tả trên hình 3.2.6. Với các nhiệt độ khác nhau cho những đường cong phổ khác nhau và cực đại của đường cong ứng với nhiệt độ càng cao, càng dịch chuyển về phía có bước sóng ngắn. Năng lượng bức xạ nhiệt do một vật đen phát ra từ một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian trong toàn không gian bán cầu, (góc đặc bằng  $2\pi$  Stéradian) với mọi bước sóng cho bởi tích phân theo đường cong cho trong biểu thức dưới đây

$$M^0 = \int_0^{\infty} M_{\lambda}^0 d\lambda \quad (3.2.25)$$

Theo Stéfan thì (3.2.25) có thể viết lại như sau

$$M^0 = \sigma T^4 \quad (3.2.26)$$

trong đó,  $\sigma$  là hằng số Stéfan - Boltzmann, có giá trị bằng  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ (Wm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}\text{)}$ ;

T - nhiệt độ tuyệt đối của vật phát xạ;

$M^0$  - năng lượng phát ra trên một đơn vị diện tích, trong một đơn vị thời gian ( $\text{Wm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) hay còn được gọi là *mật độ thông lượng nhiệt*.

Đối với một vật thực bất kỳ thì năng lượng phát xạ trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian được xác định bằng biểu thức sau

$$M = \sigma \varepsilon T^4 \quad (3.2.27)$$

trong đó,  $\varepsilon$  là hệ số phát xạ toàn phần của vật thực, nó phụ thuộc vào nhiệt độ và trạng thái bề mặt của vật phát xạ. Vật có màu càng sẫm giá trị của  $\varepsilon$  càng lớn, vật màu sáng giá trị  $\varepsilon$  bé. Đối với vật đen tuyệt đối  $\varepsilon = 1$ , các vật thực  $0 < \varepsilon < 1$ .

2. *Hệ số bức xạ nhiệt. (truyền năng lượng dưới dạng bức xạ nhiệt)*

a- Bức xạ tương hỗ giữa hai bề mặt song song được đặt trong chân không (hình 3.2.7a).

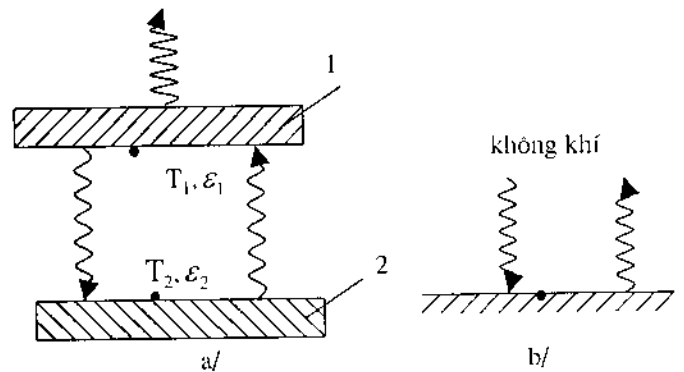
Giả sử có hai mặt phẳng 1 và 2 diện tích A đặt song song nhau trong chân không, có nhiệt độ tương ứng  $T_1$  và  $T_2$ , và hệ số phát xạ toàn phần tương ứng  $\varepsilon_1$  và  $\varepsilon_2$ , thì thông lượng nhiệt trao đổi giữa chúng được xác định theo biểu thức:

$$\dot{q}_{1,2} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)A}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = h_r(T_1 - T_2)A, (W) \quad (3.2.28)$$

Trong đó,  $h_r$  là hệ số bức xạ nhiệt được định nghĩa bằng biểu thức

$$h_r = \frac{\sigma(T_1^2 + T_2^2)(T_1 + T_2)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (3.2.29)$$

b- Bức xạ tương hỗ giữa một mặt phẳng và không khí (hình 3.2.7b). Ngoại trừ loại khí trong suốt đối với bức xạ, đặc biệt là các khí đơn nguyên tử, các khí còn lại đều có hiện tượng hấp thụ và phản xạ. Với từng loại khí thì sự hấp thụ hoặc phản xạ tương ứng với các khoảng bước sóng khác nhau. Người ta có thể xác định hệ số trao đổi nhiệt toàn phần đối với một hỗn hợp khí cho trước, khi biết được chiều dày của mỗi lớp khí cũng như



**Hình 3.2.7. Truyền nhiệt dưới dạng bức xạ nhiệt:**  
a- giữa hai bề mặt song song;  
b- giữa bề mặt và không khí.

áp suất riêng phần của mỗi loại khí chứa trong hỗn hợp khí (đặc biệt là  $H_2O$  và  $CO_2$ ). Áp dụng phương trình (3.2.28) thay các hệ số phát xạ  $\varepsilon_r, \varepsilon_l$  tương ứng với hỗn hợp khí và mặt phẳng cho trước. Nếu  $\varepsilon_r = \varepsilon_l = 1$  thì biểu thức (3.2.28) trở thành.

$$\dot{q}_{1,2} = \sigma A \varepsilon_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (3.2.30)$$

Nếu gọi A là diện tích của mặt phẳng 1, có nhiệt độ  $T_1$  và hệ số phát xạ  $\varepsilon_1$  tiếp xúc với môi trường có nhiệt độ  $T_2$  ( $T_2 < T_1$ ) thì thông lượng nhiệt bức xạ truyền từ tường ra môi trường sẽ là

$$\dot{q}_r = \sigma A \varepsilon_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (3.2.31)$$

Từ (3.2.28 và 3.2.31) ta rút ra được  $h_r$  trong trường hợp này, có thêm thừa số hiệu chỉnh do sự khác nhau giữa nhiệt độ môi trường ( $T_a$ ) và nhiệt độ bầu trời ( $T_{bt}$ ) là

$$h_r = \frac{\dot{q}_r}{A(T_1 - T_2)} = \frac{\sigma \varepsilon_1 A (T_1^4 - T_2^4)}{A(T_1 - T_2)} = \sigma \varepsilon_1 (T_1^2 + T_2^2)(T_1 + T_2) \left( \frac{T_a - T_{bt}}{T_n - T_a} \right) \quad (3.2.32)$$

Từ (3.2.31) ta rút ra được

$$\dot{q}_r = h_r (T_1 - T_2) A \quad (3.2.33)$$

### §3.3. Khảo sát các quá trình trao đổi nhiệt xảy ra đồng thời

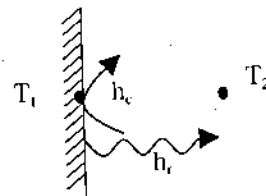
#### 3.3.1. Hệ số trao đổi nhiệt hỗn hợp đối lưu và bức xạ

Giả sử một mặt phẳng diện tích  $A$ , nhiệt độ  $T_1$  tiếp xúc với không khí có nhiệt độ  $T_2$ , ( $T_1 > T_2$ ) khi đó sẽ xảy ra đồng thời hai quá trình truyền nhiệt: đối lưu và bức xạ (hình 3.3.1). Nếu gọi tổng nhiệt lượng trao đổi giữa tường có tiết diện  $A$  và không khí trong một đơn vị thời gian là

$$\dot{q}_t = \dot{q}_c + \dot{q}_r = (h_c + h_r)(T_1 - T_2)A = h_{c,r}(T_1 - T_2)A \quad (3.3.1)$$

trong đó,  $h_{c,r} = (h_c + h_r)$  gọi là hệ số trao đổi nhiệt hỗn hợp đối lưu và bức xạ.

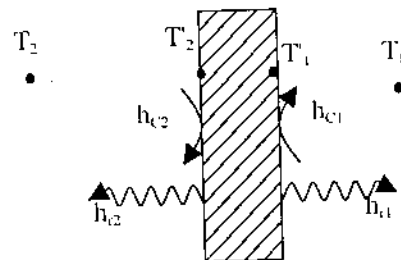
Hình 3.3.1. Trao đổi nhiệt hỗn hợp giữa tường và không khí.



#### 3.3.2. Trường hợp chung

Xét một khối khí ở bên phải bức tường có nhiệt độ  $T_1$  truyền nhiệt qua bức tường diện tích  $A$ , chiều dày  $\delta$ , hệ số dẫn nhiệt của tường  $\lambda$ , nhiệt độ trên hai mặt tiếp xúc giữa tường và không khí là  $T'_1$  và  $T'_2$  ( $T'_1 > T'_2$ ), đến khối khí bên trái của bức tường có nhiệt độ là  $T_2 < T'_2$  (hình 3.3.2). Ở đây ta thấy sự truyền nhiệt gồm cả ba quá trình: Trao đổi nhiệt đối lưu và bức xạ giữa tường và không khí ở hai bên tường, tương ứng với hai phía là  $h_{c1}$ ,  $h_{r1}$  và  $h_{c2}$ ,  $h_{r2}$ , đồng thời dẫn nhiệt từ phía phải nhiệt độ  $T'_1$  qua phía trái của tường nhiệt độ  $T'_2$ .

Hình 3.3.2. Mô hình trao đổi nhiệt hỗn hợp: dẫn nhiệt, bức xạ và đối lưu với hai mặt tường có nhiệt độ khác nhau  $T'_1 > T'_2$ .





Khi đó thông lượng nhiệt truyền từ khối khí bên trái sang khối khí bên phải được biểu thị bằng các phương trình truyền nhiệt tương ứng cho từng đoạn như sau:

- Từ môi trường 1 với tường

$$\dot{q} = (h_{c1} + h_{r1})(T_1 - T_1')A = h_{1cr}(T_1 - T_1')A \quad (3.3.2)$$

- Giữa hai bề mặt của tường:

$$\dot{q} = \frac{\lambda}{\delta}(T_1' - T_2')A \quad (3.3.3)$$

- Giữa tường và môi trường 2:

$$\dot{q} = (h_{c2} + h_{r2})(T_2' - T_2)A = h_{2cr}(T_2' - T_2)A \quad (3.3.4)$$

Từ ba phương trình trên ta có thể viết gọn thành một phương trình tổng quát dưới đây

$$\dot{q} = k(T_1 - T_2)A \quad (3.3.5)$$

trong đó,  $k$  được gọi là hệ số trao đổi nhiệt hỗn hợp ( $Wm^2K^{-1}$ ).

Ngược đảo của hệ số truyền nhiệt  $1/k$  được gọi là *hiệu trở*. Từ (3.3.2-3.3.5) ta viết được hiệu trở toàn phần

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_{1cr}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_{2cr}} \quad (3.3.6)$$

Từ (3.3.6) ta có thể suy rộng cho trường truyền nhiệt qua một bức tường được cấu tạo bởi nhiều lớp vật liệu khác nhau và chiều dày khác nhau. Khi đó hiệu trở qua hệ thống các lớp tường được tính bằng công thức

$$\frac{\delta}{\lambda} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (3.3.7)$$

Và hiệu trở toàn phần sẽ là

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_{1cr}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{2cr}} \quad (3.3.8)$$

### Câu hỏi ôn tập và bài tập chương 3

#### Câu hỏi

1. Định nghĩa và phân biệt các khái niệm về các quá trình truyền nhiệt.
2. Nêu các công thức định nghĩa và ý nghĩa của các tiêu chuẩn Nu, Re và Gr.
3. Viết các công thức áp dụng của tiêu chuẩn Nu cho các trường hợp trao đổi nhiệt đối lưu giữa hai mặt phẳng song song nằm ngang, nghiêng một góc  $45^\circ$ , và thẳng đứng khi nhiệt độ của chất tải nhiệt chảy giữa hai tấm  $T=10^\circ\text{C}$  và  $T \neq 10^\circ\text{C}$ .
4. Viết biểu thức tính hệ số trao đổi nhiệt bức xạ giữa hai mặt phẳng song song có nhiệt độ tương ứng  $T_1$  và  $T_2$  với  $T_1 > T_2$ , và hệ số phát xạ  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ . Nêu sự khác nhau giữa hai khái niệm phát xạ và bức xạ.

#### Bài tập

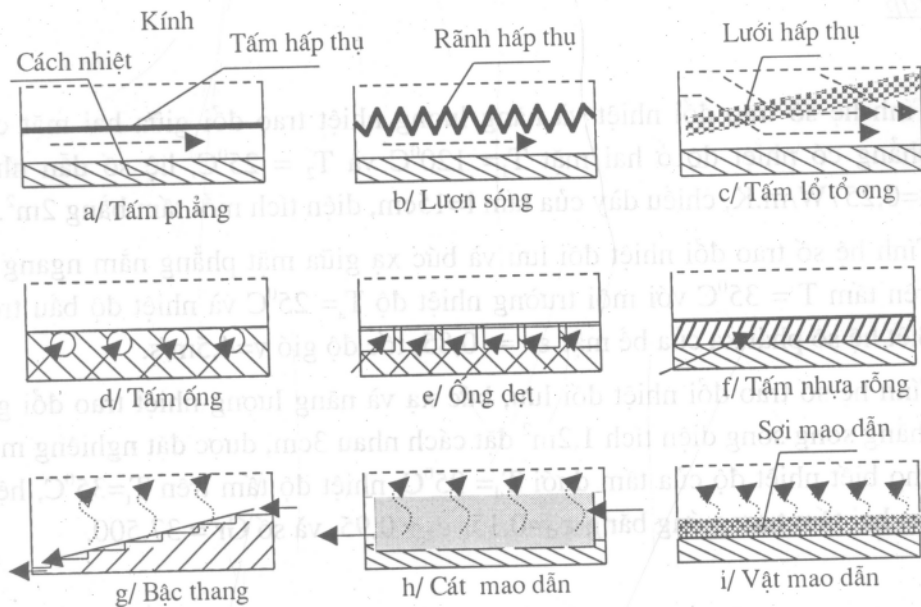
1. Tính hệ số trao đổi nhiệt và năng lượng nhiệt trao đổi giữa hai mặt của một tấm phẳng có nhiệt độ ở hai mặt  $T_1 = 120^\circ\text{C}$  và  $T_2 = 25^\circ\text{C}$ , hệ số dẫn nhiệt của tấm  $k = 0,257\text{W/m.K}$ , chiều dày của tấm  $l = 15\text{cm}$ , diện tích mỗi tấm bằng  $2\text{m}^2$ .
2. Tính hệ số trao đổi nhiệt đối lưu và bức xạ giữa mặt phẳng nằm ngang có nhiệt độ trên tấm  $T = 35^\circ\text{C}$  với môi trường nhiệt độ  $T_a = 25^\circ\text{C}$  và nhiệt độ bầu trời  $T_{\text{tr}} = 15^\circ\text{C}$ . Biết hệ số phát xạ của bề mặt  $\varepsilon = 0,85$ , tốc độ gió  $v = 4,5\text{m/s}$ .
3. Tính hệ số trao đổi nhiệt đối lưu, bức xạ và năng lượng nhiệt trao đổi giữa hai mặt phẳng song song diện tích  $1,2\text{m}^2$  đặt cách nhau  $3\text{cm}$ , được đặt nghiêng một góc  $45^\circ$ . Cho biết nhiệt độ của tấm dưới  $T_d = 95^\circ\text{C}$ , nhiệt độ tấm trên  $T_t = 35^\circ\text{C}$ , hệ số phát xạ của hai tấm tương ứng bằng  $\varepsilon_d = 0,15$ ,  $\varepsilon_t = 0,95$ , và số  $\text{Gr} = 37.500$ .

## TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BỘ THU BỨC XẠ NHIỆT MẶT TRỜI DẠNG TẮM PHẪNG (BỘ THU PHẪNG) - ĐUN NƯỚC NÓNG

Sau khi nghiên cứu các chương lý thuyết cơ bản về quan hệ tương tác giữa các tia bức xạ Mặt Trời và Trái Đất cũng như các định luật về lý thuyết truyền nhiệt, từ chương này chúng ta sẽ áp dụng các kết quả nghiên cứu vừa nhận được ở trên để tính cho bộ thu phẳng.

### §4.1. Định nghĩa và kết cấu bộ thu phẳng

#### 4.1.1. Định nghĩa bộ thu phẳng



Hình 4.1.1. Sơ đồ mô tả các dạng kết cấu của bộ thu phẳng dùng để nung nóng không khí, đun nước nóng và chưng cất nước.

-----> dòng khí; —> dòng nước; ~> hơi nước; ————— tấm hấp thụ

Bộ thu phẳng là một hệ tấm phẳng: (kính, tấm hấp thụ, lớp cách nhiệt) được đặt song song nhau tạo thành một hệ bền vững. Về nguyên lý thì các bộ thu phẳng có cấu

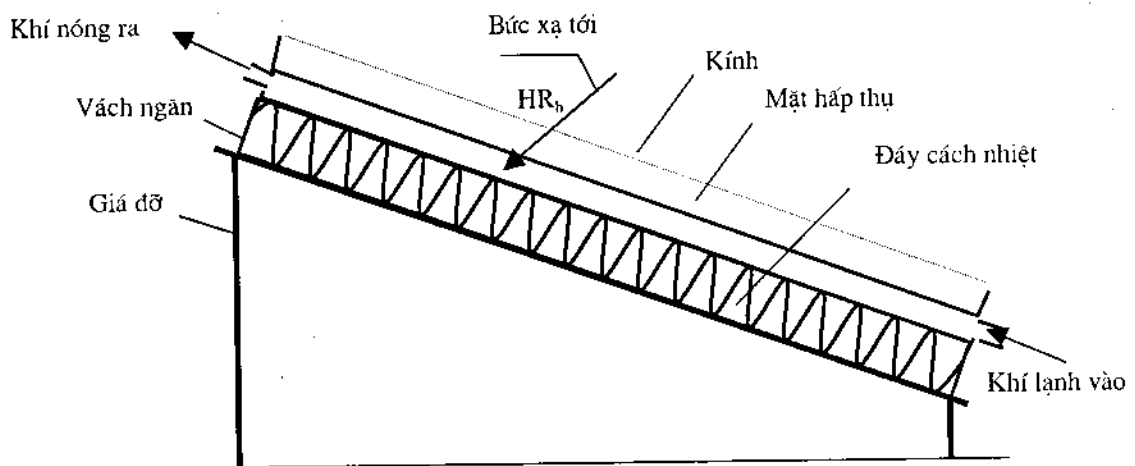
tạo dựa trên nguyên lý hiệu ứng nhà kính như đã trình bày ở chương 2. Nhưng tùy thuộc vào việc sử dụng nhiệt vào mục đích sử dụng: nung nóng không khí, đun nước nóng, chưng cất nước, bếp Mặt Trời v.v... mà cấu tạo bộ thu có hình dạng khác nhau, như mô tả trên hình (4.1.1).

Thí dụ, đối với các bộ thu với mục đích cung cấp khí nóng cho công nghệ sấy, hoặc sưởi ấm gia đình có thể có các dạng như trên hình 4.1.1 a, b, c hoặc để đun nước nóng, như trên hình 4.1.1 d, e, f, và dùng để chưng cất nước có dạng như hình 4.1.1g, h, i. v.v... Tiềm lợi của phương pháp này là bộ thu có kết cấu đơn giản, thuận tiện trong quá trình sử dụng, ít tốn công bảo dưỡng, nhận được tất cả tổng xạ của bức xạ Mặt Trời (gồm bức xạ trực xạ, và bức xạ tán xạ). Thiết bị không nhất thiết phải luôn luôn định hướng về phía Mặt Trời, nhưng nhiệt độ nhận được không cao, chỉ có thể đạt đến  $150^{\circ}\text{C}$

#### 4.1.2. Hình dạng của một vài loại thiết bị thu

##### 1- Bộ thu phẳng dùng để nung nóng không khí

Hình 4.1.2 mô tả sơ đồ kết cấu bộ thu phẳng nung nóng không khí. Không khí lạnh vào trao đổi nhiệt với mặt hấp thụ và nóng lên rồi được đưa ra ngoài chuyển đến nơi sử dụng như lò sấy hoặc sưởi ấm cho gia đình.

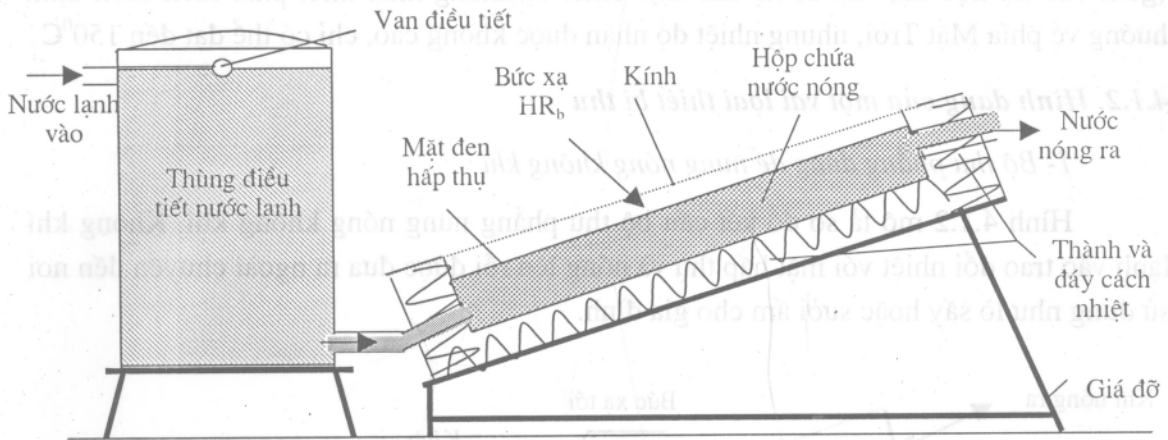


Hình 4.1.2. Kết cấu bộ thu bức xạ nung nóng không khí.

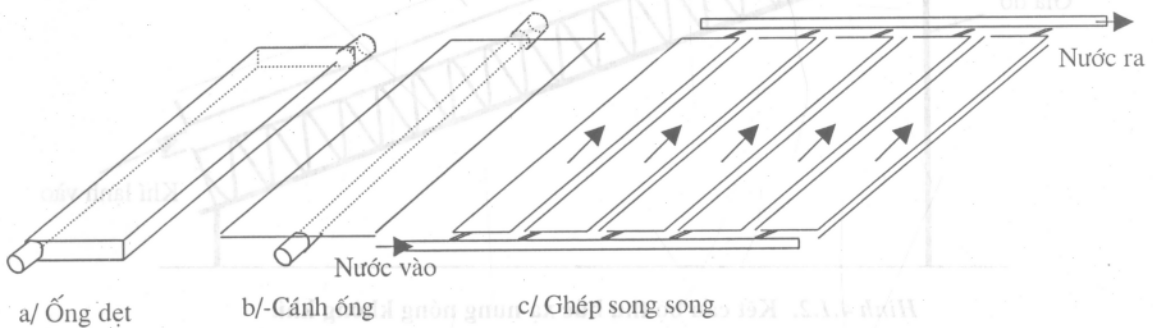
##### 2. Thiết bị đun nước nóng

Hình 4.1.3 mô tả kết cấu một môđun của bộ thu phẳng đun nước có hộp chứa nước nóng bằng phương pháp đối lưu tự nhiên. Nước lạnh được cung cấp từ thùng điều tiết vào hộp chứa trong thiết bị, mức nước trong bình điều tiết phải cao hơn mức nước nóng ở đầu ra, để sao cho nước trong hộp chứa luôn ở trạng thái đầy, mặt nước bên trong

hộp chứa luôn được tiếp xúc với mặt hấp thụ làm cho việc trao đổi nhiệt giữa mặt hấp thụ và nước được tốt nhất. Nước trong hộp chứa nhận nhiệt từ mặt hấp thụ nóng dần lên. Khi dùng nước nóng thì nước lạnh luôn được bù vào bằng lượng nước vừa lấy ra. Nếu muốn có nhiều nước nóng ta có thể ghép song song nhiều môđun với nhau. Trong các cơ sở sản xuất chế biến hải sản, bệnh viện,... có nhu cầu nước nóng liên tục thì có thể dùng loại thiết bị thu theo kiểu hộp dẹt, hoặc dạng cánh-ống (hình 4.1.4 a,b,c) và ghép nối hỗn hợp, vừa song song vừa liên tiếp và dùng bơm tuần hoàn tạo dòng chảy cưỡng bức, để nước được luân chuyển tuần hoàn liên tục giữa thùng chứa nước nóng và thiết bị thu nhiệt, (hình 4.1.5)



**Hình 4.1.3.** Một môđun thiết bị đun nước gia đình có hộp chứa nước nóng bằng phương pháp đối lưu tự nhiên.

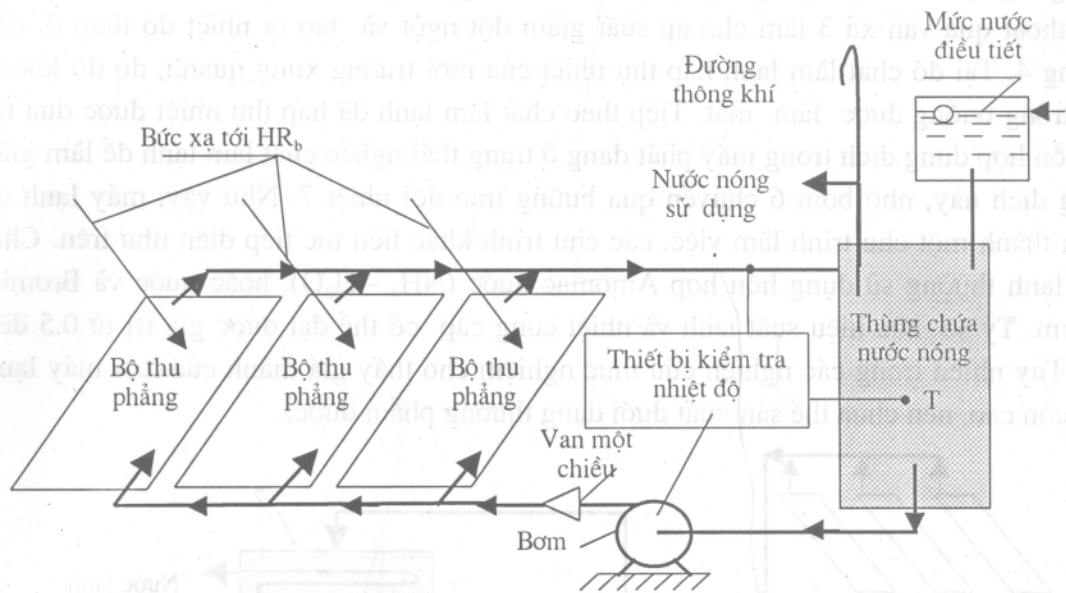


**Hình 4.1.4.** Hình dạng bộ phận hấp thụ bức xạ và cách ghép song song.

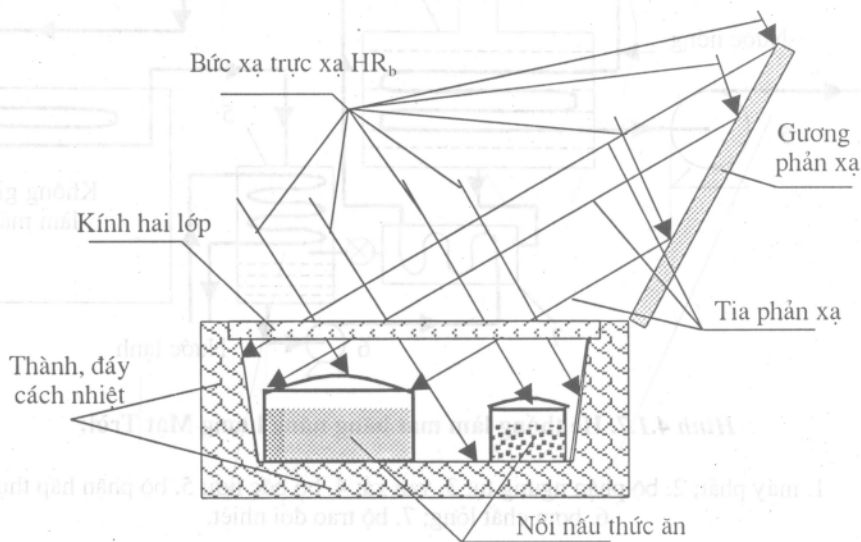
### 3- Bếp Mặt Trời

Ở những nơi có nhiều nắng (cường độ bức xạ cao và giờ nắng trong năm lớn) người ta ứng dụng nguyên lý hiệu ứng nhà kính để làm các loại bếp Mặt Trời để đun

nấu, thay thế cho các loại bếp đun củi, dầu, than v.v... Hình 4.1.6 dưới đây mô tả hình dáng và kết cấu của một loại bếp Mặt Trời. Bếp được gắn thêm từ một đến bốn tấm gương phản chiếu từ các cạnh mặt trên của hộp thu, nhằm tăng thêm cường độ bức xạ phản xạ cho bếp, các thành trong và nổi vung đều được phủ một lớp sơn đen hấp thụ. Khi nắng tốt nhiệt độ bên trong có thể đạt đến 140 - 150<sup>0</sup>C.



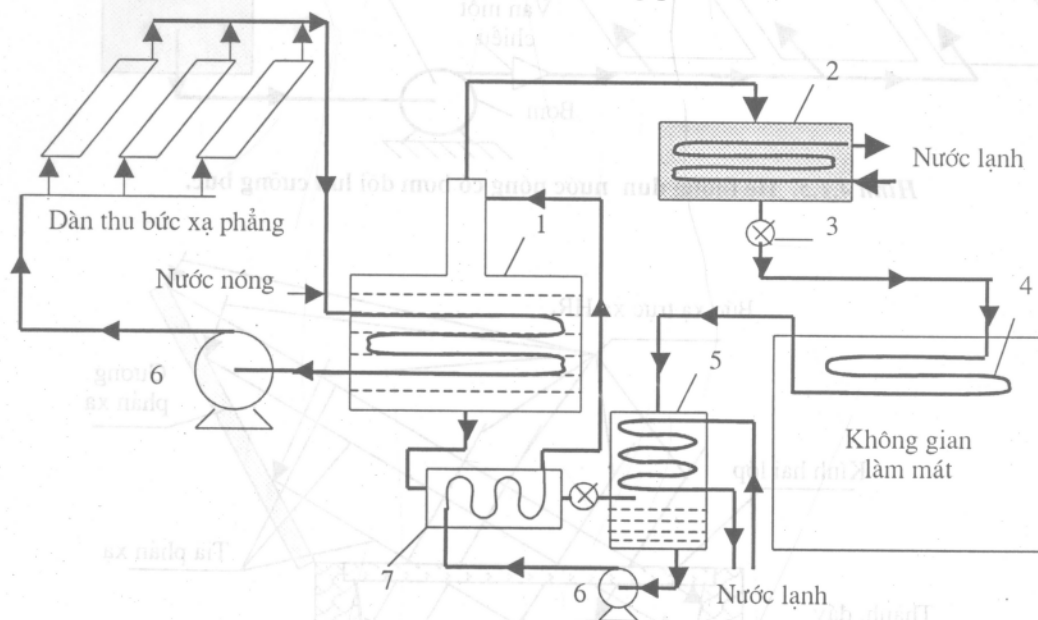
Hình 4.1.5. Hệ thống đun nước nóng có bơm đối lưu cưỡng bức.



Hình 4.1.6. Kết cấu bếp Mặt Trời.

#### 4. Hệ thống làm lạnh hấp thụ bằng năng lượng Mặt Trời

Sơ đồ hệ thống hấp thụ bằng năng lượng Mặt Trời được mô tả trên hình 4.1.7. Nước nóng từ dàn thu bức xạ phẳng nhờ bơm cưỡng bức chuyển đến thiết bị được gọi là máy phát 1. Tại đây nhiệt được truyền cho hỗn hợp dung dịch chất hấp thụ và làm lạnh giàu chất làm lạnh. Chất làm lạnh bốc hơi ở trạng thái sôi và tạo ra áp suất cao đưa tới bộ ngưng tụ 2. Ở đây, bộ ngưng tụ tạo ra chất lỏng có áp suất cao. Chất lỏng có áp suất cao thoát qua van xả 3 làm cho áp suất giảm đột ngột và tạo ra nhiệt độ thấp đi đến buồng 4. Tại đó chất làm lạnh hấp thụ nhiệt của môi trường xung quanh, do đó không khí trong buồng được làm mát. Tiếp theo chất làm lạnh đã hấp thụ nhiệt được đưa trở lại hỗn hợp dung dịch trong máy phát đang ở trạng thái nghèo chất làm lạnh để làm giàu dung dịch này, nhờ bơm 6 chuyển qua buồng trao đổi nhiệt 7. Như vậy, máy lạnh đã hoàn thành một chu trình làm việc, các chu trình khác liên tục tiếp diễn như trên. Chất làm lạnh thường sử dụng hỗn hợp Amoniac nước ( $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ), hoặc nước và Bromit-Litium. Tỷ số của hiệu suất lạnh và nhiệt cung cấp có thể đạt được giá trị từ 0,5 đến 0,8. Tuy nhiên trong các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy giá thành của loại máy lạnh này còn cao, nên chưa thể sản xuất dưới dạng thương phẩm được.



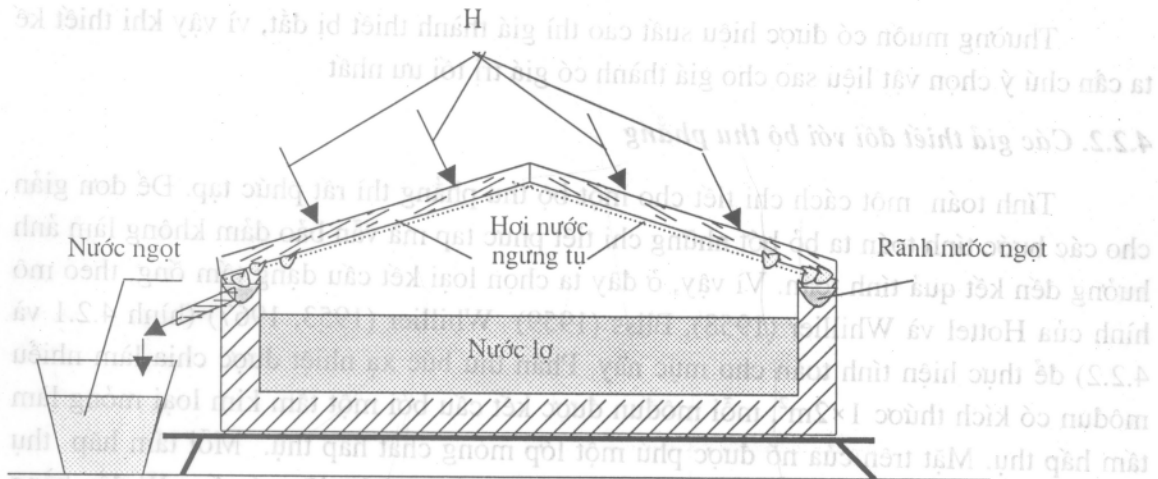
Hình 4.1.7. Hệ thống làm mát bằng năng lượng Mặt Trời:

1. máy phát; 2. bộ phận ngưng tụ; 3. van xả; 4. bộ bốc hơi; 5. bộ phận hấp thụ;
6. bơm chất lỏng; 7. bộ trao đổi nhiệt.

#### 5. Thiết bị chưng cất nước

Hiện trong một số vùng nông thôn hoặc trên các hải đảo vào mùa khô người dân

thường bị thiếu nước ngọt dùng cho sinh hoạt và trên các đảo thường chỉ có nước lợ, hay nước biển mặn. Biện pháp chung cất nước lợ, nước phèn hoặc nước mặn thành nước ngọt bằng năng lượng Mặt Trời để dùng trong sinh hoạt hằng ngày thường đưa lại kết quả tốt. Hình 4.1.8 mô tả nguyên lý chung cất nước bằng thiết bị hấp thụ bức xạ Mặt Trời. Nước lợ được chứa trong bể, trên mặt bể được đặt bằng mái kính. Hai thành bên được xẻ hai rãnh góp nước. Khi nước bên trong hấp thụ bức xạ nhiệt nóng lên và bốc hơi. Hơi nước bay lên gặp lạnh và ngưng tụ trên mặt đáy của kính và tích tụ thành giọt chảy vào rãnh góp ở phía cuối tấm kính, rồi tạo thành dòng chảy ra ngoài. Có nhiều biện pháp kỹ thuật kết cấu để có được năng suất cho nước sạch cao nhất như đã mô tả trên sơ đồ nguyên lý (hình 4.1.1.g,h,i).



Hình 4.1.8. Mô hình thiết bị chưng cất nước.

Các thiết bị hiện nay có thể cho năng suất trung bình từ 3-4lít/m<sup>2</sup>/ngày. Dưới đây ta sẽ phân tích tính toán chi tiết một thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng Mặt Trời nhờ ứng dụng bộ thu phẳng.

## §4.2. Định nghĩa, giả thiết và phương pháp tính toán một bộ thu phẳng

### 4.2.1. Định nghĩa hiệu suất bộ thu

Sự hoạt động của bộ thu phẳng dựa trên cơ sở định luật bảo toàn năng lượng. Giả sử bộ thu có diện tích  $A_c$ , năng lượng bức xạ Mặt Trời từ mọi phương trong vòm trời gửi tới bề mặt bộ thu phẳng là  $HR_b$ ; năng lượng có ích mà chất tải nhiệt nhận được là  $Q_U$ ; năng lượng để làm nóng các vật liệu cấu tạo bộ thu phẳng là  $Q_S$  và phần năng lượng mất mát ra môi trường chung quanh là  $Q_L$ , thì tại một thời điểm bất kỳ ta có thể viết được phương trình cân bằng năng lượng sau

$$HR_b A_c = Q_U + Q_L + Q_S \quad (4.2.1)$$

trong đó,  $H$  - năng lượng bức xạ gửi tới trên một đơn vị diện tích bề mặt nằm ngang, ( $W/m^2$ );



$R_b$  - hệ số chuyển đổi từ mặt phẳng nằm ngang sang mặt phẳng nằm nghiêng;

$A_C$  - diện tích của bộ thu phẳng, ( $m^2$ );

$Q_U$ ,  $Q_L$  và  $Q_S$  tương ứng với năng lượng có ích, năng lượng mất mát và năng lượng tích trữ trong các loại vật liệu cấu tạo bộ thu, ( $W$ ).

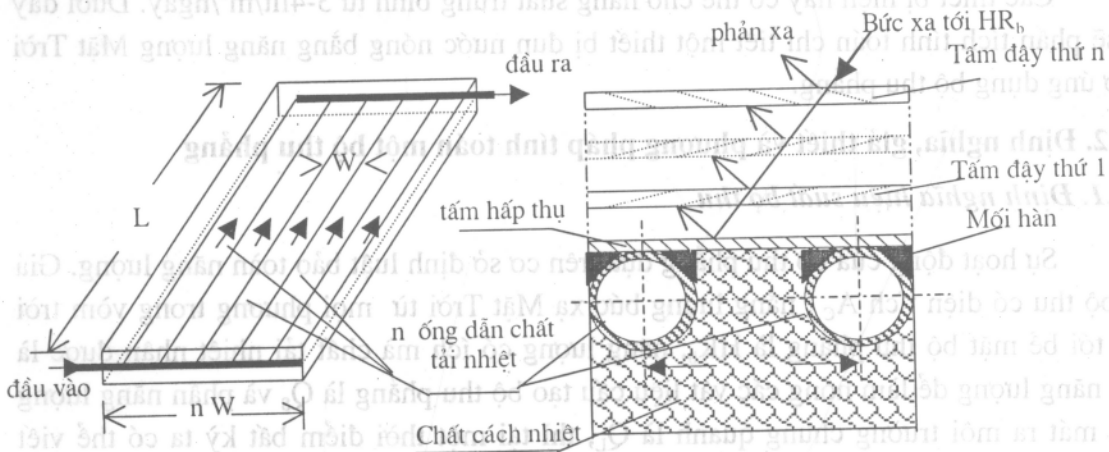
Hiệu suất bộ thu được định nghĩa như sau

$$\eta = \frac{\int_0^t Q_U dt}{\int_0^t HR dt} \quad (4.2.2)$$

Thường muốn có được hiệu suất cao thì giá thành thiết bị đắt, vì vậy khi thiết kế ta cần chú ý chọn vật liệu sao cho giá thành có giá trị tối ưu nhất

#### 4.2.2. Các giả thiết đối với bộ thu phẳng

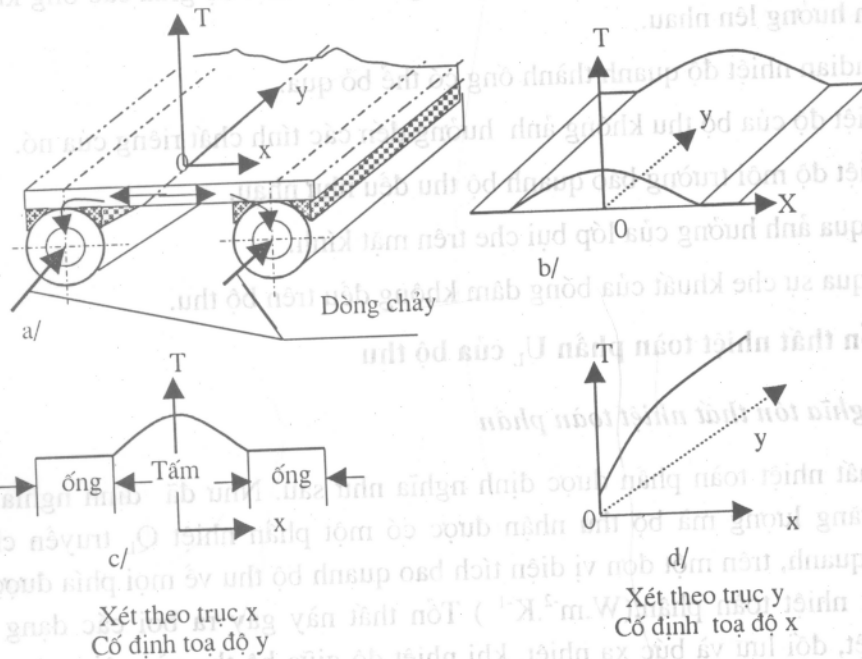
Tính toán một cách chi tiết cho một bộ thu phẳng thì rất phức tạp. Để đơn giản cho các bước tính toán ta bỏ bớt những chi tiết phức tạp mà vẫn bảo đảm không làm ảnh hưởng đến kết quả tính toán. Vì vậy, ở đây ta chọn loại kết cấu dạng tấm ống, theo mô hình của Hottel và Whillier (1958), Bliss (1959) Whillier (1953, 1967) (hình 4.2.1 và 4.2.2) để thực hiện tính toán cho mục này. Phần thu bức xạ nhiệt được chia làm nhiều môđun có kích thước  $1 \times 2m^2$ , mỗi môđun được kết cấu bởi một tấm kim loại mỏng làm tấm hấp thụ. Mặt trên của nó được phủ một lớp mỏng chất hấp thụ. Mỗi tấm hấp thụ được hàn chặt với nhiều ống dẫn bằng kim loại. Khoảng cách giữa các ống  $W$  đều bằng nhau. Mỗi đoạn  $W$  được gọi là cánh, nên kết cấu này được gọi là dạng *cánh - ống*.



Hình 4. 2.1. Cấu tạo bộ thu phẳng dạng cánh - ống.

Hình 4.2.2. Mặt cắt ngang bộ thu phẳng dạng cánh - ống.

Xem hình 4.2.1, hình 4.2.3 a,b mô tả phương, chiều truyền nhiệt và gradian nhiệt độ theo trục x- (chiều ngang của cánh, vuông góc dòng chảy); và gradian nhiệt độ theo trục Y (chiều dòng chảy). Gốc tọa độ 0 được gán tại trung tâm của cánh, ở giữa cách đều hai ống (h.4.2.3a,b,c,d).



Hình 4.2.3 a/- kết cấu tấm-ống; b/- phân bố nhiệt độ. c/- theo trục x; d/- theo trục y.

Để đơn giản cho việc tính toán ta cần thừa nhận các giả thiết sau:

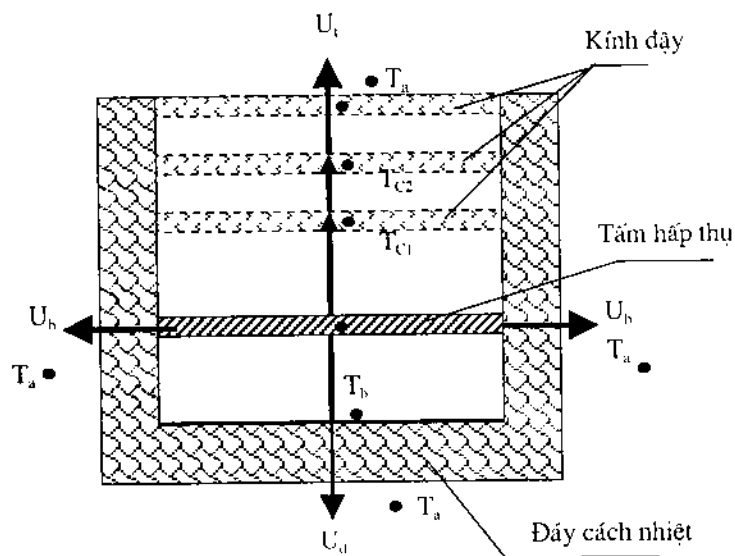
- 1- Chia chiều dài cánh thành nhiều phần tử  $\Delta y$  được gọi là bước, với chiều dài mỗi bước sao cho nhiệt độ trong đó được coi là đồng đều.
- 2- Dùng mô hình kết cấu dạng tấm – ống.
- 3- Phần diện tích ở hai đầu mút của cánh được coi là nhỏ không đáng kể so với cả cánh nên có thể bỏ qua.
- 4- Lưu lượng dòng chảy ở các đầu ống trong toàn hệ được coi là giống hệt như trong ống.
- 5- Năng lượng bức xạ bị hấp thụ bởi các tấm kính đáy được tính chung vào tổn thất lên phía trên  $U_t$  của bộ thu.
- 6- Thông lượng nhiệt qua các tấm đáy theo một chiều từ trong ra ngoài.
- 7- Bỏ qua sự phân bố nhiệt không đều giữa các tấm kính.

- 8- Thông lượng nhiệt qua lớp cách nhiệt theo chiều từ mặt hấp thụ xuống phía đáy.
- 9- Coi bầu trời là vật đen. Đối với bức xạ sóng dài ở nhiệt độ bầu trời tương đương với bức xạ vật đen.
- 10- Gradian nhiệt độ theo dòng chảy và gradian nhiệt độ giữa các ống không gây ảnh hưởng lên nhau.
- 11- Gradian nhiệt độ quanh thành ống có thể bỏ qua.
- 12- Nhiệt độ của bộ thu không ảnh hưởng đến các tính chất riêng của nó.
- 13- Nhiệt độ môi trường bao quanh bộ thu đều như nhau.
- 14- Bỏ qua ảnh hưởng của lớp bụi che trên mặt kính.
- 15- Bỏ qua sự che khuất của bóng dâm không đều trên bộ thu.

### §4.3. Tính tổn thất nhiệt toàn phần $U_L$ của bộ thu

#### 4.3.1. Định nghĩa tổn thất nhiệt toàn phần

Tổn thất nhiệt toàn phần được định nghĩa như sau. Như đã định nghĩa ở biểu thức (4.2.1) năng lượng mà bộ thu nhận được có một phần nhiệt  $Q_L$  truyền cho môi trường chung quanh, trên một đơn vị diện tích bao quanh bộ thu về mọi phía được gọi là hệ số tổn thất nhiệt toàn phần. ( $W.m^{-2}.K^{-1}$ ) Tổn thất này gây ra bởi các dạng truyền nhiệt: dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ nhiệt, khi nhiệt độ giữa bộ thu và môi trường chênh lệch  $1^\circ C$  hình. 4.3.1.



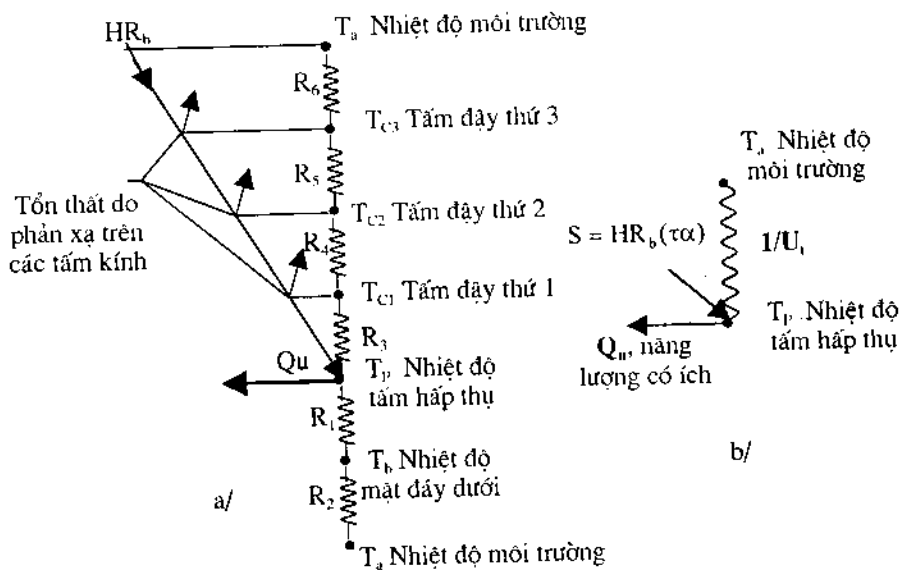
Hình 4.3.1. Tổn thất nhiệt qua các mặt bao quanh bộ thu phẳng.

Để thuận tiện cho việc tính người ta coi quá trình truyền nhiệt giữa các vật giống như quá trình dẫn điện trong một mạch điện như được mô tả trên hình 4.3.2, từ đó người ta đưa ra các quy ước sau:

a- Chênh lệch nhiệt độ giữa hai điểm bất kỳ tương đương hiệu thế giữa hai điểm đó.

b- Dòng nhiệt truyền từ điểm có nhiệt độ cao xuống điểm có nhiệt độ thấp tương đương như dòng điện.

c- Tổn thất nhiệt trong các quá trình trao đổi nhiệt giữa các điểm như tổn thất nhiệt gây ra bởi điện trở. Từ đó người ta định nghĩa *nhiệt trở* (tương đương điện trở) của các quá trình truyền nhiệt là  $R_t = 1/k$ . Trong đó  $k$  là hệ số truyền nhiệt hỗn hợp hoặc chỉ là hệ số dẫn nhiệt (tương đương độ dẫn điện).



Hình 4.3.2a. Mô phỏng mạng lưới nhiệt trở trong bộ thu phẳng.  
Hình 4.3.2b. Tổn thất nhiệt từ tấm hấp thụ ra môi trường.

Từ những quy ước này ta có thể xây dựng một "mạch nhiệt" giống như một mạch điện để áp dụng được định luật Ohm khi giải các bài toán về truyền nhiệt. Một đoạn "mạch nhiệt" mô tả quá trình truyền nhiệt giữa tấm hấp thụ và môi trường (hình 4.3.2a), và (hình 4.3.2b). Dưới đây ta sẽ lần lượt tính tổn thất nhiệt từ trung tâm bộ thu phẳng ra ngoài qua các phía: mặt đáy, thành bên và cuối cùng là mặt trên.

#### 4.3.2. Các dạng tổn thất nhiệt

##### 1. Tổn thất nhiệt qua mặt đáy $U_d$

Năng lượng mất qua mặt đáy được mô phỏng bằng một chuỗi nhiệt trở ký hiệu bằng  $R_1, R_2$  (hình 4.3.2a). Trong đó  $1/R_1$  là tổn thất nhiệt do dẫn nhiệt qua lớp cách

nhật, và  $1/R_2$  - tổn thất nhiệt đối lưu bên trong lớp cách nhiệt ra môi trường chung quanh. Giá trị  $1/R_2$  thường được bỏ qua vì quá nhỏ so với  $1/R_1$ , nhiệt tổn thất qua một đơn vị diện tích mặt đáy khi chênh lệch nhiệt độ bằng  $1^{\circ}\text{C}$  là

$$U_b = \frac{1}{R_1} = \frac{k}{L} \quad (4.3.1)$$

Trong đó,  $k$  là độ dẫn nhiệt của chất cách nhiệt ( $\text{W/m}^2\text{K}$ );  $L$  là chiều dày của lớp cách nhiệt (m).

### 2. Tổn thất nhiệt qua các thành bên $U_b$

Việc đánh giá tổn thất nhiệt qua thành bên của các bộ thu nói chung rất phức tạp. Tuy nhiên, trong thực tế tổn thất này là rất nhỏ so với tổn thất nhiệt qua mặt trên nên thường được bỏ qua. Qua nghiên cứu thực nghiệm Tabor đề nghị là khi chiều dày lớp cách nhiệt của thành bao quanh bằng chiều dày lớp cách nhiệt của đáy, thì có thể tính thông lượng nhiệt truyền từ trong ra ngoài cho toàn chu vi bộ thu giống như khi tính cho mặt đáy.

### 3. Tổn thất nhiệt qua mặt trên $U_t$

Tổn thất nhiệt qua mặt trên của bộ thu có phức tạp hơn. Tổn thất nhiệt được tính từ tấm hấp thụ ra môi trường, bao gồm các hiện tượng: đối lưu và bức xạ giữa tấm hấp thụ có nhiệt độ  $T_p$  và nhiệt độ bầu trời  $T_{bt}$ , (gần đúng nhiệt độ bầu trời có thể coi bằng nhiệt độ môi trường  $T_a$ ). Việc tính toán có thể thực hiện cho từng lớp gồm hai mặt song song liền kề nhau: ví dụ, tấm hấp thụ và tấm đáy số 1, ứng với nhiệt trở  $R_3$  (hình 4.3.2a) các tấm đáy song song 1-2 nhiệt độ ( $T_1 - T_2$ ), và 2-3 nhiệt độ ( $T_2 - T_3$ ) tương ứng với các nhiệt trở  $R_4, R_5$ ; và tấm đáy trên cùng với môi trường, nhiệt độ ( $T_3 - T_a$ ) tương ứng  $R_6$ .

Trước hết ta tính quá trình trao đổi nhiệt giữa tấm hấp thụ có nhiệt độ  $T_p$  và tấm kính phủ thứ 1 có nhiệt độ  $T_{C,1}$ , (Sự tính toán quá trình trao đổi nhiệt giữa các tấm kính song song còn lại cũng giống hệt như thế). Ở đây ta cần lưu ý rằng, khi tính toán ta đã bỏ qua phần năng lượng tích trữ trong các tấm kính (việc này ta sẽ xét ở phần sau). Từ đó, khi áp dụng phương trình đối với truyền nhiệt hỗn hợp (3.2.26) ta viết được biểu thức năng lượng trao đổi giữa tấm hấp thụ và tấm kính thứ 1, bao gồm cả đối lưu và bức xạ là:

$$q_{p-c,1} = h_{p-c,1} \cdot (T_p - T_{C,1}) + \frac{\sigma(T_p^4 - T_{C,1}^4)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_k} - 1} \quad (4.3.2)$$

trong đó,  $h_{p-c,1}$  hệ số đối lưu giữa tấm hấp thụ nhiệt độ  $T_p$  và tấm kính thứ nhất có nhiệt độ  $T_{C,1}$  ( $\text{W/m}^2.\text{K}$ );

$\sigma$  - là hằng số Stéfan- Boltzmann, có giá trị  $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ;

$\varepsilon_p, \varepsilon_k$  tương ứng hệ số phát xạ của tấm hấp thụ và kính.

Để đơn giản trong việc tính toán ta tạm coi số hạng thứ hai trong biểu thức (4.3.2) là tuyến tính thì ta có thể viết lại như sau

$$q_{p-c,l} = (h_{p-c,l} + h_{r,l}) (T_p - T_{c,l}) \quad (4.3.3)$$

trong đó, ta đặt 
$$h_{r,l} = \sigma (T_p + T_l) (T_p^2 + T_l^2) / \left( \frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_k} - 1 \right)$$

và  $h_{r,l}$  được gọi là hệ số trao đổi nhiệt do bức xạ giữa tấm hấp thụ và tấm kính phủ thứ nhất. Do đó nhiệt trở  $R_3$  có thể viết

$$R_3 = \frac{1}{h_{p-c,l} + h_{r,l}} \quad (4.3.4)$$

Một cách tương tự ta có thể viết phương trình truyền nhiệt của các cặp kính đây còn lại cho đến tấm cuối cùng với môi trường có nhiệt độ  $T_a$ . Từ đó ta có thể suy ra  $R_4, R_5$  là giống nhau. Nói chung các nhiệt trở này khác với  $R_3$ , vì  $R_3$  có nhận thêm bức xạ từ tấm hấp thụ, còn  $R_4, R_5$  thì không. Hệ số phát xạ của các tấm kính nói chung là khác với hệ số phát xạ của tấm hấp thụ, vì tấm hấp thụ thường được phủ bằng lớp vật liệu có tính chọn lọc với bức xạ có bước sóng thích hợp. Ví dụ, lớp sơn hấp thụ có khả năng hấp thụ cao đối với phổ bức xạ Mặt Trời nhìn thấy được, nhưng lại có khả năng phát xạ thấp đối với phổ bức xạ nhiệt. Các bộ thu thông dụng thường dùng một tấm kính phủ để giá thành thấp, nên tổn thất nhiệt lên phía trên lớn hơn, do đó hiệu suất bị giảm một ít. Tuy nhiên, sự giảm hiệu suất này là không đáng kể so với việc tăng thêm một tấm kính làm cho giá thành của bộ thu tăng một cách đáng kể.

Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa mặt trên của tấm đây cuối cùng và bầu trời cũng giống như biểu thức (4.3.4) nhưng mặt trên của kính có gió thổi qua nên người ta phải dùng thêm công thức thực nghiệm (3.2.8) để xác định hệ số toả nhiệt từ mặt trên của tấm kính cuối cùng với môi trường.

$$h_w = 5,7 + 3,8v$$

trong đó  $v$  là vận tốc gió.

Sự trao đổi nhiệt do hiện tượng bức xạ từ mặt trên của tấm kính trên cùng có nhiệt độ  $T_n$  với bầu trời  $T_n$ . Hệ số trao đổi nhiệt trong trường hợp này được biểu diễn bằng công thức

$$U_t = \left[ \frac{n}{(344/T_p)[(T_p - T)/(n + f)]^{0,31} + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\epsilon_{p1} + 0,0425n(1 - \epsilon_p)]^{-1} + [(2n + f - 1)/\epsilon_k] - n} \quad (4.3.9)$$

trong đó: n- số tấm kính;

$$f = (1,0 - 0,04h_w + 5,0 \cdot 10^{-4}h_w^2)(1 + 0,058n);$$

$\epsilon_k$  - hệ số phát xạ của kính = 0,88;

$\epsilon_p$  - hệ số phát xạ của tấm hấp thụ;

$T_a, T_p$  - tương ứng nhiệt độ môi trường và nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ;

$h_w$  - hệ số trao đổi nhiệt của gió (phương trình 3.2.8).

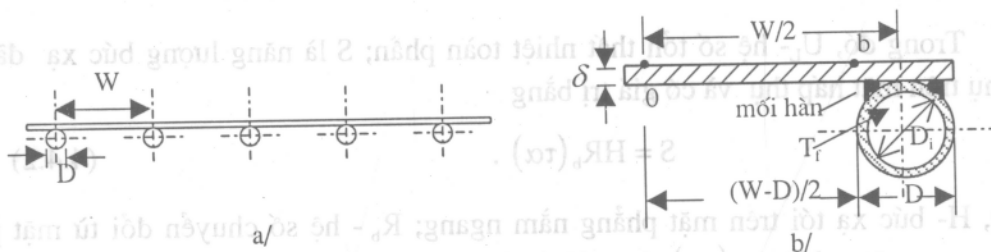
Để tính được hai phương trình (3.3.8) và (3.3.9) ta cần phải biết nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ, cách xác định nhiệt độ trung bình sẽ được đề cập ở phần sau.

#### §4.4. Tính năng lượng có ích $Q_U$

Để xác định năng lượng có ích  $Q_U$  do chất tải nhận được, như mô tả trong phương trình (4.2.1), chúng ta hãy khảo sát một cách tỉ mỉ diễn biến các quá trình truyền nhiệt xảy ra từ tấm hấp thụ vào chất tải nhiệt chảy trong ống dẫn qua thành ống.

##### 4.4.1. Phân bố nhiệt độ theo phương x (vuông góc với dòng chảy)

1- Thiết lập và giải phương trình cân bằng năng lượng trên trục x



Hình 4.4.1. a- Kết cấu kiểu tấm-ống; b- Liên kết giữa tấm và ống bằng mối hàn.

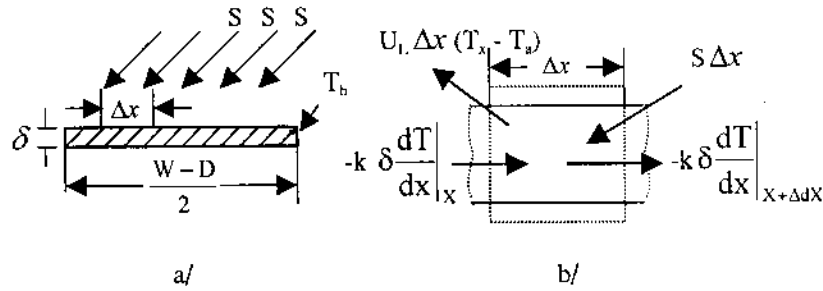
Để thiết lập phương trình ta giả thiết rằng:

a - Sự phân bố nhiệt độ trên tấm hấp thụ không bị ảnh hưởng bởi gradian nhiệt độ theo phương dòng chảy. Dựa trên mô hình kết cấu tấm - ống như được mô tả trên

(hình 4.4.1a,b). Trong đó  $W$  là khoảng cách giữa hai ống;  $D$  - đường kính ống;  $\delta$  - chiều dày tấm hấp thụ,  $k$  - hệ số dẫn nhiệt của tấm,

b- Coi vật liệu tấm hấp thụ có độ dẫn nhiệt tốt và có thể bỏ qua gradian nhiệt độ theo chiều dày tấm; nhiệt độ mỗi hàn bằng nhiệt độ của tấm tại điểm sát thành ống  $T_b$ .

Từ các giả thiết trên ta có thể thiết lập được phương trình cân bằng năng lượng cho một phần tử  $\Delta x$  trên mặt tấm hấp thụ, có chiều rộng bằng một đơn vị dài như mô tả trên (hình 4.4.2a,b).



Hình 4.4.2. Phương truyền nhiệt từ trung tâm cánh vào ống.

Phương trình cân bằng năng lượng trên mặt hấp thụ có phần tử chiều rộng  $dx$ , và chiều ngang bằng một đơn vị dài được biểu diễn bởi phương trình

$$S \Delta x + U_L \Delta x (T_a - T) + (-k \delta \frac{dT}{dx}) \Big|_x - (-k \delta \frac{dT}{dx}) \Big|_{x+\Delta x} = 0 \quad (4.4.1)$$

Trong đó,  $U_L$ - hệ số tổn thất nhiệt toàn phần;  $S$  là năng lượng bức xạ đã được hấp thụ trên mặt hấp thụ và có giá trị bằng

$$S = HR_b (\tau \alpha) . \quad (4.4.2)$$

ở đây,  $H$ - bức xạ tới trên mặt phẳng nằm ngang;  $R_b$  - hệ số chuyển đổi từ mặt phẳng ngang sang mặt nghiêng;  $(\tau \alpha)$ - hệ số hấp thụ tích hợp của hệ số truyền qua và hệ số hấp thụ. Sau khi chia (4.4.1) cho  $\Delta x$  và cho  $\Delta x \rightarrow 0$  ta được

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{U_L}{k \delta} (T - T_a - \frac{S}{U_L}) \quad (4.4.3)$$

Nghiệm của phương trình vi phân này phải thoả mãn với điều kiện ban đầu tại điểm đối xứng qua gốc tọa độ ở điểm giữa hai ống và ở nhiệt độ đang xét là



$$\left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad \text{và} \quad T \Big|_{x=(W-D)/2} = T_b \quad (4.4.4)$$

đặt

$$\frac{U_L}{k\delta} = m^2, \text{ và } \Psi = T - T_a - \frac{S}{U_L} \quad (4.4.5)$$

Khi đó (4.4.3) trở thành:

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} - m^2\Psi = 0 \quad (4.4.6)$$

Phương trình (4.4.6) có các điều kiện biên là :

$$\left. \frac{d\Psi}{dx} \right|_{x=0} = 0, \quad \Psi \Big|_{x=\left(\frac{W-D}{2}\right)} = T_b - T_a - \frac{S}{U_L} \quad (4.4.7)$$

Và phương trình có nghiệm tổng quát là:

$$\Psi = C_1 \sinh mx + C_2 \cosh mx \quad (4.4.8)$$

Các hằng số  $C_1$  và  $C_2$  có thể xác định được từ các điều kiện biên. Sau khi kết hợp các phương trình (4.4.6) (4.4.7) và (4.4.8) ta có được biểu thức

$$\frac{T - T_a - S/U_L}{T_b - T_a - S/U_L} = \frac{\cosh mx}{\cosh m\left(\frac{W-D}{2}\right)} \quad (4.4.9)$$

Thông lượng nhiệt truyền từ gốc "0" (trung tâm cánh) đến mép cánh (cạnh ống) trên một đơn vị dài dọc theo dòng chảy, có thể được xác định nhờ phương trình Fourier như biểu thức

$$q_{b,\varphi} = -k\delta \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=(W-D)/2} = \frac{k\delta m}{U_L} [S - U_L(T_b - T_a)] \operatorname{tgh}\left(m \frac{W-D}{2}\right) \quad (4.4.10)$$

Cần chú ý rằng, năng lượng chuyển từ trung tâm cánh về phía ống vừa nhận được theo biểu thức (4.4.10) mới chỉ có một bên. Tất nhiên, phía đối diện cũng có một thông lượng nhiệt như thế chuyển về phía ống. Từ định nghĩa (4.4.5)  $\frac{k\delta m}{U_L}$  đúng bằng  $\frac{1}{m}$ , do đó ta có tổng thông lượng nhiệt gửi đến ống từ hai phía là:

$$q_{b,\varphi} = (W - D) [S - U_L(T_b - T_a)] \frac{\operatorname{tgh} [m.(W - D)] \cdot 2}{m.(W - D) \cdot 2} \quad (4.4.11)$$

Thừa số cuối cùng trong biểu thức (4.4.11) có ý nghĩa vật lý đóng vai trò hiệu suất truyền dẫn năng lượng từ trung tâm "0" về mép cánh "b", nên được gọi là *hiệu suất cánh* (Fin-efficiency)

$$F = \frac{\operatorname{tgh} [m(W - D)]}{m(W - D)} \quad (4.4.12)$$

Thay (4.4.12) vào biểu thức (4.4.11) ta được

$$q_{b,o} = (W - D) F [S - U_L (T_b - T_a)] \quad (4.4.13)$$

Biểu thức (4.4.11) phù hợp với cánh có tiết diện hình chữ nhật. Đường cong biểu diễn F (hiệu suất cánh) là hàm phụ thuộc vào khoảng cách giữa trung tâm cánh và mép cánh (thành ống) như đã cho thấy trên (hình 4.4.3). Thêm vào đó, phần diện tích của tấm nằm ngay phía trên ống có chiều rộng bằng đường kính ống, cũng nhận trực tiếp năng lượng bức xạ  $Sx D$ . Do vậy năng lượng tổng cộng tập trung trên diện tích tấm phía trên ống là

$$q_o = D [S - U_L (T_b - T_a)] \quad (4.4.14)$$

Hình 4.4.3 cho thấy hiệu suất cánh F còn phụ thuộc vào kđ, vào giá trị của hệ số tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L$ , vào đường kính ống và chiều rộng cánh.

Cuối cùng, năng lượng mà tấm hấp thụ có chiều rộng của cánh W, chiều dài bằng một đơn vị nhận được là:

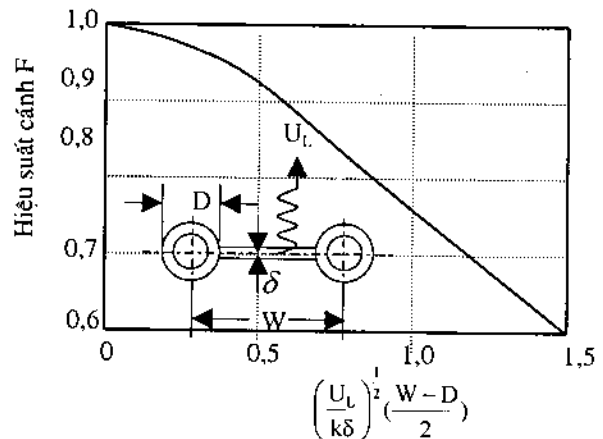
$$q_u = [(W - D) F + D] [S - U_L (T_b - T_a)] \quad (4.4.15)$$

Năng lượng này được dẫn qua thành ống và trao đổi với chất tải nhiệt chảy trong ống.

Từ các biểu thức (3.3.2) và (4.3.1) thì năng lượng mà chất tải nhiệt nhận được từ mặt hấp thụ trên một đơn vị diện tích được biểu diễn bằng biểu thức

$$q_u = \frac{T_b - T_f}{1 + (h_{f,i} \pi D_i) + 1 C_b} \quad (4.4.16)$$

trong đó, các số hạng ở mẫu số thể hiện nhiệt trở của thành ống và nhiệt trở của mối hàn;  $h_{f,i}$  - hệ số toả nhiệt từ ống vào chất tải nhiệt;  $D_i$  - đường kính trong của ống;  $C_b$  là hệ



Hình 4.4.3. Đường cong hiệu suất cánh phụ thuộc vào giá trị của  $\left(\frac{U_L}{k\delta}\right)^1 \left(\frac{W-D}{2}\right)$ .

số dẫn nhiệt của mối hàn, nó có thể được xác định qua hệ số dẫn nhiệt  $k_b$  và chiều dày của mối hàn  $\gamma$ , và chiều rộng của mối hàn  $b$  bằng biểu thức sau

$$C_b = \frac{k_b \cdot b}{\gamma} \quad (4.4.17)$$

Độ dẫn nhiệt mối hàn đóng một vai trò quan trọng trong bộ thu, nếu hàn không tốt sẽ làm giảm đáng kể hiệu suất của bộ thu. Thực nghiệm chứng tỏ rằng để không làm ảnh hưởng đến hiệu suất của bộ thu thì nhiệt trở mối hàn phải nhỏ hơn  $0,03m^{\circ}C/W$ .

Vì thực tế không thể xác định được nhiệt độ  $T_b$  của tấm hấp thụ, nên để thuận tiện cho việc tính toán năng lượng có ích của bộ thu ta phải loại trừ  $T_b$  ra khỏi các biểu thức trên, và thay vào đó là nhiệt độ của chất lỏng  $T_f$  tại thời điểm đó. Như vậy biểu thức (4.4.16) có thể viết lại bằng

$$q_u = WF [S - U_L (T_f - T_a)] \quad (4.4.18)$$

ở đây,  $F'$  được gọi là *hiệu suất hiệu dụng*, nó có giá trị bằng

$$F' = \frac{1 U_L}{W \left[ \frac{1}{U_L [D + (W - D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i h_{f,i}} \right]} \quad (4.4.19)$$

Để làm rõ ý nghĩa vật lý của đại lượng  $F'$  trong biểu thức (4.4.19) ta có nhận xét rằng mẫu số của biểu thức này phải có thứ nguyên là nhiệt trở truyền nhiệt từ chất tải nhiệt ra môi trường không khí. Nhiệt trở này được ký hiệu là  $\frac{1}{U_0}$ , còn tử số chính là nhiệt trở truyền nhiệt từ tấm hấp thụ ra môi trường không khí. Như vậy  $F'$  là tỷ số của hai loại nhiệt trở trên. Hay

$$F' = \frac{U_0}{U_L} \quad (4.4.20)$$

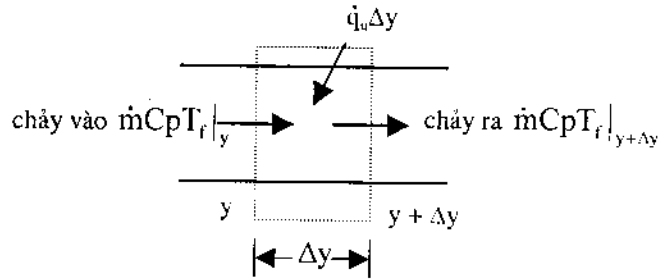
Có một cách giải thích khác đối với  $F'$ , từ hệ thức (4.4.18) là tại một vị trí xác định trên mặt hấp thụ,  $F'$  chính là tỉ số của năng lượng có ích và năng lượng mà tấm hấp thụ nhận được, khi nhiệt độ tấm hấp thụ tại điểm  $b$  là  $T_b$  (hình 4.4.1a) có cùng nhiệt độ với chất lỏng,  $T_f$ . Nói chung hiệu suất hiệu dụng  $F'$  không phụ thuộc vào cách thiết kế bộ thu và tốc độ của dòng chảy của chất lỏng trong ống. Tuy nhiên, theo biểu thức (4.4.19)

thì các tỉ số  $\frac{U_L}{C_b}$  và  $\frac{U_L}{h_{f,i}}$  vẫn có phụ thuộc ít nhiều vào nhiệt độ.

#### 4.4.2. Phương trình cân bằng năng lượng theo chiều dòng chảy

Ở trên ta đã tính được năng lượng có ích  $q_u$  mà chất lỏng tải nhiệt nhận được từ tấm hấp thụ trên một đơn vị dài dọc theo dòng chảy như biểu thức (4.4.18). Tiếp theo ta sẽ tính chất lỏng nhận nhiệt trong suốt chiều dài dọc theo dòng chảy.

Giả sử tại điểm  $y$  chất lỏng chảy vào có nhiệt độ  $T_{f,i}$  và tại vị trí  $y + \Delta y$  nhiệt độ của chất lỏng nhận thêm năng lượng từ tấm hấp thụ nên có nhiệt độ  $T_{f,(y+\Delta y)} > T_{f,i}$ . Phần khung nét đứt trên (hình 4.4.4).



Hình 4.4.4. Cân bằng năng lượng trong một phần tử thể tích chất lỏng.

Từ hình 4.4.4 ta có thể viết phương trình cân bằng năng lượng cho một phần tử chất lỏng chứa trong ống có chiều dài  $\Delta y$ , và chiều rộng bằng một đơn vị

$$\dot{m}C_p T_f|_y - \dot{m}C_p T_f|_{y+\Delta y} + \Delta y q_u = 0 \quad (4.4.21)$$

Trong đó  $\dot{m}$  là lưu lượng của chất tải nhiệt (kg/s). Chia hai vế của phương trình (4.4.21) cho  $\Delta y$  và cho  $\Delta y \rightarrow 0$  đồng thời thay  $q_u$  từ phương trình (4.4.18) vào (4.4.21) ta nhận được:

$$\dot{m}C_p \frac{dT_f}{dy} - WF[S - U_L(T_f - T_a)] = 0 \quad (4.4.22)$$

Nếu giả thiết rằng  $F$  và  $U_L$  đều không phụ thuộc vị trí thì nghiệm của phương trình (4.4.22) tại một vị trí bất kỳ với nhiệt độ đầu vào là  $T_{f,i}$  sẽ là:

$$\frac{T_f - T_a - S U_L}{T_{f,i} - T_a - S U_L} = \exp[-U_L WFy / \dot{m}C_p] \quad (4.4.23)$$

Khi thay  $y = L$  là chiều dài của ống thì từ (4.4.23) ta sẽ nhận được nhiệt độ đầu ra của chất lỏng là  $T_{f,o}$

#### 4.4.3. Hiệu suất thoát và thừa số lưu thông

Để tính toán định lượng cho bộ thu người ta đưa ra khái niệm *hiệu suất thoát* đó là tỷ số giữa năng lượng mà chất lỏng thật sự nhận được trong quá trình chảy từ đầu đến cuối ống so với năng lượng của tấm hấp thụ nhận được trong cùng một thời gian. Về mặt toán học thì định nghĩa này được mô tả bằng biểu thức

$$F_R = \frac{GC_p (T_{f,0} - T_{f,i})}{[S - U_L (T_{f,i} - T_a)]} \quad (4.4.24)$$

trong đó, G lưu lượng chất lỏng trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ). Ta có thể biến đổi biểu thức (4.4.24) dưới một dạng khác để thuận tiện trong việc tính toán sau này như sau

$$F_R = \frac{GC_p}{U_L} \left[ \frac{T_{f,0} - T_{f,i}}{S U_L - (T_{f,i} - T_a)} \right] = \frac{GC_p}{U_L} \left[ \frac{(T_{f,0} - T_a - S U_L) - (T_{f,i} - T_a - S U_L)}{S U_L - (T_{f,i} - T_a)} \right] \quad (4.4.25)$$

hay

$$F_R = \frac{GC_p}{U_L} \left[ 1 - \frac{S U_L - (T_{f,0} - T_a)}{S U_L - (T_{f,i} - T_a)} \right] \quad (4.4.26)$$

Sau khi so sánh phương trình này với phương trình (4.4.23) và thay  $y = L$  ta nhận được

$$F_R = \frac{GC_p}{U_L} [1 - \exp(-U_L F' / GC_p)] \quad (4.4.27)$$

ở đây, ta đã đặt  $W.L = A_w$  là diện tích của cả tấm, và  $G = \frac{\dot{m}}{A_w}$  - lưu lượng trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian.

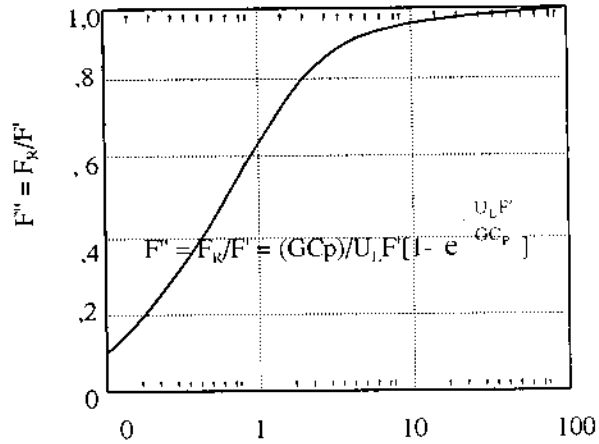
Để biểu diễn phương trình (4.4.27) bằng đồ thị được thuận tiện, người ta đưa thêm một thông số mới để phương trình trên chỉ còn một biến là  $F''$  đó là tỷ số của hiệu suất lưu thông và hiệu suất hiệu dụng

$$F'' = \frac{F_R}{F'} \quad (4.4.28)$$

và  $F''$  được gọi là *thừa số lưu thông* đó là hàm một biến của  $U_L F' / GC_p$  (hoặc  $U' / GC_p$ ). Từ đó ta có được tổng năng lượng có ích mà bộ thu đã nhận được bằng

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_{li} - T_a)] \quad (4.4.29)$$

Phương trình này cho biết khi nhiệt độ môi trường không đổi thì tổng năng lượng có ích mà bộ thu nhận được chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ ban đầu của chất lỏng, mà ta hoàn toàn có thể xác định được, nên rất thích hợp cho việc tính toán hiệu suất bộ thu. Đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của thừa số lưu thông  $F''$  vào  $GC_p/U_L F'$  được mô tả trên hình (4.4.5).



Hình 4.4.5. Thừa số lưu thông  $F''$  là hàm của  $GC_p/U_L F'$ .

Từ (4.4.27) ta có nhận xét rằng, khi lưu lượng chất tải nhiệt tăng lên thì nhiệt độ  $T_{l,i}$  sẽ giảm và  $F_R$  tăng. Do đó  $F''$  cũng tăng, tức là khả năng lưu thông tốt làm cho hiệu suất tăng. Nên nhớ rằng thừa số thoát nhiệt  $F''$  luôn nhỏ hơn hiệu suất hiệu dụng  $F'$ .

Từ công thức (4.4.29) ta tính được hiệu suất theo giờ và theo ngày của bộ thu:

- Hiệu suất của bộ thu tính theo giờ :

$$\eta_{\text{giờ}} = \frac{Q_u}{HRA_c} \quad (4.4.30)$$

- Hiệu suất của bộ thu tính theo ngày:

$$\eta_{\text{ngày}} = \frac{\sum Q_u}{A_c \sum HR} \quad (4.4.31)$$

trong đó,  $A_c$  - Diện tích bộ thu;  $H$  - cường độ tổng xạ trên mặt phẳng nằm ngang;  $R$  - hệ số chuyển đổi tổng xạ.

#### §4.5. Tính nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ

Để đánh giá được hiệu quả làm việc của bộ thu nhất thiết ta phải xác định được tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L$ . Tuy nhiên,  $U_L$  là một hàm phụ thuộc nhiệt độ của tấm hấp thụ như thể hiện trong biểu thức (4.3.9), nhưng nhiệt độ của tấm hấp thụ lại không đồng đều trong toàn bộ diện tích. Thường thì nhiệt độ phía nước chảy vào thấp hơn nhiệt độ phía nước chảy ra, nên để tính chính xác giá trị của tổn thất nhiệt  $U_L$  ta phải dùng giá trị nhiệt độ trung bình, bằng cách lấy tích phân phương trình (4.4.23) theo biến thiên nhiệt độ dọc theo dòng chảy từ  $y=0$  đến  $y=L$ .

$$T_{f,m} = \frac{1}{L} \int_0^L T_{f,y} dy \quad (4.5.1)$$

Sau khi thay  $F_R$  từ phương trình (4.4.27) vào phương trình (4.4.29) ta tính được giá trị trung bình của chất lỏng. Sau khi thay giá trị này vào phương trình (4.5.1) ta rút ra được nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{Q_u A_c}{U_L F_R} \left[ 1 - \frac{F_R}{F} \right] \quad (4.5.2)$$

Nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ luôn cao hơn nhiệt độ trung bình của chất lỏng tải nhiệt, vì có tổn thất nhiệt khi truyền nhiệt từ tấm hấp thụ vào chất tải nhiệt.

Với chất tải nhiệt là chất lỏng thì sự sai khác nhiệt độ giữa tấm hấp thụ và chất lỏng là khá nhỏ, tuy nhiên với chất tải nhiệt là chất khí thì sự sai khác này là đáng kể. Mặt khác sự sai khác nhiệt độ giữa tấm hấp thụ và chất tải nhiệt còn thay đổi theo chiều dòng chảy nên cũng làm cho giá trị của  $U_L$  thay đổi theo. Tuy nhiên, một cách gần đúng ta có thể lấy giá trị sai khác trung bình theo biểu thức sau

$$T_{p,m} - T_{f,m} = Q_u R_{p,f} \quad (4.5.3)$$

trong đó,  $T_{p,m}$  và  $T_{f,m}$  tương ứng là nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ và chất tải nhiệt;  $R_{p,f}$  là nhiệt trở giữa tấm hấp thụ và chất tải nhiệt, chính là nghịch đảo của năng lượng nhiệt truyền qua mặt tiếp xúc giữa ống và chất tải. Trong bộ thu dạng cánh - ống thì nó được tính theo biểu thức sau

$$R_{p,f} = \frac{1}{h_{f,i} \pi D_i n L} \quad (4.5.4)$$

trong đó,  $n$  và  $L$  - tương ứng số lượng ống và chiều dài ống.

**Ví dụ 4.1.** Tính nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ. Biết  $U_L = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $F = 0,897$ ;  $F_R = 0,824$ ,  $q_u = 300 \text{ W/m}^2$ ;  $h_{f,i} = 1450 \text{ W/m}^2\text{C}$ , chiều rộng 1m, chiều dài 2m, khoảng cách giữa các ống  $W=0,15\text{m}$ , đường kính ống 2cm, nhiệt độ đầu vào  $60^\circ\text{C}$ .

**Giải:**

Từ phương trình (4.5.2) ta có :

$$T_{f,m} = 60 + \frac{300}{8 \times 0,824} \left[ 1 - \frac{0,824}{0,897} \right] = 64^\circ\text{C}$$

thay giá trị này vào phương trình (4.5.3), ta được

$$T_{p,m} = 64 + \frac{300 \times 2 \times 1}{1450 \times \pi \times 0,02 \times 2 \times 1 / 0,15} = 64,5^\circ \text{C}$$

Dùng giá trị vừa tìm được thay vào phương trình (3.3.10) ta sẽ tìm được  $U_1$  và cùng với (4.3.1) tính được  $U_L$

#### § 4. 6 Nhiệt dung hiệu dụng của bộ thu

Trong thực tế các bộ thu làm việc dưới tác động của nhiều yếu tố thường có tính chất không ổn định như: Cường độ bức xạ Mặt Trời, và thời tiết trong ngày (có lúc bị mây che), nhiệt độ môi trường, tốc độ gió, v.v... luôn thay đổi. Vì vậy, năng lượng bức xạ mà bộ thu nhận được có một phần dùng để nung nóng các vật liệu cấu tạo bộ thu, (phần năng lượng  $Q_s$  tích lại trong bộ thu, như đã mô tả trong biểu thức (4.2.1)). Giá trị của  $Q_s$  phụ vào nhiệt dung riêng của các vật liệu cấu tạo nên bộ thu. Nhiệt dung tích trong một đơn vị khối lượng của bộ thu được gọi là *nhiệt dung hiệu dụng*. Nhờ nhiệt dung hiệu dụng mà khi các yếu tố bên ngoài thay đổi, thì phần nhiệt đã được tích lại trước đó sẽ làm chậm quá trình thay đổi nhiệt độ của tấm hấp thụ. Dưới đây ta sẽ xây dựng biểu thức xác định định lượng của đại lượng này.

Để đơn giản ta xét bộ thu chỉ có một tấm kính phủ, và giả thiết rằng các bộ phận cấu thành của bộ thu như: tấm hấp thụ, vật liệu làm ống dẫn, nước trong ống, đáy cách nhiệt v.v... vào đầu giờ sáng có nhiệt độ ban đầu như nhau, trừ tấm kính phủ có nhiệt độ khác. Như vậy, sự cân bằng năng lượng của bộ thu bao gồm: tấm hấp thụ, nước, ống dẫn và đáy cách nhiệt.

Sau đây lần lượt thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng cho từng bộ phận.

- Phương trình cân bằng năng lượng trên tấm hấp thụ

$$(mC)_p \frac{dT_p}{dt} = S + U_1(T_c - T_p) \quad (4.6.1)$$

trong đó, các chỉ số "C" và "P" là các ký hiệu tương ứng với kính và tấm hấp thụ;  $U_1$  là suất tổn thất nhiệt từ tấm hấp thụ lên tấm kính.

- Phương trình cân bằng năng lượng đối với tấm kính

$$(mC)_c \frac{dT_c}{dt} = U_1(T_p - T_c) + U_2(T_a - T_c) \quad (4.6.2)$$

trong đó,  $U_1$  - suất tổn thất nhiệt từ tấm hấp thụ đến kính;

$U_2$  - suất tổn thất từ tấm kính ra môi trường ;

$T_a$  là nhiệt độ môi trường;



$(mC)_c, (mC)_p$  - tương ứng năng lượng nhiệt tích trong kính và tấm hấp thụ.

Ta có thể giải được hai vế của phương trình (4.6.2) một cách đồng thời, tuy nhiên cũng có thể đơn giản bằng cách giả thiết rằng tỉ số  $(T_c - T_a)/(T_p - T_a)$  luôn không đổi và giữ nguyên như tỉ lệ ban đầu. Nhờ đó mà ta có thể viết hệ thức cân bằng sau

$$U_2(T_c - T_a) = U_1(T_p - T_a) \quad (4.6.3)$$

Ở đây,  $U_L$  là suất tổn thất nhiệt toàn phần,  $U_L = U_1 U_2 / (U_1 + U_2)$ . Khi lấy đạo hàm phương trình (4.6.3) đối với thời gian và cho  $T_a = \text{const}$ , ta được :

$$\frac{dT_c}{dt} = \frac{U_L}{U_2} \frac{dT_p}{dt} \quad (4.6.4)$$

Sau khi cộng các phương trình (4.6.1) và (4.6.2), có sử dụng (4.6.4) ta sẽ nhận được phương trình vi phân dưới đây chỉ còn chứa một biến số  $T_p$  là nhiệt độ của tấm hấp thụ

$$\left[ (mC)_p + \frac{U_L}{U_2} (mC)_c \right] \frac{dT_p}{dt} = S - U_L (T_p - T_a) \quad (4.6.5)$$

Số hạng chứa trong ngoặc vuông chính là nhiệt dung hiệu dụng của bộ thu chỉ có một tấm kính. Nếu bộ thu có  $n$  tấm kính phủ thì nhiệt dung hiệu dụng của bộ thu được mô tả bằng phương trình sau:

$$(mC)_e = (mC)_p + \sum_{i=1}^n a_i (mC)_{c,i} \quad (4.6.6)$$

ở đây,  $a_i = \left( \frac{U_L}{U_2} \right)_i$  tỉ số tổn thất nhiệt toàn phần và tổn thất nhiệt qua tấm dây thứ  $i$  ra môi trường.

Sự đơn giản hoá như đã dẫn ra ở phương trình (4.6.5) rất có ý nghĩa khi giải bài toán xác định nhiệt dung hiệu dụng của bộ thu. Vì nó giúp ta giải phương trình vi phân bậc nhất thay vì phải giải phương trình vi phân bậc  $(n+1)$ . Sai số gây ra bởi việc đơn giản hoá này khó mà xác định được nếu so với nhiều bài toán vi phân không giải được, nhưng nói chung là sai số không lớn lắm. Khi ta giả thiết cường độ bức xạ gửi đến tấm hấp thụ là  $S$ , và nhiệt độ môi trường  $T_a$  không đổi trong suốt thời gian  $\tau =$  một giờ, thì nghiệm của phương trình (4.6.5) có dạng

$$\frac{S - U_L (T_p - T_a)}{S - U_L (T_{p, \text{ban đầu}} - T_a)} = \exp \left[ - \frac{A_c U_L \tau}{(mc)_e} \right] \quad (4.6.7)$$

Nhiệt độ của tấm hấp thụ  $T_p$  có thể xác định ở cuối mỗi khoảng thời gian ứng với các thông số  $S$ ,  $U_1$ ,  $T_a$ . Khi tính nhiệt độ cho cả quá trình ta dùng phương trình ( $T_p = T_p + 1$ ) nghĩa là nhiệt độ của cuối bước trước được dùng làm nhiệt độ đầu vào của bước tiếp theo. Dùng phép tính lặp đối với phương trình (4.6.7) ứng với mỗi bước thời gian bằng một giờ, ta sẽ nhận được nhiệt độ của tấm hấp thụ là một hàm phụ thuộc thời gian.

Sau khi biết được nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ ta tính được năng lượng có ích  $Q_u$  của bộ thu. Tuy nhiên, trong thực tế năng lượng này nhỏ hơn năng lượng mà bộ thu đã nhận được, vì một phần năng lượng đã được tích lại trong bộ thu qua nhiệt dung hiệu dụng của nó. Mặt khác, năng lượng này cũng có thể được xác định bằng tích của nhiệt dung hiệu dụng của bộ thu và độ chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ trung bình của bộ thu, lúc ban đầu với nhiệt độ trung bình tại thời điểm tính, hoặc chênh lệch nhiệt độ giữa đầu giờ buổi sáng và nhiệt độ trung bình vào cuối giờ chiếu. Tuy nhiên, sự tổn thất do nhiệt dung hiệu dụng nhỏ hơn rất nhiều so với sự chiếu sáng không liên tục do bị mây che, hoặc do gió thổi mạnh v.v..., nên trong tính toán cho bộ thu phẳng tổn thất này thường được bỏ qua.

**Bài tập ứng dụng:** Tính hiệu suất bộ đun nước nóng bằng năng lượng Mặt Trời với các dữ kiện sau:

Diện tích mặt hứng nắng bằng  $2m^2$ , lúc 10h30 ngày 20 tháng 8, vĩ độ nơi đặt bộ thu  $\varphi = 20^\circ N$ ; kết cấu dạng cánh - ống, đặt nghiêng một góc  $\beta = 30^\circ$ ; chiều dày tấm hấp thụ  $\delta = 0,5mm$ ; hệ số dẫn nhiệt của tấm hấp thụ  $k_1 = 210W/(mK)$ ; hệ số phát xạ của tấm hấp thụ  $\varepsilon_p = 0,5$ ; hệ số phát xạ của tấm kính  $\varepsilon_k = 0,9$ ; cường độ bức xạ trên mặt phẳng nằm ngang  $H = 510 W/m^2$ ; hệ số hấp thụ của tấm hấp thụ  $\alpha = 0,94$ ; chiều dày tấm kính  $l_1 = 4mm$ ; độ suy giảm của tấm kính  $k_2 = 0,32cm^{-1}$ ; vận tốc gió trên mặt kính  $v = 2m/s$ ; số lượng tấm kính  $N = 1$ ; hệ số trao đổi nhiệt giữa tấm hấp thụ và nước trong ống dẫn  $h_{12} = 1.54W/(m^2K)$ ; tổn thất nhiệt toàn phần giả thiết  $U_L = 5,5W/(m^2K)$ ; độ dẫn nhiệt của mối hàn  $C_b = \infty$ ; nhiệt độ đầu vào của nước  $T_{li} = 32^\circ C$ ; nhiệt độ môi trường  $T_a = 25^\circ C$ ; chiều rộng của cánh  $W = 20cm$ ; đường kính ngoài của ống  $D = 2cm$ ; đường kính trong của ống  $D_i = 1,8cm$ ; lưu lượng của nước  $G = 0,01kg/(m^2s)$ ; nhiệt dung riêng đẳng áp của nước  $C_p = 4,18kJ/kg$ ; chiều dày của lớp đáy cách nhiệt  $l_3 = 5cm$ ; hệ số dẫn nhiệt của chất cách nhiệt  $k_3 = 0,048W/(mK)$ .

### Bài giải

1/- Tính hệ số chuyển đổi  $R_b$  từ mặt nằm ngang sang mặt phẳng nghiêng (để đơn giản ta chỉ tính cho thành phần trực xạ), từ công thức (1.5.13)

$$R_b = \frac{H \cos \theta_1}{H \cos \theta_2} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta}$$

- Từ số liệu cho của đề bài tính góc lệch Mặt Trời của ngày 20/8 (n=232) theo công thức (1.4.7), ta tính được  $\delta = 12,1^{\circ}$ ; ; góc giờ của Mặt Trời  $\omega$  được tính theo công thức (1.5.1).

$$\omega = (12-t)15^{\circ} = (12 - 10,5) = 22,5^{\circ}$$

Từ các kết quả vừa tìm được cùng với  $\varphi = 20^{\circ}$ ,  $\beta = 30^{\circ}$  ta tính được  $\cos\theta_T$  và  $\cos\theta_Z$

$$\cos\theta_T = \cos(20-30)\cos(12,1)\cos(22,5) + \sin(20-30)\sin(12,1) = 0,85323$$

$$\cos\theta_Z = \cos(43)\cos(-21,269)\cos(22,5) + \sin(43)\sin(-21,269) = 0,92057$$

Thay các giá trị vừa tìm được vào (1.5.13) ta nhận được  $R_p = 0,9268$

2/- Tính các góc tương tác giữa tia bức xạ và kính

- Góc tới trên mặt phẳng nghiêng: từ kết quả đã tính ở trên ta có

$$\cos\theta_T = 0,8532 \Rightarrow \theta_T = \arccos(0,85323) = 31,43^{\circ}$$

- Góc khúc xạ khi tia bức xạ đi qua hai môi trường không khí và kính, theo công thức (2.1.4).

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} \Rightarrow \theta_2 = \arcsin\left(\frac{\sin\theta_T}{n_{\text{thủy tinh}}}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin 31,43}{1,526}\right) = 19,98^{\circ}$$

- Góc phản xạ, tính theo công thức (2.1.3)

$$\rho = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)} + \frac{\text{tg}^2(\theta_2 - \theta_1)}{\text{tg}^2(\theta_2 + \theta_1)} \right] =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(19,98 - 31,43)}{\sin^2(19,98 + 31,43)} + \frac{\text{tg}^2(19,98 - 31,43)}{\text{tg}^2(19,98 + 31,43)} \right] = \frac{1}{2} [0,0645 + 0,0261] = 0,0453$$

- Góc truyền qua (phụ thuộc phương của góc tới), theo công thức (2.1.7)

$$\tau_r = \frac{1}{2} \left[ \frac{1 - \rho_v}{1 + \rho_v} + \frac{1 - \rho_s}{1 + \rho_s} \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{1 - 0,0645}{1 + 0,0645} - \frac{1 - 0,0261}{1 + 0,0261} \right]$$

$$= \frac{1}{2} [0,8788 + 0,9491] = 0,91395$$

- Hệ số truyền qua suy giảm (có kể đến hấp thụ), dùng công thức (2.1.10)

$$\tau_a = e^{-k_2 l / \cos\theta_2} = e^{-0,32 \cdot 0,4 / \cos 19,98} = 0,8727$$

- Hệ số truyền qua toàn phần, theo công thức (2.1.11)

$$\tau = \tau_r \tau_\alpha = 0,91395 \times 0,8727 = 0,7976$$

- Hệ số hấp thụ tích hợp hấp thụ truyền qua tính theo công thức (2.1.12)

$$(\tau\alpha) = \frac{\tau\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_d} = \frac{0,7976 \times 0,94}{1 - (1 - 0,94)0,0453} = 0,7518$$

3/- Tính năng lượng bức xạ tới mặt hấp thụ, theo công thức (4.4.2)

$$S = HR_b(\tau\alpha) = 510 \times 0,92685 \times 0,7518 = 355,37 \text{ W/m}^2$$

4/- Tính các thông số hiệu suất

- Hiệu suất cánh, theo công thức (4.4.12)

$$F = \frac{\operatorname{tgh}\left[\frac{m(W-D)}{2}\right]}{m(W-D)} \quad (1)$$

trong đó m, tính theo công thức (4.4.5)  $m = \sqrt{\frac{U_L}{k_1 \delta}} = \sqrt{\frac{5,5}{210 \times 0,5 \cdot 10^{-3}}} = 7,2375$

Thay giá trị vừa tính được vào (1)

$$F = \frac{\operatorname{tgh}\left[7,2375 \frac{(20-2) \cdot 10^{-2}}{2}\right]}{7,2375 \frac{(20-2) \cdot 10^{-2}}{2}} = 0,8791$$

- Tính hiệu suất hiệu dụng, theo công thức (4.4.19)

$$F' = \frac{1}{U_L} = \frac{1}{W \left[ \frac{1}{U_L [D + (W-D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i h_{\text{Dinh},i}} \right]} = \frac{1}{0,2 \left[ \frac{1}{5,5 [0,02 + (0,2 - 0,02)0,8791]} + \frac{1}{\infty} + \frac{1}{\pi \times 0,018 \times 1540} \right]} = 0,8813$$

- Hiệu suất lưu thông, theo công thức (4.4.27)

$$F_R = \frac{GC_p}{U_j} [1 - \exp(-\frac{U_L F'}{GC_p})] = \frac{0,01 \times 4,18 \cdot 10^3}{5,5} [1 - \exp(-\frac{5,5 \times 0,8813}{0,01 \times 4,18 \cdot 10^3})] = 0,8321$$

4/- Tính năng lượng có ích, theo công thức(4.4.29)

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_{f,r} - T_u)] = 2 \times 0,8321 [355,37 - 5,5(32 - 250)] = 527,3359W$$

5/- Tính hiệu suất giờ, theo công thức (4.4.30)

$$\eta_{gio} = \frac{Q_u}{HR_b A_c} = \frac{527,335}{510 \times 0,92685 \times 2} = 0,5578$$

6/- Tính nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ, theo công thức(4.5.3)

$$T_{p,m} = T_{f,m} + Q_u R_{p,f} \quad (2)$$

Để tính nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ trước hết ta tính:

- Nhiệt độ trung bình của chất lỏng, theo công thức (4.5.2)

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{Q_u / A_c}{U_L F_R} [1 - \frac{F_R}{F'}] = 32 + \frac{527,335}{2 \times 5,5 \times 0,8321} [1 - \frac{0,8321}{0,8813}] = 35,216^\circ C$$

- Nhiệt trở qua thành ống, theo công thức (4.5.4)

$$R_{p,f} = \frac{1}{h_{f,i} \pi D_i n L} = \frac{1}{1540 \times \pi \times 0,018 \times \frac{1}{0,2} \times 2} = 0,0011483$$

Nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ, thay các giá trị vừa tính vào (2), ta có

$$T_{p,m} = 35,216 + 527,335 \times 0,0011483 = 35,82^\circ$$

Theo đầu bài tổn thất nhiệt toàn phần là theo giả thiết nên ta cần phải kiểm tra lại xem tổn thất nhiệt toàn phần thực tế có trùng với giả thiết hay không. Nếu trùng thì bài toán coi như đã được giải xong với các kết quả:

$$Q_u = 327,335W; \text{ hiệu suất giờ } \eta = 55,78\%$$

Nếu giá trị tổn thất nhiệt  $U_L$  tính theo các kết quả vừa tìm được không trùng với giả thiết, thì phải dùng giá trị vừa tính được thay cho giá trị giả thiết (cho trong đề bài) để tính lại từ đầu. Tức là phải dùng phương pháp lặp để tìm ra kết quả gần đúng nhất với giá trị sai số cho trước. Ví dụ, trong bài toán này giá trị tìm được có sai số tương đối của tổn thất nhiệt không quá 2%. Có nghĩa là sai số của giá trị tính cuối cùng so với giá trị của bước tính trước đó phải thoả mãn  $\frac{\Delta U_L}{U_L} < 0,02$ .

\* Các bước xác định sai số tương đối  $\frac{\Delta i_s}{i_s}$  được tiến hành như sau:

Tính giá trị tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L = U_b + U_i$  theo các công thức (4.3.1) và (4.3.9)

- Theo công thức (4.3.1) thì tổn thất qua mặt đáy là

$$U_b = \frac{k_s}{l_2} = \frac{0,048}{0,05} = 0,96 \text{ (W/m}^2 \text{K)}$$

- Theo công thức (4.3.9) tổn thất nhiệt qua mặt trên là

$$U_i = \left[ \frac{n}{(344/T_p)[(T_p - T)/(n + f)]^{0,31} + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,0425n(1 - \varepsilon_p)]^{-1} + [(2n + f - 1)/\varepsilon_k] - n} \quad (4.3.9)$$

trong đó, n- số tấm kính;

$$f = (1,0 - 0,04h_w + 5,0 \cdot 10^{-4}h_w^2)(1 + 0,058n); \quad (3)$$

$\varepsilon_k$  - hệ số phát xạ của kính = 0,88;

$\varepsilon_p$  - hệ số phát xạ của tấm hấp thụ;

$T_a, T_p$  - tương ứng nhiệt độ môi trường và nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ;

$h_w$ - hệ số trao đổi nhiệt với gió, phương trình (3.2.8).

Trong công thức (4.3.9) có chứa thừa số hiệu chỉnh f và  $h_w$ , do đó ta cần phải tính các thừa số này theo dữ kiện của đầu bài.

Theo công thức (3.2.8) thì hệ số trao đổi nhiệt với gió có giá trị

$$h_w = 5,7 + 3,8v = 5,7 + 3,8 \times 2 = 13,3 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Thay giá trị này vào (3) ta tính được

$$f = [1,0 - 0,04 \times 13,3 + 5,0 \cdot 10^{-4} \times (13,3)^2](1 + 0,058 \times 1) = 0,5887$$

Thay các giá trị từ kết quả tính toán ở trên vào công thức (4.3.9) ta nhận được

$$U_i = 4,2995 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

Từ đó ta nhận được

$$U_L = U_b + U_i = 0,96 + 4,2995 = 5,2595 \text{ (W/m}^2 \text{K)}$$

- Sai số tương đối của kết quả vừa nhận được so với giả thiết

$$\frac{\Delta U_L}{U_L} = \frac{5,5 - 5,295}{5,5} = 0,04373$$

Giá trị này lớn hơn 2%, không thoả mãn với điều kiện cho trước nên phải tính lại từ phần các hiệu suất bộ thu như đã làm ở bước 4/- trước đây với  $U_L = 5,2595$  (W/m<sup>2</sup>K).

Các kết quả tính toán lại như sau:  $m = 7,0775$ ;  $F = 0,8836$ ;  $F' = 0,88566$ ;  $F_R = 0,8381$ ;  $Q_u = 533,9594$ (W); Hiệu suất giờ  $\eta = 56,48\%$ ; nhiệt độ trung bình của chất lỏng  $T_{i,m} = 35,25^\circ\text{C}$ ; nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ  $T_{p,m} = 35,866^\circ\text{C}$ ; Tổn thất nhiệt qua mặt trên  $U_1 = 4,3019$ (W/m<sup>2</sup>K); tổn thất nhiệt toàn phần  $U_1 = 5,2619$ (W/m<sup>2</sup>K); Sai số tương đối giữa lần cuối và lần liền kề trước

$$\frac{\Delta U_L}{U_L} = \frac{5,2596 - 5,2619}{5,2596} \times 100 = 0,04373$$

Giá trị này nhỏ hơn 2% nên đã thoả mãn được yêu cầu đã cho.

Vậy lấy kết quả cuối cùng của bài toán:

$U_L = 5,262$ (W/m<sup>2</sup>K);  $Q_u = 5,3396$ (W); hiệu suất nhiệt của bộ thu  $\eta_{gio} = 56,48\%$

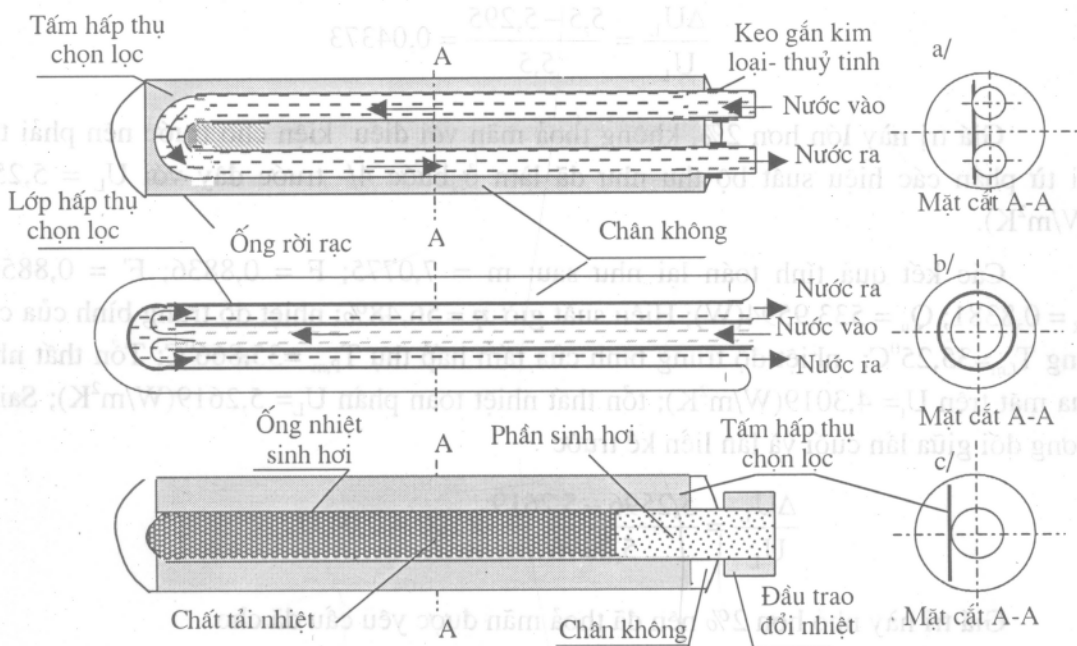
#### §4.7. Một vài thiết bị đun nước nóng có kết cấu khác

Trong những năm gần đây các nhà thiết kế đã đưa ra nhiều dạng thiết bị đun nước nóng có kết cấu khác với dạng cổ truyền, nhằm nâng cao hiệu suất và giảm giá thành, hoặc tăng nhiệt độ vận hành và giảm trọng lượng của bộ thu. Dưới đây sẽ mô tả một số kết cấu thuộc dạng này.

##### 4.7.1. Môđun ống rời rạc

Muốn cải tiến hiệu suất của bộ thu là cần phải làm giảm hoặc triệt tiêu hoàn toàn tổn thất nhiệt bằng đối lưu từ mặt trên. Một số kết cấu dạng *môđun ống rời rạc* được mô tả trên hình 4.7.1. là thể hiện một trong các hướng này.

Môđun ống rời rạc (hình 4.7.1a). gồm một ống thuỷ tinh hình trụ đã hút chân không, có đường kính 6-7cm, dài 1,5 - 2m, kín hai đầu để chịu được chênh lệch áp suất giữa bên trong và áp suất khí quyển. Bên trong được đặt một tấm hấp thụ chọn lọc bằng kim loại, trên tấm hấp thụ người ta hàn một ống kim loại hình chữ U bằng đồng hoặc nhôm, có đường kính 1,5 - 2cm, một đầu để tự do, đầu còn lại được gắn cố định với ống thuỷ tinh bằng lớp đệm kim loại có độ dẫn nở nhiệt bằng độ dẫn nở của thuỷ tinh, để chống nứt do biến dạng nhiệt. Mặt ngoài của ống kim loại cũng được phủ lớp hấp thụ chọn lọc.



**Hình 4.7.1. Các kiểu ống rời rạc:**

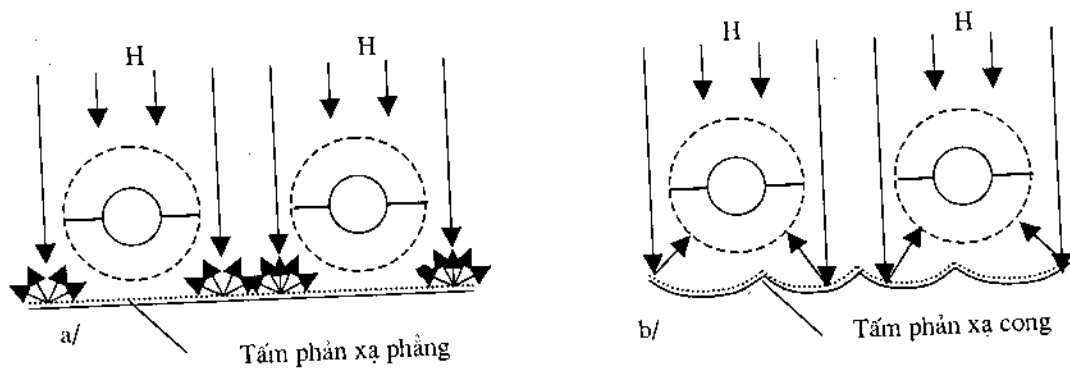
a/ ống chữ U; b/ ống đồng trục; c/ ống nhiệt.

Loại kết cấu thứ hai, là dùng ống thủy tinh hình trụ hai lớp vỏ (giống như ruột phích nước nóng). Mặt ngoài của lớp vỏ trong được phủ lớp hấp thụ chọn lọc. Khoảng trống giữa hai lớp vỏ cũng được hút chân không. Một ống kim loại dẫn chất tải nhiệt được đặt đồng trục với ống thủy tinh. Cho nước vào một đầu và chảy ra trong khoảng không gian giữa ống giữa và ống kim loại, (hình 4.7.1b).

Loại kết cấu thứ ba được gọi là *ống nhiệt* (hình 4.7.1c) Người ta thay ống kim loại hình chữ U (hình 4.7.1a) bằng một ống thẳng, hai đầu bịt kín và cũng được phủ một lớp hấp thụ và được hàn trên tấm hấp thụ. Trong ống đựng chất lỏng tải nhiệt nhưng vẫn còn để lại một khoảng trống dành chỗ cho chất tải nhiệt bốc hơi. Khi nhận nhiệt từ tấm hấp thụ chất tải nhiệt bốc hơi và ngưng tụ ở một đầu còn trống.

Bên ngoài đầu ống này được bọc một vành kim loại, thường là nhôm hoặc đồng, đóng vai trò của một thiết bị trao đổi nhiệt. Vành kim loại được nhúng ngập trong dòng nước lạnh chảy qua và trao đổi nhiệt làm cho nước nóng lên. Thường mỗi môđun được ghép bởi hai ống nhiệt đặt cách nhau vài cen-ti-mét, phía đáy của mỗi môđun người ta đặt thêm một tấm phản xạ để tạo ra nguồn bức xạ phản xạ đập vào mặt dưới của tấm hấp thụ, nhằm tăng thêm cường độ bức xạ cho tấm hấp thụ hình 4.7.2. Nhờ đó mà tấm hấp thụ nhận được bức xạ từ cả hai phía: mặt trên nhận bức xạ trực tiếp gồm các tia trực xạ, tán xạ và khuếch tán, còn mặt dưới thì nhận các tia phản xạ và khuếch tán.





**Hình 4.7.2. Các loại mặt phản xạ dùng trong:**  
 a- môđun ống rời rạc; b- môđun ống nhiệt.

Dạng thương phẩm của các bộ thu loại này thường có kích thước đạt đến 2m<sup>2</sup>. Số ống nhiệt trong mỗi bộ thu từ 10 đến 12 ống, phụ thuộc vào điều kiện bức xạ tại mỗi địa phương mà đặt mau hay thưa. Hiệu suất của loại này cao một cách đáng kể so với loại thu phẳng, nhờ được sử dụng chất hấp thụ chọn lọc, và tổn thất nhiệt lên phía trên giảm nhờ ống chân không triệt tiêu được hiện tượng đối lưu. Nhiệt độ tại phần trao đổi nhiệt đạt tới từ 100 - 130°C. Trên cơ sở thực nghiệm người ta đã xác định được công thức tính hiệu suất như sau

$$\eta_i = 0,527 - 1,736(T_{ti} - T_a)/HR_b \quad (4.7.1)$$

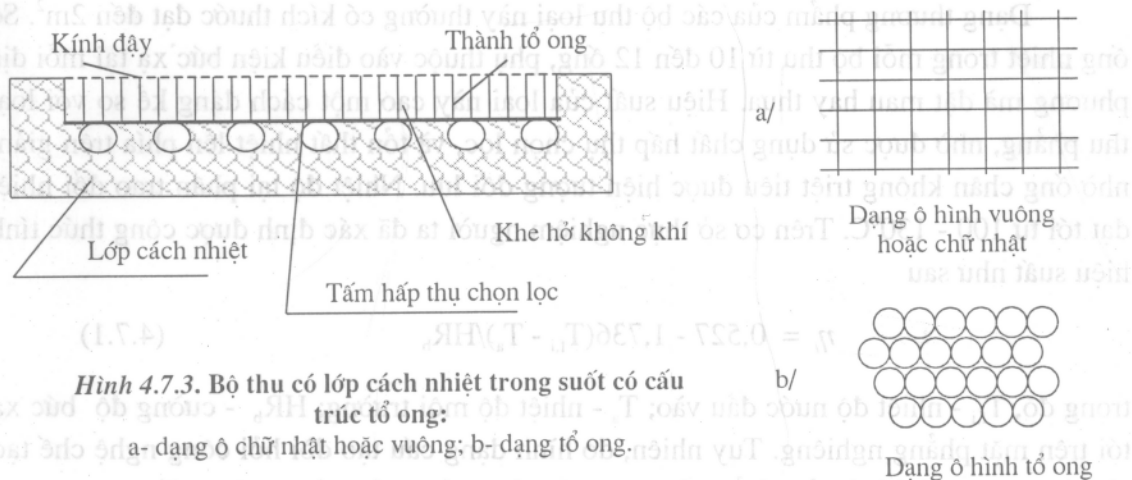
trong đó,  $T_{ti}$  - nhiệt độ nước đầu vào;  $T_a$  - nhiệt độ môi trường;  $HR_b$  - cường độ bức xạ tới trên mặt phẳng nghiêng. Tuy nhiên, do hình dạng cấu tạo đòi hỏi công nghệ chế tạo phức tạp nên giá thành sản phẩm còn cao, nên chưa được ứng dụng rộng rãi.

#### 4.7.2. Bộ thu có mặt cách nhiệt trong suốt dạng tổ ong

Khi làm việc ở nhiệt độ cao khoảng 100°C hiệu suất các bộ thu dạng tấm phẳng cổ truyền thường đạt thấp, bởi vì ở nhiệt độ này tổn thất nhiệt qua mặt trên rất lớn. Tổn thất này có thể giảm được bằng cách đặt vào giữa tấm hấp thụ và tấm kính dày một lớp vật liệu cách nhiệt "trong suốt" đối với bức xạ Mặt Trời, có cấu tạo dạng tổ ong như mô tả trên hình 4.7.3

Tấm cách nhiệt cấu trúc dạng tổ ong được làm bằng kính hoặc bằng các loại chất dẻo trong suốt như polymethyl-methacrylat; polycarbonat hay polythylen. Tấm được chia thành nhiều ngăn hình chữ nhật, hình vuông hoặc ống hình trụ, khoảng cách giữa các vách ngăn hoặc thành ống 3-4mm, chiều dày của thành 0,1mm đối với kính, và 0,02mm với các loại chất dẻo. Chiều cao tấm khoảng 10cm, khe hở giữa tấm tổ ong và tấm hấp thụ 1-2cm. Thực nghiệm cho thấy, kết cấu tổ ong đã làm giảm một cách đáng kể tổn thất nhiệt lên phía trên, nhờ triệt tiêu được hầu hết khả năng đối lưu và tái bức xạ

từ tấm hấp thụ. Số liệu thực nghiệm của Rommel và Wittwer(1987) cho thấy nếu tấm cách nhiệt được làm bằng polycarbonat, tiết diện hình chữ nhật  $3 \times 4\text{mm}$  thì hệ số tổn thất nhiệt lên phía trên chỉ còn  $0,9\text{W/m}^2/\text{K}$ ; hệ số tổn thất nhiệt toàn phần  $1,7\text{W/m}^2/\text{K}$ . Kết quả trên cũng khẳng định khả năng truyền qua đối với cấu trúc dạng tổ ong bằng chất dẻo là rất tốt. Khả năng truyền qua tốt khác thường này được lý giải là nhờ tạo nên nhiều thành ống "trong suốt" đối với bức xạ Mặt Trời nên đã tạo ra các tia phản xạ và khúc xạ thứ cấp, và chúng đều hướng tới mặt hấp thụ. Kết quả đo đạc của hai tác giả trên cũng cho biết hệ số hấp thụ tích hợp hấp thụ truyền qua ( $\tau\alpha$ ) = 0,76 khi tia tới trùng với phương pháp tuyến của mặt hấp thụ. Giá trị này tương đương với kiểu ống rời rạc, nhưng công nghệ chế tạo lại không quá phức tạp. Nên bộ thu có kết cấu dạng tổ ong có thể được lựa chọn để thay thế cho kiểu ống rời rạc vì nó vừa cho nhiệt độ cao, vừa có tính kinh tế cao.



Mặc dù khi dùng loại vật liệu polycarbonat đã cải thiện một cách đáng kể hiệu suất của bộ thu ở nhiệt độ cao nhưng chưa thể trở thành thương phẩm được, vì loại vật liệu này không chịu được nhiệt độ cao. (Điểm nóng chảy của polycarbonat  $T_c=120^{\circ}\text{C}$ ). Muốn cho bộ thu làm việc được ở nhiệt độ cao trên  $140^{\circ}\text{C}$  hai tác giả trên đề nghị nên dùng các tấm ngăn bằng thủy tinh trong các bộ thu có chất tải nhiệt làm việc trong khoảng nhiệt độ từ  $105^{\circ}\text{C}$  đến  $180^{\circ}\text{C}$ . Thực nghiệm cũng cho thấy nhiệt độ nhận được trên tấm hấp thụ đạt tới  $261^{\circ}\text{C}$  khi cường độ bức xạ tới trên mặt phẳng nghiêng  $\text{HR}_b = 999\text{W/m}^2$ , và nhiệt độ môi trường  $T_a=24,3^{\circ}\text{C}$ . Tuy nhiên, hiệu suất của bộ thu tấm tổ ong làm bằng thủy tinh thấp hơn một ít so với tấm tổ ong làm bằng vật liệu polycarbonat.

## Câu hỏi và bài tập chương 4

### Câu hỏi

1. Định nghĩa bộ thu phẳng và nêu những ứng dụng bộ thu phẳng trong công nghệ nhiệt Mặt Trời.
2. Năng lượng bức xạ Mặt Trời gửi tới bộ thu phẳng được thể hiện dưới dạng những dạng năng lượng nào. Tại sao gọi  $Q_u$  lại nhỏ hơn năng lượng bức xạ gửi tới bộ thu ?
3. Dựa theo mô hình *cánh-ống* thiết lập biểu thức quá trình truyền nhiệt theo phương vuông góc với dòng chảy từ tấm hấp thụ vào chất lỏng tải nhiệt chảy trong ống. Viết công thức định nghĩa và nêu ý nghĩa của hiệu suất cánh và hiệu suất hiệu dụng?
4. Cũng với câu hỏi trên nhưng thiết lập phương trình truyền nhiệt theo phương dòng chảy. Viết công thức định nghĩa và nói ý nghĩa của hiệu suất lưu thông?
5. Trong một bộ thu phẳng hệ số tổn thất nhiệt toàn phần bao gồm những loại tổn thất nào?. Viết phương trình mô tả các tổn thất thành phần và nhận biết tất cả các đại lượng chứa trong các công thức cả về tên gọi và đơn vị đo của chúng.

### Bài tập

1. Tính hiệu suất biên (cánh)  $F$  của bộ thu dạng cánh- ống? Với các thông số sau: Độ dẫn nhiệt của tấm hấp thụ  $k=210\text{W/m}\cdot\text{độ}$ ; chiều dày của tấm:  $\delta = 0,3\text{mm}$ ; suất tổn thất nhiệt toàn phần:  $U_L=5,05\text{W/m}^2\text{K}$ ; đường kính ống:  $D=1,5\text{cm}$ ; khoảng cách giữa các ống  $W=15\text{cm}$ .
2. Xác định hiệu suất hiệu dụng  $F'$  của bộ thu cánh - ống?. Biết khoảng cách giữa các ống  $W=15\text{cm}$ , tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L=7,05\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ , đường kính ngoài và trong của ống tương ứng  $D = 0,15\text{cm}$  và  $D_i= 0,13\text{cm}$ , hiệu suất cánh  $F= 0,933$ , hệ số truyền nhiệt giữa ống và chất tải nhiệt  $h_{ci}=1.450\text{W/m}^2\text{K}$ , bỏ qua nhiệt trở của mối hàn.
3. Tính thừa số thoát nhiệt  $F_R$  trong bộ thu?. Biết cường độ bức xạ tới trên mặt phẳng nghiêng  $HR_p=735\text{W/m}^2$ , hệ số hấp thụ hiệu dụng ( $\tau\alpha$ ) = 0,67, nhiệt độ nước đầu vào  $T_{ci}= 45^\circ\text{C}$ , nhiệt độ nước đầu ra  $T_{co}= 47^\circ\text{C}$ , nhiệt độ môi trường  $T_a = 25^\circ\text{C}$ , tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L= 7,8\text{W/m}^2\text{K}$ , lưu lượng nước chảy trong ống  $G = 0,022\text{kg/s}$ , nhiệt dung đẳng áp của nước  $C_p = 4,187\text{kJ/kg}$ , diện tích bộ thu  $2\text{m}^2$ .

4. Tính thừa số thoát nhiệt  $F_R$  của một bộ thu?. Biết lưu lượng chất lỏng trên một đơn vị diện tích  $G=0,011\text{kg/s/m}^2$ ; suất tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L=7,4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ; nhiệt dung riêng của chất lỏng  $C_p= 4,187\text{kJ/kg}$ ; hệ số truyền nhiệt từ thành ống vào chất lỏng  $h_{i,0}= 1.450\text{W/m}^2$ , đường kính ngoài và trong của ống tương ứng  $D = 1,5\text{cm}$ , và  $D_i = 1,3\text{cm}$ , hiệu suất cánh  $F = 0,903$ ; khoảng cách giữa các ống  $W = 15\text{cm}$ , bỏ qua nhiệt trở mối hàn.
  
5. Tính hiệu suất tức thời của bộ thu chiều rộng  $1\text{m}$ , chiều dài  $2\text{m}$  ?. Biết tại thời điểm quan sát nhiệt độ đầu vào của chất lỏng  $37^\circ\text{C}$ , nhiệt độ môi trường  $25^\circ\text{C}$ ; Cường độ bức xạ gửi tới mặt phẳng nằm ngang  $H= 670\text{W/m}^2$ , Hệ số chuyển đổi từ mặt phẳng nằm ngang sang mặt phẳng nghiêng  $R_b = 1,18$ ; hệ số hấp thụ hiệu dụng  $(\tau\alpha) = 0,75$ ; lưu lượng chất lỏng chảy trong ống  $G=0,012\text{kg/m}^2/\text{s}$ , nhiệt dung riêng của chất lỏng  $C_p=4,18\text{kJ/kg}$ ; tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L=7,5\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ; thừa số hiệu dụng  $F' = 0,87$ .

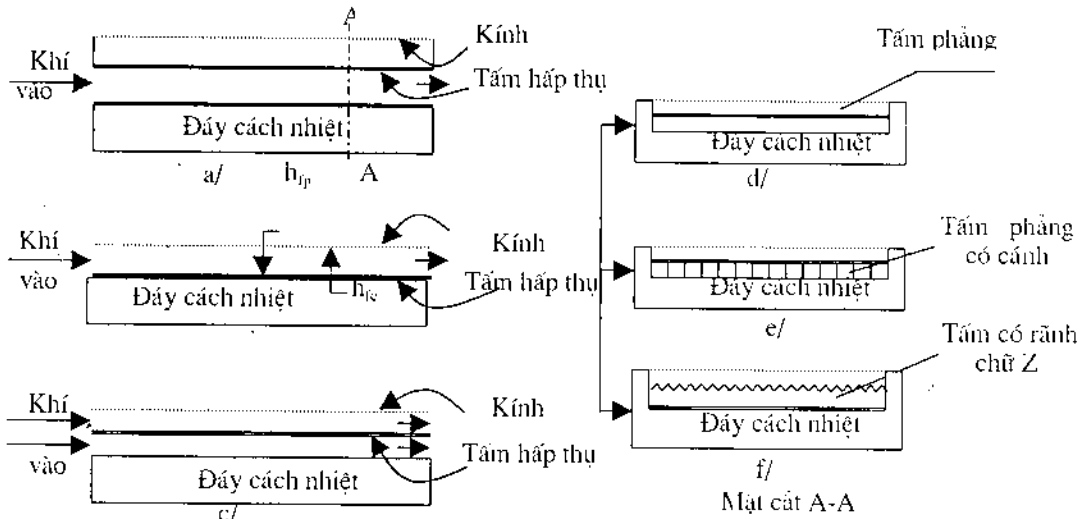
## Chương 5

### BỘ THU NUNG NÓNG KHÔNG KHÍ

Ở các chương trước chúng ta đã khảo sát bộ thu phẳng dùng đun nước nóng bằng năng lượng Mặt Trời. Trong chương này ta sẽ khảo sát một ứng dụng khác của bức xạ Mặt Trời, đó là bộ thu phẳng nung nóng không khí, để cung cấp khí nóng cho các lò sấy công nghiệp hoặc sưởi ấm phòng sinh hoạt của nhà ở. Trong quá trình phân tích và tính toán ta cũng áp dụng phương pháp như đã làm đối với bộ thu phẳng đun nước nóng.

#### §5.1. Kết cấu bộ thu phẳng nung nóng không khí

Bộ thu phẳng nung nóng không khí sau đây được gọi tắt là *bộ nung nóng không khí*. Nguyên lý cơ bản cấu tạo bộ nung nóng không khí gồm tấm kính đáy, tấm hấp thụ, kênh dẫn khí và đáy cách nhiệt như mô tả trên hình 5.1.1



**Hình 5.1.1.** Cấu tạo bộ nung không khí có kênh dẫn:  
a- nằm giữa tấm hấp thụ và đáy cách nhiệt; b- nằm giữa kính và tấm hấp thụ;  
c- nằm hai bên tấm hấp thụ; d,e,f/- hình dạng và cấu tạo tấm hấp thụ.

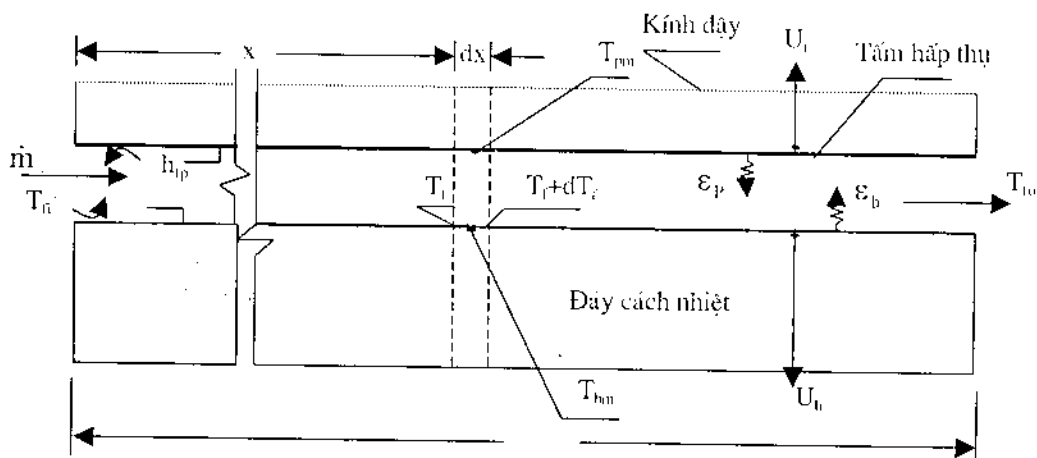
Kênh dẫn có thể bố trí theo nhiều cách khác nhau như: nằm giữa tấm hấp thụ và đáy cách nhiệt (hình 5.1.1a), nằm giữa kính và tấm hấp thụ đặt sát đáy (hình 5.1.1b), hoặc tấm hấp thụ chia đôi khoảng cách giữa kính và đáy tạo ra hai kênh dẫn song song (hình 5.1.1c). Tấm hấp thụ cũng có thể có các dạng khác nhau: phẳng, có cánh, hoặc

rãnh dạng chữ Z như mô tả trên hình 5.1.1. e,d,f nhằm làm tăng bề mặt hấp thụ bức xạ Mặt Trời. Thông thường kênh dẫn có tiết diện ngang là hình chữ nhật, kích thước  $(0,015 \div 0,020) \times 1,00\text{m}$ , chiều dài từ 2 đến 5m tùy thuộc vào yêu cầu nhiệt độ đầu ra thấp hay cao. Đáy cách nhiệt và thành chung quanh thường có chiều dày từ  $5 \div 7\text{cm}$  được làm bằng bọt xốp ethylen hoặc bông thủy tinh. Tấm hấp thụ được làm bằng kim loại (thép, nhôm, đồng) có chiều dày  $0,3 \div 0,5\text{mm}$  và được phủ một lớp sơn hấp thụ chọn lọc. Kính dày có chiều dày  $4 \div 5\text{mm}$  thường dùng các loại kính xây dựng đã được xử lý nhiệt để giảm nội ứng suất, và có hàm lượng oxit sắt thấp (kính trong), có hệ số truyền qua  $\tau = 0,88 \div 0,90$ . Dòng khí chảy trong kênh dẫn thường dùng phương pháp đối lưu cưỡng bức (dùng trong công nghiệp sấy) hoặc đối lưu tự nhiên (sưởi ấm gia đình). Dưới đây ta sẽ phân tích chi tiết và tính toán cho bộ thu loại này.

## §5.2. Tính hiệu suất và độ sụt áp cho bộ thu nung nóng không khí

### 5.2.1. Tính hiệu suất

Việc tính hiệu suất cho một bộ thu nung nóng không khí thường rất phức tạp, để đơn giản cho việc tính toán ta chọn mô hình như mô tả trên hình 5.1.1a và chi tiết hơn trên hình 5.2.1



Hình 5.2.1. Chi tiết bộ nung nóng không khí đối lưu.

Giả sử bộ thu có các kích thước như sau: chiều dài  $L_1$ , chiều rộng  $L_2$ , dòng khí chảy song song giữa tấm hấp thụ và đáy cách nhiệt. Để tính hiệu suất trước hết ta lần lượt tính thông số  $(\tau\alpha)$ ,  $U_i$  và  $U_b$  như đã làm trong chương 4.

Dựa vào mô hình mô tả trên hình 5.2.1 ta thiết lập phương trình cân bằng năng lượng trên một lát mỏng có chiều dài  $dx$ , chiều rộng  $L_2$ , cách đầu vào một đoạn  $x$ . Diện tích  $L_2 dx$  xét chung cho các phần tử gồm: tấm hấp thụ, tấm đáy cách nhiệt và dòng không khí chảy trong kênh dẫn. Khi tính toán ta dựa trên các giả thiết sau đây:

1- Nhiệt độ trung bình của khối khí khi chảy trong khoảng  $dx$  là không đổi từ  $T_f$  đến  $(T_f+dT_f)$ ;

2- Lưu lượng của khí là  $\dot{m}$ ;

3- Nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ và tấm đáy cách nhiệt tương ứng là  $T_{lin}$  và  $T_{bun}$ , chúng được coi là không thay đổi tại thời điểm đang xét;

4- Bỏ qua tổn thất nhiệt qua các thành bên. Từ đó phương trình cân bằng năng lượng cho các phần tử diện tích nói trên sẽ là:

- Đối với tấm hấp thụ:

$$SL_2dx = U_tL_2dx(T_{pm}-T_a) + h_{ip}L_2dx(T_{pm}-T_f) + \frac{\sigma L_2dx}{\left(\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1\right)}(T_{pm}^4 - T_{bun}^4) \quad (5.2.1)$$

- Đối với tấm đáy:

$$\frac{\sigma L_2dx}{\left(\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1\right)}(T_{pm}^4 - T_{bun}^4) = h_{ip}L_2dx(T_{bun}-T_f) + U_bL_2dx(T_{bun}-T_a) \quad (5.2.2)$$

- Đối với dòng khí:

$$\dot{m}C_pdx = h_{ip}L_2dx(T_{pm}-T_f) + h_{ib}L_2dx(T_{bun}-T_f) \quad (5.2.3)$$

trong đó:  $S = RH_b(\tau\alpha)$  là thông lượng bức xạ mà mặt hấp thụ nhận được,

$U_t$ - hệ số tổn thất nhiệt lên phía trên;

$U_b$ - tổn thất nhiệt qua mặt đáy;

$h_{ip}$ - hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa tấm hấp thụ và dòng khí;

$h_{ib}$ - hệ số trao đổi nhiệt giữa dòng khí và đáy cách nhiệt;

$\epsilon_p, \epsilon_b$  - tương ứng hệ số phát xạ của tấm hấp thụ và đáy cách nhiệt.

Trong thực tế người ta thấy sự sai khác của hệ số trao đổi nhiệt giữa tấm hấp thụ và dòng khí, và tấm đáy với dòng khí là rất nhỏ nên trong khi tính toán có thể coi  $h_{ip} = h_{ib}$ . Một cách gần đúng trong giới hạn chênh lệch nhiệt độ nhỏ thì có thể coi hệ số bức xạ tỷ lệ tuyến tính với chênh lệch nhiệt độ giữa hai tấm nên có thể viết

$$h_i(T_{pm}-T_a) = \frac{\sigma}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1}(T_{pm}^4 - T_a^4) = \frac{\sigma(T_{pm}^2 + T_a^2)(T_{pm} + T_a)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1}(T_{pm} - T_a) \quad (5.2.4)$$

Từ đó rút ra được hệ số bức xạ

$$h_r = \frac{\sigma(T_{pm}^2 + T_a^2)(T_{pm} + T_a)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \quad (5.2.5)$$

Khi chênh lệch nhiệt độ giữa tấm hấp thụ và môi trường ( $T_{pm} - T_a$ ) không lớn lắm thì ta có thể thay thừa số  $(T_{pm}^2 + T_a^2)$  bằng một biểu thức gần đúng sau đây:

$4T_{ib}^2(T_{pm} - T_a)$ , ở đây  $T_{ib} = (T_{pm} + T_a)/2$ . Khi đó biểu thức (5.2.5) trở thành

$$h_r = \frac{4\sigma T_{ib}^3}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_b} - 1} \quad (5.2.6)$$

Mặt khác, trong thực tế cho thấy tổn thất nhiệt qua mặt đáy  $U_b$  nhỏ hơn rất nhiều so với tổn thất nhiệt qua mặt trên  $U_t$ , nên có thể xem  $U_t = U_t -$  tổn thất nhiệt toàn phần, do đó có thể bỏ qua số hạng thứ hai trong các phương trình (5.2.2) và viết lại cho cả ba phương trình (5.2.1), (5.2.2) và (5.2.3) như sau

$$S = U_t(T_{pm} - T_a) + h_{ip}(T_{pm} - T_f) + h_r(T_{pm} - T_{bm}) \quad (5.2.7)$$

$$h_r(T_{pm} - T_{bm}) = h_{ib}(T_{bm} - T_f) \quad (5.2.8)$$

$$\frac{\dot{m}C_p dT_f}{L_2 dx} = h_{ip}(T_{pm} - T_f) + h_{ib}(T_{bm} - T_f) \quad (5.2.9)$$

Từ phương trình (5.2.8) ta nhận được

$$T_{bm} = \frac{h_r T_{pm} + h_{ib} T_f}{h_r + h_{ib}} \quad (5.2.10)$$

Thay (5.2.10) vào (5.2.7) ta được

$$T_{pm} = \frac{S + U_t T_a + h_e T_f}{U_t + h_e} \quad (5.2.11)$$

ở đây, 
$$h_e = \left[ h_{ip} + \frac{h_r h_{ib}}{h_r + h_{ib}} \right] \quad (5.2.12)$$

$h_e$  được gọi là hệ số truyền nhiệt hiệu dụng giữa tấm hấp thụ và dòng khí.



Từ đó ta có

$$(T_{pm} - T_a) = \frac{S + h_c(T_f - T_a)}{U_1 + h_c} \quad (5.2.13)$$

Từ các phương trình (5.2.7), (5.2.8), (5.2.9) ta có

$$\frac{\dot{m}C}{L} \frac{dT_f}{dx} = S - U_1(T_{pm} - T_a) \quad (5.2.14)$$

Từ các phương trình từ (5.2.7) ÷ (5.2.13) ta nhận được phương trình

$$\frac{\dot{m}C_p}{L_2} \frac{dT_f}{dx} = \frac{1}{\left(1 + \frac{U_1}{h_c}\right)} [S - U_1(T_f - T_a)] \quad (5.2.15)$$

Tương tự như đã làm trong bộ thu phẳng đun nước nóng ta có thể định nghĩa thừa số hiệu suất hiệu dụng  $F'$  bằng biểu thức

$$F' = \left(1 + \frac{U_1}{h_c}\right)^{-1} \quad (5.2.16)$$

Khi đó (5.2.15) trở thành

$$\frac{\dot{m}C_p}{L_2} \frac{dT_f}{dx} = F' [S - U_1(T_f - T_a)] \quad (5.2.17)$$

Ta nhận thấy phương trình (5.2.17) giống hệt như phương trình (4.4.18), do đó có thể suy ra nghiệm của phương trình (5.2.17) sẽ là

$$\frac{\left(\frac{S}{U_1} + T_a\right) - T_f}{\left(\frac{S}{U_1} + T_a\right) - T_{f0}} = \exp\left[-\frac{L_2 F' U_1 x}{\dot{m}C_p}\right] \quad (5.2.18)$$

Với nhận xét tương tự ta tìm được biểu thức tính nhiệt hiệu dụng mà khí nhận được là

$$q_u = F_R A_p [S - U_1(T_f - T_a)] \quad (5.2.19)$$

ở đây,  $F_R$  cũng được gọi là thừa số thoát nhiệt (hay thừa số lưu thông) và được tính theo biểu thức

$$F_R = \frac{\dot{m}C_p}{U_1 A_p} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{F' U_1 A_p}{\dot{m}C_p}\right) \right] \quad (5.2.20)$$

Trong đó  $A_p = L_1 \times L_2 =$  diện tích của tấm hấp thụ.

Tuy nhiên, các kết quả nhận được trên đây là khi tính toán ta đã giả thiết rằng tổn thất nhiệt  $U_b$  nhỏ và ta đã bỏ qua. Nếu không bỏ qua  $U_b$  trong các phương trình (5.2.2) thì phương trình (5.2.17) có khác đi một ít. Nếu tính toán một cách đầy đủ thì ta sẽ nhận được kết quả sau

$$\frac{\dot{m}C_p}{L_2} \frac{dT_f}{dx} = F'' [S - U_1'' (T_f - T_u)] \quad (5.2.21)$$

ở đây  $U''$  là hệ số tổn thất nhiệt toàn phần tương đương. Các thừa số  $F'$  và  $U''$  trong biểu thức (5.2.21) được xác định nhờ các biểu thức:

$$F' = \left( 1 + \frac{U_1}{h_c} \right)^{-1} \quad (5.2.22)$$

$$U_1'' = U_1 + \frac{1}{F'} \frac{U_b h_{tb}}{(h_r + h_{tb} + U_b)} \quad (5.2.23)$$

trong đó 
$$U_1' = U_1 + \frac{U_b h_r}{(h_r + h_{tb} + U_b)} \quad (5.2.24)$$

và 
$$h_c = h_{ip} + \frac{h_r h_{tb}}{(h_r + h_{tb} + U_b)} \quad (5.2.25)$$

Khi đó năng lượng nhiệt bộ thu nhận được sẽ là

$$q_u = F_R A_p [S - U_1'' (T_f - T_u)] \quad (5.2.26)$$

trong đó  $F_R$  - thừa số thoát nhiệt của bộ thu được tính theo biểu thức

$$F_R = \frac{\dot{m}C_p}{U_1'' A_p} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{F' U_1'' A_p}{\dot{m}C_p}\right) \right] \quad (5.2.27)$$

### 5.2.2 Sự truyền nhiệt và sụt áp trong kênh dẫn song song

Ở đây ta phải chú ý thêm là quá trình chảy của khí trong kênh dẫn có xảy ra hiện tượng giảm áp suất do tổn thất động năng, do đó dẫn tới làm thay đổi hệ số trao đổi đối

lưu trong kênh dẫn, nên khi tính toán ta không thể không đề cập đến hiện tượng này. Do vậy khi tính toán nhiệt hiệu dụng dựa trên các phương trình (5.2.19) và (5.2.26) ta cần phải biết hệ số đối lưu của không khí nóng trong kênh dẫn ở điều kiện không khí chỉ nhận năng lượng từ phía trên, (mặt tiếp xúc với tấm hấp thụ) mà không nhận năng lượng từ mặt dưới (mặt tiếp xúc với đáy cách nhiệt) nên xảy ra hiện tượng chảy rối. Có thể thừa nhận rằng khi khí chảy đầy trong kênh dẫn, tỉ số giữa chiều dài và đường kính động học kênh dẫn vượt quá 30, và các bề mặt trong là nhẵn ta có thể tính hệ số đối lưu nhờ hai biểu thức thực nghiệm tiêu chuẩn Nusselt gần đúng dưới đây

$$Nu = 0,0158Re^{0,8} \quad (5.2.28)$$

hoặc

$$Nu = \frac{0,01344 Re^{0,75}}{1 - 1,586 Re^{-0,125}} \quad (5.2.29)$$

Phương trình (5.2.28) dựa trên số liệu thực nghiệm của Kays, còn phương trình (5.2.29) lại dựa trên cơ sở đề nghị của Malik và Buclow. Đường kính đặc trưng  $d_c$  dùng cho các phương trình trên được định nghĩa như sau:

$$d_c = \frac{4 \times \text{Tiết diện mặt cắt của kênh dẫn}}{\text{Chu vi ướt}} \quad (5.2.30)$$

Để tính toán ta dùng các giá trị trung bình cộng của nhiệt độ đầu vào và đầu ra, và coi hệ số trao đổi đối lưu giữa tấm hấp thụ và khí cũng như giữa tấm đáy và khí là như nhau. Khi số Reynolds trong khoảng 10.000 - 20.000 các giá trị của số Nusselt cho bởi các phương trình (5.2.28) và (5.2.29) sai khác nhau khoảng 10%. Các giá trị này thường gặp trong ứng dụng năng lượng Mặt Trời nung nóng không khí.

Độ sụt áp  $\Delta P$  như đã nói ở trên được tính theo công thức sau

$$\Delta P = \frac{4f\rho L_1 V^2}{2d_c} \quad (5.2.31)$$

trong đó:  $\rho$  - khối lượng riêng của khí, ( $\text{kg/m}^3$ ), phụ thuộc nhiệt độ;

$L_1$  - chiều dài của kênh dẫn (m);

$V$  - vận tốc dòng khí (m/s);

$d_c$  - đường kính đặc trưng, (m);

$f$  - hệ số ma sát giữa khí và thành có bề mặt nhẵn, được tính theo công thức nổi tiếng của Blasius sau

$$f = 0,079Re^{-0,25} \quad (N) \quad (5.2.32)$$

**Ví dụ 5.1.** Tính hiệu suất của bộ nung không khí với các số liệu cho dưới đây:

- Chiều dài tấm hấp thụ = 2m
- Chiều rộng tấm hấp thụ = 1m
- Khoảng cách giữa tấm hấp thụ và tấm đáy = 1,5cm
- Lưu lượng dòng khí = 200kg/h
- Nhiệt độ khí đầu vào = 50°C
- Nhiệt độ môi trường = 20°C
- Cường độ bức xạ tới trên mặt bộ thu = 950W/m<sup>2</sup>
- Hệ số hấp thụ tích hợp hấp thụ truyền qua ( $\tau\alpha$ ) = 0,85
- Hệ số tổn thất nhiệt lên phía trên = 6,2W/m<sup>2</sup>.K
- Hệ số tổn thất nhiệt qua mặt đáy = 0,8W/m<sup>2</sup>.K
- Hệ số phát xạ  $\varepsilon_p = \varepsilon_b$  = 0,95
- Bỏ qua tổn thất nhiệt qua thành chung quanh.

Trước hết ta tính giá trị của hệ số trao đổi nhiệt đối lưu  $h_{tp}$  và  $h_{tb}$ . Giả thiết rằng nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ ban đầu là  $T_{tp} = 50^\circ\text{C}$ . Với khí có các thông số đặc trưng tính chất như sau:

$$\begin{aligned}\rho &= 1,077\text{kg/m}^3 \\ C_p &= 1.005\text{kJ/kg.K} \\ \mu &= 19,85 \cdot 10^{-6}\text{N.s/m}^2 \\ k &= 0,0287\text{W/m.K}\end{aligned}$$

Đường kính khí động đặc trưng tính theo công thức (5.2.30):

$$d_c = \frac{4 \times 1 \times 0,015}{2(1 + 0,015)} = 0,0296\text{m}$$

ở đây, tỉ số chiều dài trên đường kính động học

$$\frac{L_1}{d_c} = \frac{2}{0,0296} = 68 > 30$$

và vận tốc trung bình của khí

$$V_{tb} = \frac{200}{3.600 \times 1,077 \times 1 \times 0,015} = 3,493\text{m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V d_e}{\mu} = \frac{1,077 \times 3,439 \times 0,0296}{19,85 \cdot 10^{-6}} = 5,515$$

Giá trị này của số Re cho thấy dòng khí đầy ống và chảy rối. Ta coi bề mặt trong của kênh dẫn là nhẵn nên dùng phương trình (5.2.28) để tính số Nusselt

$$Nu = 0,0158 \times 5515^{0,8} = 15,56$$

Hệ số trao đổi nhiệt giữa tấm hấp thụ với dòng khí và giữa đáy và dòng khí được xem là bằng nhau

$$h_{tp} = h_{tb} = Nu \frac{k}{d_e} = 15,56 \frac{0,0287}{0,0296} = 15,08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Theo hệ thức (5.2.5) thì hệ số trao đổi nhiệt bức xạ được tính bằng công thức

$$h_r = \frac{\sigma(T_{pm} + T_{bm})(T_{pm}^2 + T_{bm}^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_b} - 1}$$

Để tính  $h_r$  ta giả thiết là lúc đầu nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ và tấm đáy bằng nhau và bằng nhiệt độ dòng khí  $T_{im}$ , Với giả thiết này thì sự khác nhau của nhiệt độ giữa chúng có thể quá nhỏ dưới 10K nên ta có thể dùng công thức (5.2.6) để tính giá trị  $h_r$

$$h_r = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \times 4 \times (273,2 + 55)^3}{\left(\frac{1}{0,95} + \frac{1}{0,95} - 1\right)} = 7,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Từ phương trình (5.2.12)

$$h_c = 15,08 + \frac{7,24 \times 15,08}{7,24 + 15,08} = 19,97 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Hiệu suất hiệu dụng của bộ thu

$$F' = \left(1 + \frac{6,2 + 0,8}{19,97}\right)^{-1} = 0,740$$

và

$$\frac{\dot{m}C_p}{UA_p} = \frac{200}{3.600} \frac{1,005 \times 1.000}{7 \times 1 \times 2} = 3,988$$

Từ phương trình (2.5.20) tính được thừa số lưu thông,

$$F_R = 3,988(1 - e^{-0,740/3,988}) = 0,675$$

Nhiệt năng hiệu dụng bộ thu nhận được

$$q_u = 0,675 \times 1 \times 2 [950 \times 0,85 - 7(50 - 20)] = 806,6 \text{ W}$$

Hiệu suất tức thời

$$\eta_i = \frac{806,6}{950 \times 1 \times 2} = 0,425$$

Nhiệt độ đầu ra của khí nhận được từ phương trình cân bằng năng lượng

$$\frac{200}{3.600} \times 1,005 \times (T_{T0} - 50) = \frac{806,6}{1.000}$$

Từ đó,  $T_{T0} - 50 = 14,45^\circ\text{C}$  và  $T_{T0} = 64,45^\circ\text{C}$

Độ giảm áp của bộ thu được tính theo công thức (5.2.31) với hệ số ma sát tính theo công thức (5.2.32)

$$f = 0,079 \times 5,515^{-0,25} = 0,009167$$

từ đó, 
$$\Delta P = \frac{4 \times 0,009167 \times 1,077 \times 2 \times 3,439^2}{2 \times 0,0296} = 15,58 \text{ N/m}^2 = 1,61 \text{ mm(H}_2\text{O)}$$

Cuối cùng, nếu dùng các công thức hiệu chỉnh theo các biểu thức từ (5.2.20) đến (5.2.26) ta sẽ nhận được các kết quả sau đây

$$F' = 0,754$$

$$F_R = 0,986$$

$$q_u = 813,9 \text{ W}$$

$$\eta_i = 0,428$$

### §5.3. Một vài dạng bộ nung khí khác

Sau đây ta sẽ tiến hành khảo sát tính toán hiệu suất bộ nung không khí với cách bố trí các kênh dẫn theo các phương án khác nhau như đã trình bày trên hình 5.1.1

#### 5.3.1. Dòng chảy trong kênh nằm giữa tấm kính đáy và tấm hấp thụ

Như mô hình cho trên hình (5,1,1b), dòng khí chảy song song giữa tấm kính đáy và tấm hấp thụ. Quá trình phân tích và tính toán được tiến hành như đã làm cho trường hợp (5.1.1a). Ta viết hệ phương trình cân bằng năng lượng cho các bộ phận của bộ thu như sau:

$$* \text{ Đối với tấm hấp thụ, } S = h_{fp}(T_{pm} - T_f) + h_r(T_{pm} - T_c) + U_h(T_{pm} - T_u) \quad (5.3.1)$$

\* Đối với tấm kính, 
$$h_i(T_{pm}-T_c) = U_i(T_c-T_a) + h_{fc}(T_c-T_i) \quad (5.3.2)$$

\* Đối với dòng khí, 
$$\frac{\dot{m}C_p dT_i}{L_2 dx} = h_{ip}(T_{pm}-T_i) + h_{fc}(T_c-T_i) \quad (5.3.3)$$

ở đây, 
$$h_i = \frac{\sigma}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \frac{(T_{pm}^+ - T_c^+)}{(T_{pm} - T_c)} \quad (5.3.4)$$

Các hệ số đối lưu chứa trong các phương trình trên được tính theo các biểu thức (5.2.28) hoặc (5.2.29), và  $U_i$  cũng tính theo chênh lệch nhiệt độ  $(T_c - T_a)$ , còn  $U_b$  thì tính theo chênh lệch nhiệt độ  $(T_{pm} - T_a)$ . Nghiệm của các phương trình (5.3.1), (5.3.2) và (5.3.3) cũng có dạng như các phương trình (5.2.26) và (5.2.27). Từ đó ta nhận được nhiệt lượng có ích và thừa số thoát nhiệt cho trường hợp này. Tuy nhiên, hệ số tổn thất nhiệt toàn phần và hiệu suất hiệu dụng của bộ thu thì tính theo các biểu thức sau:

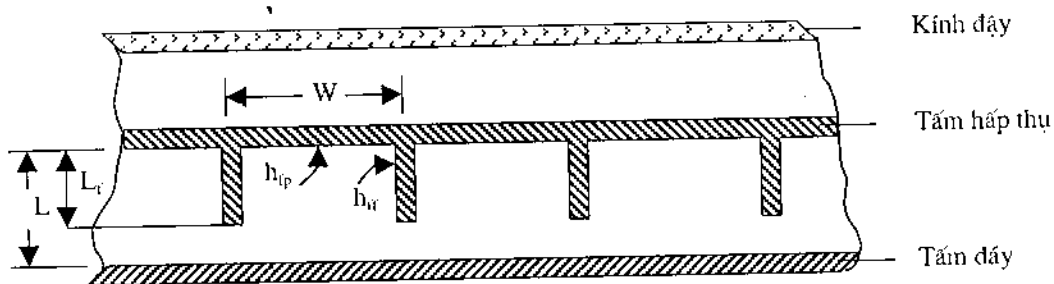
$$U_i'' = \frac{(U_t + U_b)(h_{fc}h_{ip} + h_{fc}h_r + h_{ip}h_r) + U_t U_b (h_{fc} + h_{ip})}{h_{fc}h_r + h_{ip}h_r + h_{ip}U_t + h_{fc}h_{ip}} \quad (5.3.5)$$

$$F' = \frac{h_{fc}h_r + h_{ip}U_t + h_{ip}h_r + h_{fc}h_{ip}}{(U_t + h_r + h_{fc})(U_b + h_r + h_{ip}) - h_r^2} \quad (5.3.6)$$

Các bộ nung khí theo mô hình này có cấu trúc đơn giản hơn các bộ nung khí cố điển nhưng cho hiệu suất thấp vì tổn thất nhiệt lên mặt trên khá lớn.

### 5.3.2. Bộ nung khí với tấm hấp thụ có cánh.

Để nâng cao hiệu suất bộ thu người ta thiết kế tạo thêm cánh trên tấm hấp thụ suốt dọc theo chiều dài bộ thu (hình 5.3.1).



Hình 5.3.1. Bộ nung khí đối lưu dạng tấm có cánh.

Giả sử ở đây tấm mỏng có chiều rộng  $L_f$  và chiều dày  $\delta_f$ ; khoảng cách giữa các tấm  $W$ ; khoảng cách giữa tấm hấp thụ và tấm đáy ( $L - L_f$ ). Ta hãy khảo sát một lát mỏng có chiều rộng  $W$  và chiều dày  $dx$ , cách đầu vào một đoạn  $x$ . Ta viết các phương trình cân bằng năng lượng trên các phần tử diện tích vừa được chọn như sau:

$$SWdx = U_i W dx (T_{pm} - T_a) + h_{fp} W dx (T_{pm} - T_f) + 2L_f dx F_f h_{ff} (T_{pm} - T_f) + h_r W dx (T_{pm} - T_{bm}) \quad (5.3.7)$$

$$h_r W dx (T_{pm} - T_{bm}) = h_{fb} W dx (T_{bm} - T_f) + U_b W dx (T_{bm} - T_a) \quad (5.3.8)$$

$$\frac{W}{L_2} \dot{m} C_p dT_f = h_{fp} W dx (T_{pm} - T_f) + 2L_f dx F_f h_{ff} (T_{pm} - T_f) + h_{fb} W dx (T_{bm} - T_f) \quad (5.3.9)$$

trong đó:  $F_f$  - hiệu suất cánh =  $[\text{tgh}(mL_f)]/L_m L_f$ ;  $m = (2h_{ff}/k_f \delta_f)^{1/2}$ ;  $(5.3.9)'$

$h_{ff}$  - hệ số trao đổi nhiệt đối lưu giữa bề mặt cánh và dòng khí;

$h_r$  - hệ số trao đổi nhiệt bức xạ.

Như đã làm trong mục 5.2, trong phương trình (5.3.8) ta bỏ qua ảnh hưởng do tổn thất nhiệt qua đáy  $U_b$ , và coi tổn thất nhiệt lên phía trên  $U_i$  trong phương trình (5.3.7) là tổn thất nhiệt toàn phần  $U_i$  thì các phương trình trên có dạng

$$S = U_i (T_{pm} - T_a) + h_{fp} \left(1 + \frac{2L_f F_f h_{ff}}{Wh_{fp}}\right) (T_{pm} - T_f) + h_r (T_{pm} - T_{bm}) \quad (5.3.10)$$

$$h_r (T_{pm} - T_{bm}) = h_{fb} (T_{pm} - T_f) \quad (5.3.11)$$

$$\frac{\dot{m} C_p}{L_2} \frac{dT_f}{dx} = h_{fp} \left(1 + \frac{2L_f F_f h_{ff}}{Wh_{fp}}\right) (T_{pm} - T_f) + h_{fb} (T_{pm} - T_f) \quad (5.3.12)$$

Các phương trình từ (5.3.10) đến (5.3.12) nếu từ (5.3.12) thay  $\left(1 + \frac{2L_f F_f h_{ff}}{Wh_{fp}}\right)$

bằng  $h_{fp}$  thì ta nhận được các phương trình giống hệt như (5.1.15) ÷ (5.1.17) đã nhận được trước đây. Như vậy các kết quả tính nhiệt năng hiệu dụng  $q_u$  và thừa số thoát nhiệt  $F_R$  trong các phương trình (5.1.17) và (5.1.18) vẫn phù hợp cho trường hợp này. Biểu thức hiệu suất  $F'$  của bộ nung khí cũng giống như (5.2.22), nhưng hiệu suất truyền nhiệt hiệu dụng  $h_c$  ở đây phải được xác định bằng biểu thức



$$h_c = h_{fp} \left( 1 + \frac{2L_r F_r h_{fr}}{Wh_{fr}} \right) + \frac{h_r h_{fb}}{h_r + h_{fb}} \quad (5.3.13)$$

Whillier cũng đã đưa ra biểu thức xác định thừa số hiệu suất của bộ thu dạng vách ngăn với giả thiết bỏ qua sự trao đổi nhiệt bức xạ, nhưng có xem xét đến hiệu suất hấp thụ của tấm  $F_p$ . Hai phương trình để tính  $F'$  trong hai trường hợp này là giống hệt nhau, nếu cho  $h_r = 0$  và  $F_p$  bằng đơn vị.

Cần phải lưu ý khi xác định hiệu suất của bộ nung khí này ta cần phải tính đến là giá trị của các hệ số trao đổi nhiệt đối lưu và độ sụt áp của dòng chảy của khí trong kênh dẫn. Với ý nghĩa đó, Thombre và Sukhamate đã đưa ra các biểu thức thực nghiệm gần đúng để áp dụng cho kênh dẫn có tỉ số giữa khe hở và khoảng trống giữa hai cánh liền kề  $(L - L_r)/(W - \delta_r) < 1$ , hoặc tỉ số của khoảng trống giữa hai cánh liền kề với chiều cao cánh  $(W - \delta_r)/L_r > 1$ . Những quy định này khá phù hợp với tình hình thực tế trong các bộ nung khí bằng năng lượng Mặt Trời. Khi đó số Nusselt được tính theo biểu thức sau đây

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \quad (5.3.14)$$

ở đây, đường kính đặc trưng dùng để tính số Nu và Re được lấy theo đường kính tương đương  $d_c$  theo định nghĩa

$$d_c = \frac{4 \times \text{tiết diện cắt ngang của kênh dẫn có cánh}}{\text{Đường kính ướt của kênh dẫn có cánh}} = \frac{4(WL - \delta_r L_r)}{2(W + L_r)} \quad (5.3.15)$$

Khi tính toán các biểu thức trên đây giá trị của nhiệt độ thường được lấy trung bình cộng của nhiệt độ đầu vào và nhiệt độ đầu ra, và các giá trị  $h_{fp}$ ,  $h_{fr}$ ,  $h_{fb}$  thường cho bằng nhau.

Độ sụt áp của dòng không khí trong kênh dẫn được tính theo công thức

$$f = M Re^{-m} \quad (5.3.16)$$

Ở đây,	$M = 0,040[2,058 - \{(L - L_r)/L_r\}^{0,313}]$	khi	$Re < 15.000$
	$= 0,033[1,394 - \{(L - L_r)/L_r\}^{0,408}]$	khi	$Re > 15.000$
	$m = 0,075[3,40 - \{(L - L_r)/L_r\}^{0,711}]$	khi	$Re < 15.000$
	$= 0,138[1,435 - \{(L - L_r)/L_r\}^{0,773}]$	khi	$Re > 15.000$

và  $f$ , hệ số ma sát và kích thước đặc trưng chứa trong  $Re$  để tính đường kính tương đương  $d_c$ .

**Ví dụ 5.2.** Tính lại bộ nung khí bằng năng lượng Mặt Trời trong ví dụ 5.1 nhưng có tấm hấp thụ dạng cánh, nằm dọc suốt chiều dài của tấm hấp thụ và đáy, với các giả thiết sau đây.

- Khoảng cách tâm giữa các cánh = 2,5cm

- Chiều cao cánh = 1,3cm
- Chiều dày cánh = 0,3cm

Lấy chính các giá trị của hệ số bức xạ nhiệt của ví dụ trước để tính:

a/- nhiệt độ đầu ra của khí,

b/- hiệu suất tức thời của bộ thu,

c/- độ sụt áp trong kênh dẫn

Trước hết dùng phương trình (5.3.14) tính giá trị hệ số trao đổi nhiệt đối lưu. Giả thiết: nhiệt độ trung bình của chất lỏng là 60°C, và khí có các tính chất đặc trưng riêng như sau:

$$\rho = 1,060 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 1,005 \text{ kJ/kg.K}$$

$$k = 0,0290 \text{ W/m.K}$$

$$\gamma = 18,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Pr} = 0,696$$

$$\text{Đường kính tương đương } d_c = \frac{4(2,5 \times 1,5 - 0,3 \times 1,3)}{2(2,5 + 1,3)} = \frac{4 \times 3,36}{7,6} = 1,768 \text{ cm}$$

Vận tốc trung bình của dòng chảy

$$v = \frac{200}{3.600 \times 1,060 \times 40 \times 3,36 \cdot 10^{-4}} = 3,900 \text{ m/s}$$

$$\text{Số Reynolds} \quad \text{Re} = \frac{V d_c}{\nu} = \frac{3,900 \times 1,768 \cdot 10^{-2}}{18,97 \cdot 10^{-6}} = 3.635 < 15.000$$

Thay vào phương trình (5.3.14)

$$\text{Nu} = 0,023 \times 3.635^{0,8} \times 0,696^{0,4} = 14,035$$

$$\text{Theo đầu bài ta có: } h_{ff} = h_{fp} = h_m = 14,035 \frac{0,0290}{1,768 \cdot 10^{-2}} = 23,02 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Tiếp theo, tính hiệu suất cánh với giả thiết cánh có hiệu suất dẫn nhiệt ( $k = 50 \text{ W/m.K}$ )

$$mL_f = \left( \frac{2 \times 23,02}{50 \times 0,3 \cdot 10^{-2}} \right)^2 \times 1,3 \cdot 10^{-2} = 0,2277$$

$$F_f = \frac{\operatorname{tgh}(mL_f)}{mL_f} = \frac{0,2238}{0,2277} = 0,9830$$

Từ (5.3.13) tính hệ số trao đổi nhiệt  $h_c$

$$h_c = 23,02 \left( 1 + \frac{2 \times 1,3 \cdot 10^{-2} \times 0,9830}{2,5 \cdot 10^{-2}} \right) + \left( \frac{7,24 \times 23,02}{7,24 + 23,02} \right) = 52,05 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Từ đây ta có thể tính được các thông số tiếp theo khi dùng các phương trình (5.2.16) và (5.2.20) như:

$$F' = \left( 1 + \frac{7,0}{52,05} \right)^{-1} = 0,8815$$

$$\frac{\dot{m}C_p}{U_i A_p} = \frac{200}{3.600} \times \frac{1,005 \times 1000}{7,0 \times 1 \times 2} = 3,988$$

$$F_R = 3,988(1 - e^{-0,8815/3,988}) = 0,7900$$

$$q_u = 0,7909 \times 1 \times 2[950 \times 0,85 - 7,0(50 - 20)] = 945,1 \text{ W}$$

Nhiệt độ đầu ra của khí nhận được theo phương trình

$$\frac{200}{3.600} \times 1,005 \times (T_{r0} - 50) = \frac{945,1}{1000}$$

Từ đó nhận được  $(T_{r0} - 50) = 16,93^\circ\text{C}$  và  $T_{r0} = 66,93^\circ\text{C}$ .

Hiệu suất tức thời  $\eta_i = \frac{945,1}{950 \times 1 \times 2} = 0,498$

Độ sụt áp của bộ nung khí được tính bằng phương trình (5.3.16) và (5.2.29) ta có

$$M = 0,040 \left[ 2,058 - \left( \frac{0,2}{1,3} \right)^{0,313} \right] = 0,06006$$

$$m = 0,075 \left[ 3,40 - \left( \frac{0,2}{1,3} \right)^{0,711} \right] = 0,2352$$

Từ đó:  $f = 0,06006 \times 3,635^{-0,2352} = 0,008734$

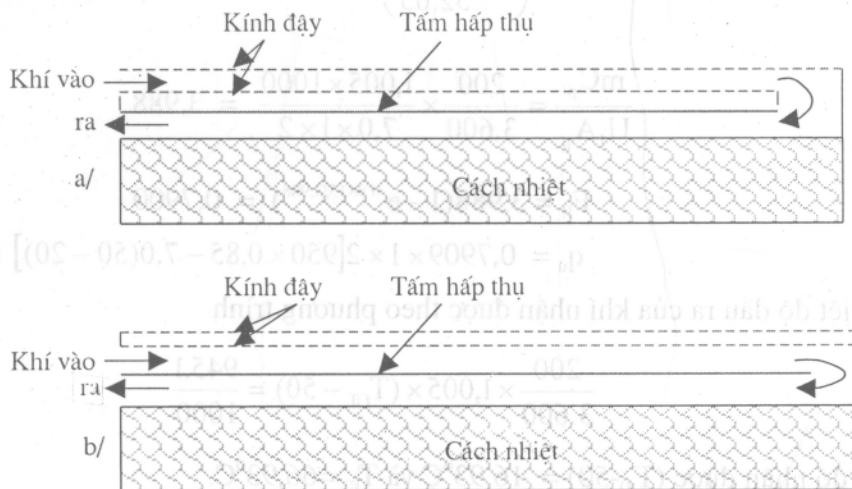
Độ sụt áp: 
$$\Delta P = \frac{4 \times 0,008734 \times 1,060 \times 2 \times 3.900^2}{2 \times 0,01768} = 31,85 \text{N/m}^2.$$

So sánh kết quả này với ví dụ 5.1 ta thấy rằng hiệu suất của bộ nung nóng khí tăng một cách đáng kể từ 42,5% lên 49,8%, nghĩa là tăng tuyệt đối là 7,3%. Tuy nhiên độ sụt áp lại tăng từ 15,78N/m<sup>2</sup> lên 31,85N/m<sup>2</sup>.

Nhiều nghiên cứu khác cũng cho thấy việc cải tiến kết cấu để tăng hiệu suất thường kèm theo thay đổi kết cấu của tấm hấp thụ, như việc cấu tạo thêm cánh cho tấm hấp thụ, nhưng việc thêm số cánh thì làm tăng độ sụt áp, do đó phải chọn số cánh tối ưu, không được tăng số cánh một cách tùy tiện.

### 5.3.3. Bộ nung khí hai kênh

Để làm giảm tổn thất nhiệt lên phía trên người ta còn đưa ra một thiết kế có kết cấu hai kênh dẫn khí song song nhau như mô tả trên hình 5.3.2.



Hình 5.3.2. Bộ nung khí hai kênh dẫn.

Khí đầu vào có nhiệt độ môi trường, chảy theo kênh phía trên, (giữa tấm kính thứ nhất và tấm hấp thụ thứ hai), sau đó chảy ngược lại theo kênh dưới (giữa tấm hấp thụ và kính dày (hình 5.3.2a)), hoặc kênh trên (nằm giữa tấm kính thứ hai và tấm hấp thụ), còn kênh dưới (nằm giữa tấm hấp thụ và kính dày (hình 5.3.2b)).

Kết quả thực nghiệm cho thấy nhiệt độ bên ngoài tấm kính giảm được từ 2 đến 5 độ, nhờ đó mà hiệu suất bộ thu tăng lên được 10 đến 15% so với bộ thu chỉ có một kênh.

Chênh lệch nhiệt độ của khí giữa đầu vào và đầu ra là 50<sup>0</sup>C, trong khi đó ở bộ nung một kênh nhiệt độ này chỉ chênh lệch có 20<sup>0</sup>C.

## Câu hỏi và bài tập chương 5

### Câu hỏi

1. Mô tả bằng hình vẽ các loại kết cấu bộ thu phẳng nung nóng không khí. Cho biết loại nào cho hiệu suất cao nhất và loại nào cho hiệu quả kinh tế lớn nhất.
2. Trình bày các bước trong quá trình tính hiệu suất của một bộ thu phẳng nung nóng không khí.
3. Cho một nhận xét chung về cách tính hiệu suất đối với các loại kết cấu đã được trình bày ở chương này.

### Bài tập

Đọc và làm lại các bài tập ví dụ (5.1) và (5.2) đã cho trong chương này (cố gắng tự giải không xem bài mẫu)

## Chương 6

### THIẾT BỊ THU BỨC XẠ HỘI TỤ

#### §6.1. Mở đầu

Trong các chương 4 và 5 chúng ta đã khảo sát thiết bị thu phẳng, dùng đun nước nóng và nung nóng không khí, loại thiết bị này chỉ cho nhiệt độ đầu ra từ  $50^{\circ}\text{C}$  đến  $100^{\circ}\text{C}$ . Trong chương này chúng ta sẽ xem xét và phân tích một loại thiết bị thu bằng phương pháp hội tụ các chùm tia bức xạ mặt trời. Loại thiết bị này có thể cho nhiệt độ cao hơn hẳn loại thu phẳng. Tùy theo yêu cầu người ta có thể thiết kế những thiết bị mà nhiệt độ tại mặt phẳng tiêu có thể đạt từ  $400^{\circ}\text{C}$  đến trên  $2.500^{\circ}\text{C}$ . Thông thường trong công nghiệp yêu cầu từ  $400^{\circ}\text{C}$  đến  $800^{\circ}\text{C}$ . Sau đây chúng ta hãy làm quen với một số khái niệm và định nghĩa về thiết bị hội tụ bức xạ.

#### 6.1.1. Những khái niệm và định nghĩa tổng quát

Để hội tụ các chùm tia bức xạ Mặt Trời người ta thường dùng các hệ gương phản xạ dạng parabol trụ hoặc tròn xoay, hoặc hệ thấu kính khúc xạ để hướng chùm tia trực xạ của bức xạ Mặt Trời tới một diện tích nhỏ được gọi là *mặt phẳng tiêu* (mặt phẳng chứa tiêu điểm). Mặt phẳng tiêu của bộ thu dạng parabol trụ thường được bao bọc bởi một ống kính trong suốt để giảm tổn thất nhiệt do đối lưu ra môi trường chung quanh. Vì vậy, trong các hệ quang luôn kèm theo sự tổn thất năng lượng do các chùm tia bị phản xạ một phần, và bị suy giảm khi phải xuyên qua lớp kính bọc trong suốt này; cũng như do sai số hình dáng hình học khi chế tạo ra chúng. Tổ hợp tất cả các tổn thất quang vừa kể trên đưa đến một khái niệm mới gọi là *hiệu suất quang*. Tuy nhiên, tổn thất quang được bù lại nhờ các tia tới được tập trung lên một diện tích nhỏ hơn nhiều lần so với mặt phẳng nhận bức xạ ban đầu, nên tổn thất nhiệt toàn phần của hệ cũng nhỏ hơn nhiều lần so với các bộ thu phẳng, do đó hiệu suất thiết bị loại này thường đạt được cao hơn.

Khác với thiết bị thu phẳng là các hệ quang phức tạp hơn, vì hệ này *chỉ dùng thành phần trực xạ* nên việc chế tạo và duy trì hoạt động của hệ thiết bị phải được điều khiển luôn hướng về phía Mặt Trời. Đối với các hệ hội tụ yêu cầu độ tập trung không cao thì một vài ngày mới cần điều chỉnh một lần, có thể bằng phương pháp thủ công, nhưng đối với các hệ cân độ tập trung cao thì phải điều chỉnh liên tục bằng phương pháp

tự động, nên việc thiết kế và chế tạo vô cùng phức tạp, làm cho giá thành của thiết bị rất cao. Hơn nữa, như trên đã nói, hệ chỉ nhận thành phần bức xạ trực xạ còn thành phần bức xạ tán xạ bị loại bỏ, nên hiệu suất tính trên tổng xạ sẽ giảm. Do đó các hệ hội tụ chỉ làm việc tốt trong các ngày nắng to, bầu trời quang đãng, không có mây mù (tỷ lệ cường độ trực xạ trên tổng xạ lớn). Tuy vậy, trong những năm gần đây nhờ những tiến bộ khoa học trong công nghệ thiết kế, và chế tạo mà người ta đã cho ra đời các hệ hội tụ có độ chính xác cao, với giá thành có thể chấp nhận được. Một số trong các hệ này đã trở thành thương phẩm. Hầu hết trong các thiết bị hội tụ dạng thương phẩm là các hệ hội tụ có dạng parabol trụ. Trong các hệ này chùm tia hội tụ nằm trên một dải dài chạy dọc theo cả chiều dài đường tiêu của parabol, và nhiệt độ ở đây có thể đạt được  $400^{\circ}\text{C}$

### 6.1.2. Phân loại các mô hình thiết bị hội tụ bức xạ

Một cách tổng quát ta có thể nhận biết các dạng hội tụ vừa đề cập ở trên qua hình 6.1.1.

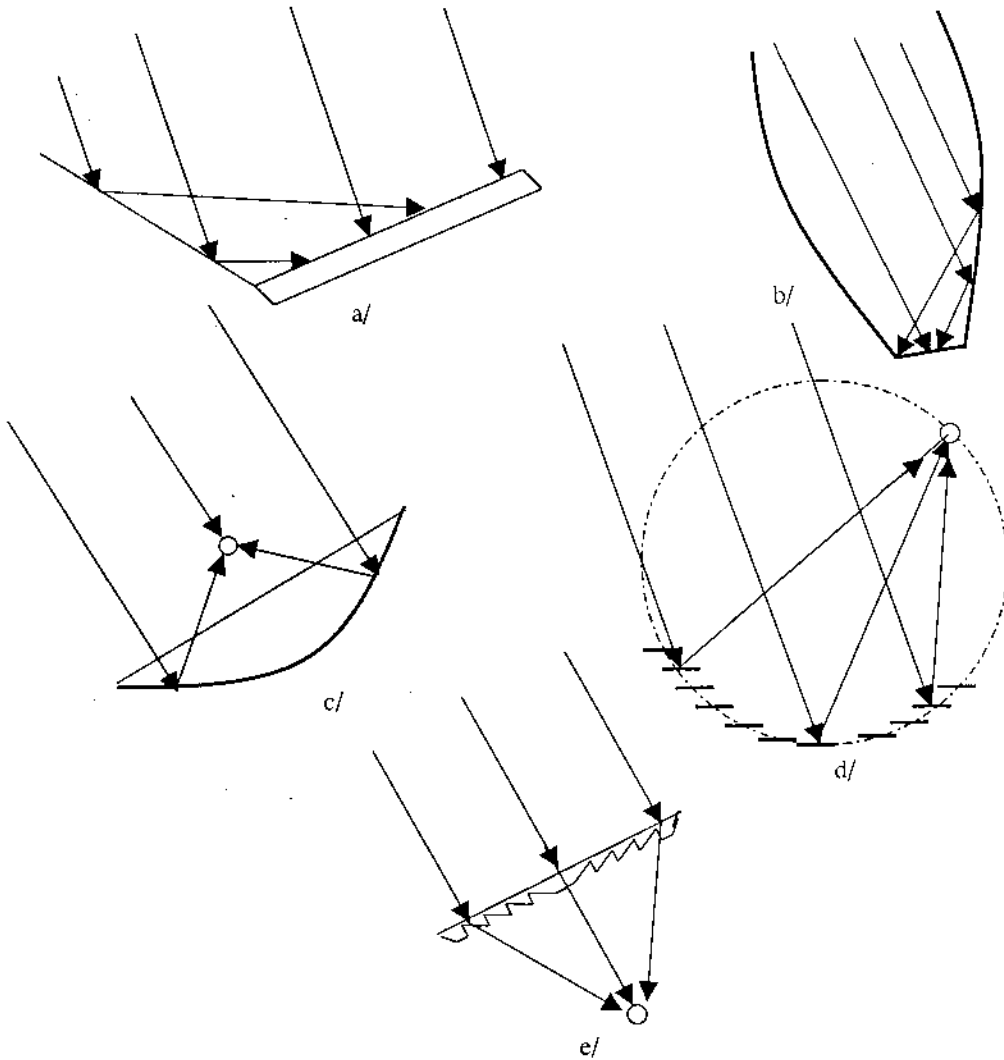
Trong đó (hình 6.1.1a) một tấm hấp thụ phẳng được gắn thêm từ 1 đến 4 gương phản xạ ở 4 cạnh chung quanh để tăng cường thêm bức xạ cho mặt hấp thụ. Bộ thu có kết cấu theo dạng này có thể đạt được nhiệt độ cao hơn từ  $20^{\circ}$  đến  $30^{\circ}\text{C}$ , chúng ta sẽ xem xét chi tiết ở mục 6.2.

Dạng *parabol kép* như mô tả trên hình 6.1.1b. Bao gồm các tấm cong có dạng parabol dựng chung quanh, mặt nhận bức xạ được đặt ở đáy để vừa nhận bức xạ trực tiếp vừa nhận các tia phản xạ từ các thành bên, giống như phản xạ phẳng (hình 6.1.1a), nhưng độ tập trung có thể đạt được từ 3 đến 10. Ưu điểm chính của loại này là góc nhận bức xạ được mở rộng hơn, nhưng đòi hỏi phải tiến hành điều chỉnh hướng liên tục để mặt hứng nắng luôn hướng về phía Mặt Trời. Khả năng tập trung cực đại của loại này có thể bằng với parabol trụ. Ta cũng sẽ khảo sát chi tiết ở tiết 6.4.

Tiếp theo là bộ thu có dạng *parabol trụ* (hình 6.1.1c), ở đây các tia tới song song với trục quang vuông góc với mặt hứng nắng, sẽ phản xạ và hội tụ trên một dải mặt tiêu, nằm dọc theo cả chiều dài của trục parabol. Cấu tạo của loại này không quá phức tạp nên trong thiết kế và chế tạo có tính khả thi cao. Nhờ đó loại này có nhiều khả năng trở thành dạng thương phẩm. Chúng ta sẽ phân tích và khảo sát đầy đủ trong mục 6.3.

Muốn đạt được độ tập trung cao hơn thì parabol phải có dạng tròn xoay, có mặt phẳng tiêu là một đĩa nhỏ. Loại này có *độ tập trung cao* (còn gọi là *độ hội tụ*, là tỷ số của diện tích bề mặt nhận và diện tích mặt phẳng tiêu) đạt tới từ 100 đến hàng nghìn, nhiệt độ tại tiêu điểm có thể đạt đến trên  $3.000^{\circ}\text{C}$ . Tuy nhiên, để đạt được nhiệt độ như thế thì việc thiết kế chế tạo đòi hỏi độ chính xác rất cao và hệ điều khiển cũng rất phức tạp, nên loại này chỉ được áp dụng trong nghiên cứu khoa học, ít có tính ứng dụng trong thực tế.

Loại *hội tụ có tiêu điểm di động* hình (6.1.1d ). Trong quá trình hoạt động của hệ này tiêu điểm hội tụ của hệ vừa nhận bức xạ đồng thời vừa chuyển động trên một đường tròn chứa các mặt phản xạ, nhằm luôn nhận được bức xạ khi Mặt Trời chuyển động từ Đông sang Tây. Nhờ đó mà người ta không phải điều khiển toàn bộ hệ gương phản xạ luôn hướng về phía Mặt Trời, nên giảm được độ phức tạp của hệ điều khiển trong quá trình hoạt động của bộ thu.



**Hình 6.1.1. Các dạng hội tụ:**

a- tấm phẳng có mặt phản xạ bố trí; b- parabol kép; c- parabol trụ; hoặc tròn xoay;  
 d- tiêu điểm chuyển động trên đường tròn; e- thấu kính hội tụ Fresnel.

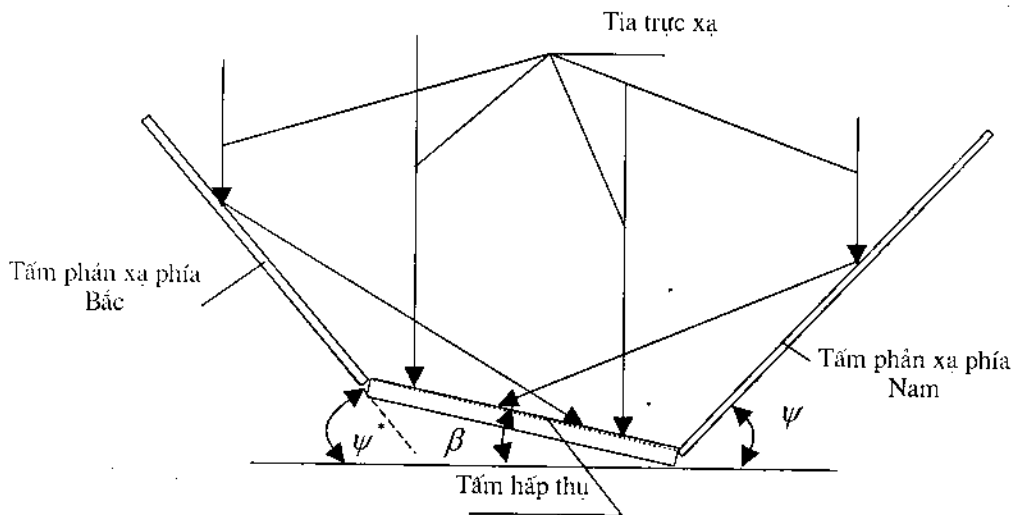
Cuối cùng là phương pháp hội tụ bằng *thấu kính Fresnel* (hình.6.1.1e), đó là một thấu kính mỏng được ghép đồng trục bởi nhiều đối cấu có bán kính và độ nghiêng khác nhau trên một tấm đáy tròn phẳng. Khi các tia tới song song với trục của đĩa tròn, sau



khi xuyên qua các dới cầu sẽ bị khúc xạ và đều hội tụ trên một mặt phẳng tiêu, đặt tại tiêu điểm chung của các dới cầu. Tất cả các loại thiết bị hội tụ mô tả trên các hình 6.1.1 c,d,e có độ tập trung thường đạt được từ 10 đến 80, và nhiệt độ có thể đạt được từ 150 đến 400°C. Dưới đây ta sẽ lần lượt phân tích chi tiết một số mô hình vừa nêu trên.

### §6.2. Thiết bị hội tụ tấm phẳng có mặt phản xạ bố trợ

Thiết bị hội tụ tấm phẳng là loại thiết bị thu không có tiêu điểm, trong thực tế nhiệt độ nhận được cao hơn không đáng kể so với bộ thu tấm phẳng thông thường. Một tấm hấp thụ có thể ghép đồng thời 2 đến 4 tấm gương phản xạ trên các cạnh chung quanh. Nhưng trong thực tế thường chỉ ghép thêm 2 tấm gương phản xạ: một tấm với cạnh phía Bắc, tấm thứ hai ghép với cạnh phía Nam (h. 6.2.1) Các tấm gương phản xạ này phản chiếu cả các tia trực xạ và các tia tán xạ khuếch tán theo các phương khác nhau. Độ tập trung đạt được từ 1 đến 4. Nhiệt độ có thể nhận được từ 130 đến 140°C. Ưu điểm của loại này so với thiết bị hội tụ là nó vẫn nhận được các thành phần tán xạ mà các thiết bị hội tụ khác thành phần này bị loại trừ. Trong thực tế thì các thiết bị loại này chỉ dùng một gương phản xạ đặt ở cạnh phía bắc để thuận tiện hơn trong việc điều chỉnh bằng tay.



Hình 6.2.1. Tấm hấp thụ phẳng có ghép hai tấm phản xạ.

Mỗi ngày góc nghiêng của gương có thể được thay đổi vài lần về hướng Mặt Trời để đón nhận tia bức xạ được nhiều nhất. Nếu là hệ lớn thì vài ngày thay đổi góc nghiêng một lần. Kích thước của gương phía bắc thường lấy bằng kích thước của tấm hấp thụ. Góc nghiêng của gương phản xạ (hình 6.2.1) được tính theo công thức

$$\psi = (\pi - \beta - 2\varphi + 2\delta) / 3 \quad (6.2.1)$$

trong đó  $\beta$  - góc nghiêng của tấm hấp thụ;  $\varphi$  - góc vĩ tuyến;  $\delta$  - góc lệch Mặt Trời.

Phương trình (6.2.1) được xác lập theo giả thiết là tại thời điểm 12h trưa, gương phản xạ được điều chỉnh sao cho các tia phản xạ dọc theo mép trên cùng của các gương phải nằm trọn trên diện tích mặt hấp thụ.

### §6.3. Bộ thu dạng parabol trụ

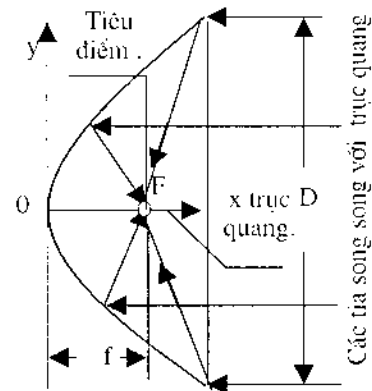
#### 6.3.1. Mô tả hình dạng

Bộ thu parabol thường được cấu tạo bởi một mặt phản xạ có dạng parabol bằng cách triển khai phương trình (6.3.1) dưới đây

$$y^2 = 2fx \quad (6.3.1)$$

trong đó,  $f$  là khoảng cách từ đáy đến tiêu điểm  $F$  của parabol như được mô tả trên hình 6.3.1. Trục  $Ox$  chứa tiêu điểm  $F$  được gọi là *trục quang*

Các tia tới song song với trục quang đều hội tụ tại tiêu điểm  $F$ . Giá trị của  $f$ , chiều rộng khẩu độ  $D$  được xác định tùy thuộc vào yêu cầu và mục đích sử dụng.



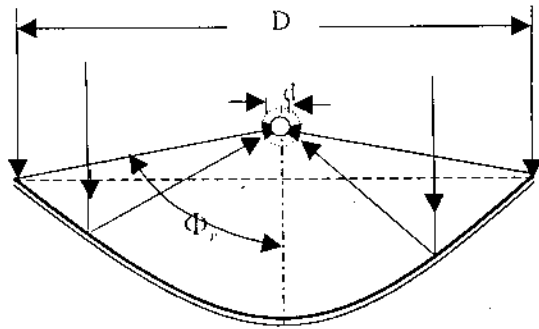
Hình 6.3.1. Đường cong parabol

Để tạo ra một parabol trụ người ta chế tạo một cái dưỡng có đường cong như phương trình (6.3.1) với các thông số  $f$  và  $D$  cho trước. Từ đó tạo ra một mặt cong tựa trên các sườn có hình dạng của dưỡng. Muốn tạo ra một mặt parabol tròn xoay người ta tạo ra một mạn sườn rồi dùng dưỡng quay quanh trục quang và điều chỉnh các thanh sườn sao cho mặt cong của chúng trùng khít với dưỡng, cuối cùng lắp mặt phản xạ tựa trên sườn đã được định vị theo dạng parabol tròn xoay. Để chế tạo mặt parabol tròn xoay chính xác người ta dùng một thiết bị gia công đặc biệt thực hiện theo chương trình điều khiển cho trước. Mặt cong sẽ có dạng đúng phương trình (6.3.1), sau đó tiến hành đánh bóng để đạt được độ bóng cần thiết. Tùy theo mục đích sử dụng mà người ta chọn một trong hai loại trên: parabol trụ hoặc parabol tròn xoay

#### 1- Parabol trụ

Mặt phản xạ là một máng cong có dạng parabol, các chùm tia trực xạ chiếu song song với trục quang của parabol đều bị phản xạ từ mặt parabol và hội tụ tại *đường tiêu* tạo thành một dải, nằm dọc suốt chiều dài máng. Tâm của ống thu nhiệt được đặt trùng với trục tiêu của parabol. Trong ống có chất tải nhiệt chảy qua. Để giảm bớt tổn thất nhiệt do hiện tượng đối lưu, người ta bọc ra ngoài ống thu nhiệt một ống thủy tinh trong suốt khác (hình 6.3.2).

Hiện nay người ta có thể chế tạo được những parabol trụ thường phẩm có diện tích hứng nắng từ 1 đến 6m<sup>2</sup>. Mặt hứng nắng có chiều dài lớn hơn bề rộng nhiều lần, và độ tụ đạt từ 10 đến 80. góc mở  $\Phi$ , từ 70° đến 120°.



Hình 6.3.2. Mô tả các đặc trưng của parabol trụ.

Ống hấp thụ thường được làm bằng thép mềm hoặc bằng đồng, đường kính 2.5 đến 5 cm, mặt ngoài của ống được phủ một lớp sơn hấp thụ chọn lọc, như phủ lớp crôm đen. Toàn bộ

ống này được đặt bên trong một ống thủy tinh trong suốt, khoảng cách giữa hai ống thường từ 1-2cm. Trong một số trường hợp để nâng cao hiệu suất người ta còn phủ một tấm chất dẻo trong suốt trên mặt hứng nắng để bảo vệ bề mặt phản xạ khỏi bị ẩm mốc, làm giảm độ phản xạ.

Chất lỏng tải nhiệt tùy thuộc vào yêu cầu nhiệt độ đầu ra mà người ta dùng nước hoặc chất truyền nhiệt hữu cơ, tuy nhiên do độ dẫn nhiệt của chất hữu cơ kém, hệ số truyền nhiệt thấp nên ống dẫn thường được cấu tạo dạng lá xoắn, nhằm làm giảm vận tốc chuyển động của chất tải, để tăng giá trị hệ số truyền nhiệt giữa ống và chất tải.

## 2- Parabol đĩa tròn xoay

Mặt phản xạ là một mặt gương dạng parabol tròn xoay, các chùm tia tới song song với trục quang sau khi phản xạ trên mặt gương đều hội tụ tại tiêu điểm và tạo trên mặt phẳng tiêu một ảnh phản xạ có dạng đĩa tròn (đường kính  $d$ ), diện tích của ảnh phản xạ nhỏ hơn nhiều lần so với diện tích nhận bức xạ của parabol (đường kính  $D$ ) (hình 6.3.2). Tỷ số của diện tích có đường kính "D" và đường kính "d" được gọi là độ tụ.

Mặt phản xạ nói chung được dùng gương tráng bạc, hoặc nhôm bốc hơi trong chân không phủ trên mặt kính hay chất dẻo, đôi khi còn được dùng phương pháp mạ điện phân niken trên kim loại v.v... Trong các thiết bị lớn như nhà máy điện Mặt Trời, công suất hàng nghìn kilowatt, thì mặt phản xạ thường được ghép bằng nhiều tấm gương phản xạ có kích thước từ 2 đến 4 m<sup>2</sup>, và luôn được định hướng theo Mặt Trời, nên thường có kết cấu phức tạp, công kênh và đòi hỏi phải có độ vững chắc để chịu được sức gió to. Do các đặc điểm vừa nêu trên nên hiện nay loại thiết bị hội tụ dạng này còn chưa được phổ biến rộng rãi.

### 6.3.2. Định hướng theo Mặt Trời

Do đặc điểm của parabol là chỉ nhận chùm tia trực xạ, nên mặt hứng nắng phải được đặt sao cho trục tiêu của parabol phải chuyển động quay được theo cả hai phương:

Đông-Tây, và Nam - Bắc, để pháp tuyến của mặt phẳng hứng nắng luôn hướng về phía Mặt Trời. Trong một ngày thì mặt hứng nắng phải quay từ Đông sang Tây nên trục quay phải được đặt nằm ngang, và cố định theo phương Nam-Bắc. Còn khi theo dõi Mặt Trời cho tất cả các ngày trong năm thì trục quay parabol phải được đặt nằm ngang, hoặc nghiêng một góc tùy thuộc vào vĩ độ của Trái Đất, và phải quay được quanh một trục vuông góc với nó, tức là trục phải nằm theo phương Đông-Tây. Dưới đây ta khảo sát tất cả các trường hợp có thể xảy ra theo những mô hình khác nhau.

**Mô hình I.** Trục tiêu điểm nằm ngang theo phương Đông- Tây (E-W). Parabol quay quanh trục nằm ngang E-W. Hàng ngày vào đúng trưa phải điều chỉnh parabol để các tia trục xạ chiếu thẳng góc với mặt phẳng nhận nắng, tức là góc tới trùng với góc lệch  $\delta$  của ngày ấy. Theo mô hình này thì mặt phẳng nhận là mặt phẳng tạo ảnh với các góc khác nhau  $\gamma = 0^\circ$  hoặc  $\gamma = 180^\circ$ . Trường hợp  $\gamma = 0$  xảy ra khi  $(\varphi - \delta) > 0$  và  $\gamma = 180^\circ$  xảy ra khi  $(\varphi - \delta) < 0$ . Để tìm góc nghiêng  $\beta$  cho mặt phẳng nhận vào lúc giữa trưa ( $\omega = 0, \theta = 0$ ), từ phương trình (2.5.10) ta nhận được:

$$\beta = (\varphi - \delta) \text{ khi } \gamma = 0^\circ \quad (6.3.1a)$$

và 
$$\beta = (\delta - \varphi) \text{ khi } \gamma = 180^\circ \quad (6.3.1b)$$

Các góc tới của tia trục xạ trên mặt phẳng nhận có thể xác định được bằng cách đặt các phương trình (6.3.1a, và 6.3.1b) vào phương trình (1.5.10). Đối với cả hai trường hợp,  $\gamma = 0$  và  $\gamma = 180^\circ$  ta nhận được hệ thức

$$\cos \theta = \sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cos \omega \quad (6.3.2).$$

**Mô hình II.** Trục tiêu đặt theo phương Đông-Tây và nằm ngang. Parabol quay theo phương Đông-Tây và được điều chỉnh liên tục để sao cho tia trục xạ tới luôn tạo với pháp tuyến của mặt phẳng nhận một góc nhỏ nhất. Theo mô hình này thì độ nghiêng của mặt phẳng nhận cũng sẽ khác nhau khi  $\gamma = 0^\circ$  hoặc  $\gamma = 180^\circ$ . Đặt các giá trị này vào phương trình (1.5.10) ta sẽ tìm được điều kiện thoả mãn với giá trị cực tiểu của góc tới  $\theta$ , bằng cách lấy đạo hàm về phải của phương trình này đối với  $\beta$  và cho bằng không. Khi đó ta nhận góc nghiêng của mặt phẳng nhận bằng các biểu thức sau:

$$\operatorname{tg}(\varphi - \beta) = [\operatorname{tg} \delta / \cos \omega] \text{ khi } \gamma = 0^\circ \quad (6.3.3a)$$

và 
$$\operatorname{tg}(\varphi + \beta) = [\operatorname{tg} \delta / \cos \omega] \text{ khi } \gamma = 180^\circ \quad (6.3.3b)$$

Từ các phương trình (6.3.3a, và 6.3.3b) ta có thể tìm được góc nghiêng  $\beta$  của mặt phẳng nhận. (6.3.3a) tương ứng với  $\gamma = 0^\circ$  khi góc phương vị  $\gamma$ , nhỏ hơn  $90^\circ$  và (6.3.3b) ứng với  $\gamma = 180^\circ$  nếu độ lớn của góc đỉnh của Mặt Trời lớn hơn  $90^\circ$ . Khi đặt các hệ thức (6.3.3a và 6.3.3b) vào (2.5.7) ta tìm được góc tới cho cả hai trường hợp bằng hệ thức.

$$\cos \theta = (1 - \cos^2 \delta \sin^2 \omega)^{1/2} \quad (6.3.4)$$

**Mô hình III.** Trục tiêu nằm ngang theo phương Bắc-Nam. Parabol quay quanh trục Bắc-Nam có điều chỉnh liên tục sao cho góc tới của tia trực xạ vào đỉnh trưa trên mặt phẳng nhận là nhỏ nhất. Theo mô hình này thì mặt góc phương vị lúc sáng sớm  $\gamma = +90^\circ$ , và lúc chiều tối  $\gamma = -90^\circ$ . Như vậy lúc giữa trưa phương trình (1.5.10) sẽ trở thành.

$$\cos \theta = (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \cos \beta + \cos \delta \sin \omega \sin \beta \quad (6.3.5)$$

Để tìm điều kiện thoả mãn với góc tới  $\theta$  cực tiểu ta lấy đạo hàm về phải của phương trình (6.3.5) đối với  $\beta$  và cho bằng không ta sẽ được

$$\beta = \text{tg}^{-1} \left[ \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega} \right] \quad (6.3.6)$$

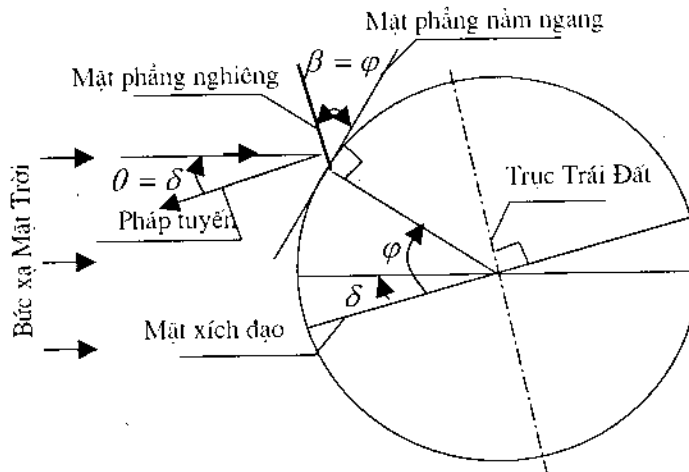
Phương trình (6.3.6) dùng để tìm góc nghiêng của mặt hứng nắng vào lúc sáng sớm. Để tính góc tới cực tiểu ta thay (6.3.6) vào (6.3.5) ta được biểu thức:

$$\cos \theta = [(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega)^2 + \cos^2 \delta \sin^2 \omega]^{1/2} \quad (6.3.7)$$

và lúc chiều tối, tức là  $\gamma = -90^\circ$ , chúng ta nhận được

$$\beta = \text{tg}^{-1} \left[ \frac{-\cos \delta \sin \omega}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega} \right] \quad (6.3.8)$$

Hệ thức tính  $\cos \theta$  vẫn như trên.



**Hình 6.3.3.** Mô tả sự theo dõi của parabol trụ, ứng với trường hợp thứ tư.  
Góc tới  $\theta = \delta$

**Mô hình IV.** Trục tiêu đặt theo phương Bắc-Nam với góc nghiêng bằng vĩ tuyến. Như vậy trục của parabol nằm song song với trục của quả đất. Định hướng như vậy đôi

khi đưa tới cái gọi là *chống cực*. Tốc độ quay của parabol từ Đông sang Tây, bằng tốc độ quay của Quả Đất nhưng ngược chiều, với vận tốc góc  $15''/\text{giờ}$ . Khi đó điều chỉnh sao cho lúc đứng trưa mặt phẳng hứng nắng hướng về phía chính nam. Như vậy, ta đặt  $\beta = \varphi$  và  $\omega = 0$  vào (1.5.10) ta được

$$\theta = \delta \quad (6.3.9)$$

Như mô tả trên hình 6.3.3, vòng tròn thể hiện vĩ tuyến nơi đặt bộ thu. Tại mọi thời điểm khác nhau parabol quay quanh một trục song song với trục quay của Trái Đất, với tốc độ quay bằng tốc độ quay của Trái Đất. Rất phù hợp với phương trình (6.3.9)

**Mô hình V.** Trục tiêu đặt theo phương Bắc-Nam và nằm ngang. Parabol vừa quay liên tục quay quanh trục song song với trục tiêu (nhưng với vận tốc không đều), đồng thời quay quanh một trục nằm ngang vuông góc với trục này, như vậy sẽ điều chỉnh cho chùm tia trực xạ lúc nào cũng thẳng góc với mặt hứng nắng. Khi đó  $\cos \theta = 1$ , và dễ dàng tìm được

$$\beta = |\varphi - \delta| \quad (6.3.10)$$

Như vậy, mọi phương pháp vừa nêu trên đều dẫn tới làm cho tia tới của chùm tia trực xạ lúc nào cũng thẳng góc với mặt phẳng hứng nắng. Ta hãy làm phép so sánh bằng con số qua ví dụ dưới đây.

**Ví dụ 6.1** Tính giá trị của bức xạ tới trên một mét vuông diện tích hứng nắng của một bộ thu parabol trụ được đặt ở  $28,58^\circ\text{N}$  và  $77,20^\circ\text{E}$ , từ 6h đến 18h, ngày 10 tháng 6, theo năm mô hình điều chỉnh theo hướng Mặt Trời đã được nêu ở trên. Cường độ bức xạ trực xạ theo giờ được cho trong bảng dưới đây

Thời gian (h)	$I_b$ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Thời gian (h)	$I_b$ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Thời gian (h)	$I_b$ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
06,30	110	10,30	495	14,30	445
07,30	240	11,30	550	15,30	322
08,30	333	12,30	523	17,30	220
09,30	424	13,30	495	16,30	118

**Giải:**

Ngày 10 tháng 6,  $n = 162$  và  $\delta = 23,012''$

Chúng ta tính ví dụ cho thời điểm lúc 10,30 từ phương trình (1.5.11):

$$\cos \theta_z = \sin 28,58 \sin 23,012 + \cos 28,58 \cos 23,012 \cos 22,5 = 0,9338$$

Đối với phương án theo dõi I, áp dụng biểu thức (6.3.2) ta có:

$$\cos \theta_\tau = \sin^2 23,012 + \cos^2 23,032 \cos 22,5 = 0,9355$$

Do đó hệ số chuyển đổi  $R_b$  trên mặt hứng nắng là

$$R_b = \frac{\cos \theta_\tau}{\cos \theta_z} = \frac{0,9355}{0,9338} = 1,002$$

Cường độ bức xạ trực xạ tới trên mặt phẳng hứng nắng của bộ thu parabol

$$I_b R_b = 495 \times 1,002 = 495,9 \text{ W/m}^2$$

Tương tự tính cho các phương án khác còn lại, kết quả cho trong bảng dưới đây

	Các phương án theo dõi			
	II	III	IV	V
$\cos \theta$	0,9359	0,9980	0,9204	1,0000
$R_b$	1,0023	1,068	0,9857	1,0709
$I_b R_b (\text{W/m}^2)$	496,1	529,0	487,9	530,1

Các giá trị của  $I_b R_b$  tính theo cường độ trực xạ cho tất cả các giờ trong ngày từ 6,00 đến 18,00 cho trong bảng 6.1 với giả thiết là lấy giá trị cường độ bức xạ trung bình cho từng giờ.

Từ kết quả ta thấy mô hình V cho giá trị  $I_b R_b$  lớn nhất, vì theo phương án này thì các trục của parabol luôn điều chỉnh cho tia tới luôn trùng với pháp tuyến của mặt phẳng hứng nắng của parabol. Phương án này tại một một vĩ tuyến xác định, điều khiển trục quay theo hướng Mặt Trời theo từng ngày trong năm, với cùng một số liệu bức xạ. So sánh kết quả tính toán theo các phương án được cho trong bảng 6.1.

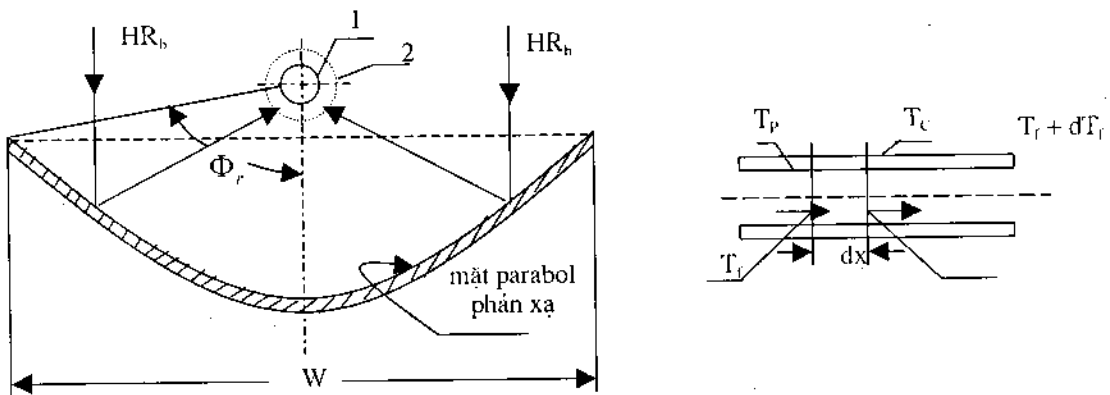
Trong các phương án trên thì các mô hình II, III, và IV là thường được chọn nhất. Mô hình V thì không thể vì việc điều khiển đồng thời cả hai trục quay nên rất phức tạp, còn mô hình I thì trường ảnh không hoàn toàn tập trung tại trục tiêu điểm.

Các mô hình II và III là đơn giản nhất vì các trục tiêu cùng nằm ngang, nên dễ dàng trong việc ghép nối các bộ thu thành một cụm liên hoàn để thuận tiện cho quá trình điều khiển hệ thống theo hướng Mặt Trời, và cuối cùng là không gian được sử dụng có hiệu quả hơn.

Giờ (h)	$I_b R_n (W/m^2)$				
	MH.I	MH.II	MH.III	MH.IV	MH.V
0 630	99,1	153,8	360,4	346,1	376,1
0 730	230,7	254,5	476,1	445,1	483,6
0 830	327,9	335,0	489,0	451,3	490,0
0 930	422,3	424,0	511,9	471,2	511,9
10,30	495,9	496,1	529,0	487,9	530,1
11,30	552,4	552,4	554,0	512,2	556,4
12,30	525,3	525,3	526,9	487,0	529,1
13,30	495,9	496,1	529,0	487,9	530,1
14,30	443,2	445,0	537,2	494,5	537,2
15,30	317,0	323,9	472,8	436,4	474,2
16,30	211,4	233,2	436,5	408,0	443,3
17,30	106,3	165,0	386,6	371,3	403,4
Cộng (kWh/m <sup>2</sup> )	4,227	4,404	5,807	5,399	5,866

### 6.3.3. Tính hiệu suất

Bây giờ chúng ta phân tích cách tính hiệu suất của bộ thu dạng parabol trụ, mà mặt hứng nắng có bề rộng  $W$ , chiều dài  $L$  và góc mép (nửa góc mở)  $\Phi_r$  (hình 6.3.4)



Hình 6.3.4. Mặt cắt ngang của bộ thu parabol trụ:

1- ống hấp thụ; 2- ống thủy tinh bọc ngoài;

$HR_b$ - bức xạ trực xạ.

Ống hấp thụ có đường kính trong  $D_1$  và đường kính ngoài  $D_0$ . Ống hấp thụ được bao chung quanh bằng một ống thủy tinh với đường kính trong  $D_{c1}$  và đường kính ngoài



$D_o$ . Lưu lượng của chất tải nhiệt chảy trong ống có khối lượng  $m$ , nhiệt dung riêng  $C_p$ , nhiệt độ chất lỏng đầu vào  $T_{1,0}$ , và đầu ra  $T_{1,0}$ .

Bộ thu hoạt động theo các mô hình đã được mô tả trên hình 6.3.4. Tia bức xạ trực xạ chiếu vuông góc với mặt hứng nắng của bộ thu là  $I_b R_b$ , mà giá trị của nó được tính như đã trình bày trong mục 6.2. Giả thiết rằng ảnh phản xạ của tia trực xạ luôn hội tụ trên một đường thẳng dọc theo suốt chiều dài ống hấp thụ. Trong thực tế chiều dài ống thường dài hơn chiều dài của mặt parabol một ít (khoảng 10%), và cường độ ảnh phản xạ không hoàn toàn đồng đều trên cả chiều dài ống. Để đơn giản trong tính toán chúng ta coi ảnh phản xạ hội tụ trên ống bằng chiều dài của parabol, và chúng ta cũng giả thiết rằng sự sai khác về nhiệt độ trên một tiết diện ngang giữa kính bao và ống hấp thụ là không đáng kể, có thể bỏ qua.

Tỉ số tập trung (độ hội tụ) được cho bởi công thức

$$C = \frac{\text{diện tích thực của mặt hứng nắng}}{\text{diện tích ống hấp thụ}} = \frac{(W - D_o)L}{\pi D_o L} = \frac{(W - D_o)}{\pi D_o} \quad (6.3.11)$$

Các bước tính toán trong trường hợp này cũng tương tự như đã tiến hành đối với bộ thu phẳng. Phương trình cân bằng năng lượng trên một phần tử  $dx$  chiều dài ống hấp thụ được cho bởi phương trình

$$dq_u = [I_b R_b (W - D_o) \rho \gamma (\tau \alpha)_b + I_b R_b D_o (\tau \alpha)_b - U_L \pi (D_o (T_p - T_a))] dx \quad (6.3.12)$$

trong đó:  $dq_u$  là nhiệt lượng có ích nhận được trên chiều dài  $dx$ ;

$\rho$  là hệ số phản xạ của mặt parabol;

$\gamma$  là hệ số tổn thất quang, do một phần tia phản xạ tới ống hấp thụ bị chặn bởi ống kính bọc ngoài ;

$(\tau \alpha)_b$  là giá trị trung bình của tích hấp thụ truyền qua của bức xạ trực xạ;

$U_L$  là hệ số tổn thất nhiệt toàn phần;

$T_p, T_a$  là nhiệt độ tấm hấp thụ và nhiệt độ môi trường tương ứng.

Số hạng đầu tiên bên vế phải của phương trình (6.3.12) là năng lượng mà mặt hấp thụ có chiều rộng  $(W - D_o)$  nhận được, số hạng thứ hai là bức xạ tới rơi trực tiếp trên ống hấp thụ, giá trị của số hạng này nhỏ hơn giá trị số hạng thứ nhất nhưng không thể bỏ qua khi tỉ số hội tụ nhỏ. Số hạng thứ ba là tổn thất nhiệt do đối lưu và bức xạ.

Tương tự như khi tính đối với bộ thu phẳng, thông lượng hấp thụ trên ống hấp thụ được định nghĩa bằng công thức

$$S = I_b R_b \rho \gamma (\tau \alpha)_b + I_b R_b D_o (\tau \alpha)_b \left( \frac{D_o}{W - D_o} \right) \quad (6.3.13)$$

Khi đó phương trình (6.3.12) trở thành

$$dq_u = \left[ S - \frac{U_L}{C} (T_p - T_a) \right] (W - D_0) dx \quad (6.3.14)$$

Ta có thể viết phương trình này dưới dạng khác như sau:

$$dq_u = h_f \pi D_i (T_p - T_f) dx \quad (6.3.15)$$

$$= \dot{m} C_p dT_f \quad (6.3.16)$$

trong đó:  $h_f$  = hệ số toả nhiệt giữa mặt trong của ống và chất lỏng;

$T_f$  = nhiệt độ của chất lỏng.

Tổng hợp các phương trình (6.3.14) và (6.3.15) và thay nhiệt độ tẩm hấp thụ bằng nhiệt độ chất lỏng ta được

$$dq_u = F' \left[ S - \frac{U_L}{C} (T_f - T_a) \right] (W - D_0) dx \quad (6.3.17)$$

ở đây  $F'$  = hiệu suất hiệu dụng của bộ thu và được định nghĩa bằng công thức

$$F' = \frac{1}{U_L \left[ \frac{1}{U_L} + \frac{D_0}{D_i h_f} \right]} \quad (6.3.18)$$

Từ (6.3.16) và (6.3.17) ta nhận được phương trình vi phân

$$\frac{dT_f}{dx} = \frac{F' \pi D_0 U_L}{\dot{m} C_p} \left[ \frac{CS}{U_L} - (T_f - T_a) \right] \quad (6.3.19)$$

Lấy tích phân theo điều kiện biên khi  $x=0$ ,  $T_f = T_{f,i}$  ta nhận được phương trình phân bố nhiệt độ

$$\frac{\left( \frac{CS}{U_L} + T_a \right) - T_f}{\left( \frac{CS}{U_L} + T_a \right) - T_{f,i}} = \exp\left(-\frac{F' \pi D_0 U_L x}{\dot{m} C_p}\right) \quad (6.3.20)$$

Khi cho  $x=L$  và nhiệt độ đầu ra của chất lỏng  $T_f = T_{f,o}$ , và cả hai vế của phương trình (6.3.20) đều lấy một đơn vị trừ cho biểu thức hiện tại và quy đồng mẫu số của vế trái ta nhận được

$$\frac{(T_{t,0} - T_{t,i})}{\frac{CS}{U_L} + T_a - T_{t,i}} = 1 - \exp\left(-\frac{F' \pi D_0 U_L L}{\dot{m} C_p}\right) \quad (6.3.21)$$

Như vậy, nhiệt hiệu dụng được tính theo biểu thức

$$\begin{aligned} q_u &= \dot{m} C_p (T_{t,0} - T_{t,i}) \\ &= \dot{m} C_p \left[ \frac{CS}{U_L} + T_a - T_{t,i} \right] \left[ 1 - \exp\left(-\frac{F' \pi D_0 U_L L}{\dot{m} C_p}\right) \right] \\ &= F_R (W - D_0) L \left[ S - \frac{U_L}{C} (T_{t,i} - T_a) \right] \end{aligned} \quad (6.3.22)$$

ở đây  $F_R$  - thừa số thoát nhiệt được định nghĩa bởi biểu thức

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p}{\pi D_0 L U_L} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{F' \pi D_0 U_L L}{\dot{m} C_p}\right) \right] \quad (6.3.23)$$

Phương trình (6.3.23) tương đương với phương trình (4.4.27) của Hottel-Whillier-Bliss đối với bộ thu phẳng.

Hiệu suất tức thời  $\eta_i$  được tính theo công thức

$$\eta_i = \frac{q_u}{(I_b R_b + I_d R_d) W L} \quad (6.3.24)$$

Nếu bỏ qua bức xạ khuếch tán phản xạ từ mặt đất  $I_d R_d$  thì hiệu suất tức thời bằng

$$\eta_i = \frac{q_u}{I_b R_b W L} \quad (6.3.25)$$

#### 6.3.4. Hệ số tổn thất nhiệt toàn phần và các hệ thức truyền nhiệt

Trong mục này chúng ta sẽ tính hệ số tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L$  và các hệ thức cần thiết để tính các hệ số truyền nhiệt riêng cho từng bộ phận. Việc tính tổn thất nhiệt toàn phần cũng dựa trên cơ sở đối lưu và bức xạ, tương tự như đã làm trước đây trong chương 4 đối với tổn thất nhiệt lên phía trên. Chúng ta coi ống hấp thụ và kính bọc chung quanh là một hệ, mà ống được đặt ở giữa, thì tổn thất nhiệt trên một đơn vị dài được tính bằng công thức

$$\frac{q_l}{L} = h_{p-c} (T_{pm} - T_c) \pi D_0 + \frac{\sigma \pi D_0 (T_{pm}^4 - T_c^4)}{\left\{ \frac{1}{\epsilon_p} + \frac{D_0}{D_{ci}} \left( \frac{1}{\epsilon_c} - 1 \right) \right\}} \quad (6.3.26)$$

$$= h_w (T_c - T_a) \pi D_{co} + \sigma \pi D_{co} \epsilon_c (T_c^4 - T_{bt}^4) \quad (6.3.27)$$

trong đó:  $q/L$  = tổn thất nhiệt trên một đơn vị dài ;

$h_{p-c}$  = hệ số truyền nhiệt đối lưu giữa tấm hấp thụ và kính dày;

$T_{pm}$  = nhiệt độ trung bình của ống hấp thụ;

$T_c$  = nhiệt độ của tấm kính ;

$T_{bt}$  = nhiệt độ bầu trời.

Những ký hiệu còn lại như đã được định nghĩa trước đây. Các phương trình (6.3.26) và (6.3.27) là những phương trình không tuyến tính có hai biến số, đó là  $(q_l/L)$  và  $T_c$ . Nghiệm của các biến số này sẽ nhận được sau khi thay thế các giá trị của  $h_{p-c}$  và  $h_w$ . Việc xác định các hệ số  $h_{p-c}$  và  $h_w$  được tiến hành như sau:

*a- Hệ số truyền nhiệt giữa tấm hấp thụ và kính*

Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu  $h_{p-c}$  trong khoảng không gian bao quanh giữa ống hấp thụ nằm ngang và ống kính bọc ngoài được tính theo hệ thức Raithby và Holands

$$\frac{k_{eff}}{k} = 0,317(Ra^*)^{1/4} \quad (6.3.28)$$

trong đó:  $k_{eff}$  = độ dẫn nhiệt hiệu dụng được định nghĩa như là độ dẫn nhiệt mà các phân tử khí chuyển động trong khe hẹp phải trao đổi nhiệt với nhau, và

$Ra^*$  = số Raithby hiệu chỉnh có liên quan đến việc sử dụng số Rayleigh bằng hệ thức sau

$$(Ra^*)^{1/4} = \frac{\ln(D_{ci}/D_0)}{b^{3/4} \left( \frac{1}{D_0^{3/5}} + \frac{1}{D_{ci}^{3/5}} \right)^{5/4}} Ra^{1/4} \quad (6.3.29)$$

Kích thước đặc trưng được dùng để tính số Rayleigh là bề rộng khe có tiết diện hình vành khăn  $b = (D_{ci} - D_0)/2$ . Các đặc trưng được xác định ở nhiệt độ trung bình  $(T_{pm} + T_c)/2$ . Điều đó có nghĩa rằng độ dẫn nhiệt hiệu dụng  $k_{eff}$  không thể nhỏ hơn độ dẫn nhiệt  $k$ . Vì khi cho  $(k_{eff}/k)$  bằng đơn vị thì kết quả nhận được từ phương trình (6.3.28) sẽ nhỏ hơn đơn vị, điều này là không phù hợp. Mối liên hệ giữa hệ số trao đổi nhiệt  $h_{p-c}$  và độ dẫn nhiệt hiệu dụng có thể được xác định bằng hệ thức cân bằng đối với tốc độ trao đổi nhiệt trên một đơn vị dài sau đây

$$\frac{2\pi k_{\text{eff}}}{\ln(D_{\text{ci}}/D_0)}(T_{\text{pm}} - T_c) = h_{\text{p-c}}\pi D_0(T_{\text{pm}} - T_c)$$

hay

$$h_{\text{p-c}} = \frac{2k_{\text{eff}}}{D_0 \ln(D_{\text{ci}}/D_0)} \quad (6.3.30)$$

Giới hạn sử dụng phương trình (6.3.28) là  $Ra^* < 10^7$  và  $b < 0,3D_0$ .

*b- Hệ số trao đổi nhiệt trên mặt ngoài của ống kính*

Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu  $h_w$  ở mặt ngoài của ống kính bao quanh ống hấp thụ (đôi khi còn gọi là hệ số trao đổi nhiệt với gió), với giả thiết gió thổi dọc theo trục tiêu của parabol trụ thì có thể dùng công thức thực nghiệm nổi tiếng của Hilper liên hệ qua số Nusselt như sau

$$Nu = C_1 Re^n \quad (6.3.31)$$

ở đây,  $C_1$  và  $n$  là những hằng số chúng có các giá trị sau:

Khi	$40 < Re < 4.000$ ,	$C_1 = 0,615$ ,	$n = 0,466$
khi	$4.000 < Re < 40.000$ ,	$C_1 = 0,174$ ,	$n = 0,618$
khi	$40.000 < Re < 400.000$	$C_1 = 0,0239$ ,	$n = 0,805$

$D_w$  là kích thước đặc trưng để dùng trong phương trình (6.3.31), được tính với nhiệt độ trung bình  $(T_c + T_s)/2$ .

Chú ý rằng, phương trình (6.3.31) nhận được ở mức độ chảy rối thấp. Trong thực tế mức độ rối đối với gió trên mặt kính là không đáng kể nên có thể bỏ qua. Khi đó độ tin cậy của phương trình (6.3.31) sẽ giảm từ 10-15%. Tuy nhiên sự giảm độ tin cậy này cũng chỉ làm giảm giá trị của tổn thất nhiệt toàn phần từ 1-2%.

*c- Hệ số tỏa nhiệt ở mặt trong của ống hấp thụ*

Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu  $h_i$  ở mặt trong của ống hấp thụ có thể được tính với giả thiết dòng chảy luôn luôn là *chảy đầy*. Bởi vì tỷ số chiều dài trên đường kính ( $L/D$ ) là rất lớn, thường lớn hơn 20 lần. Khi số Reynolds nhỏ hơn 2.000 thì dòng chảy ở chế độ chảy tầng và hệ số trao đổi nhiệt có thể được tính từ phương trình

$$Nu = 3,66 \quad (6.3.32)$$

Mặt khác khi số Reynolds lớn hơn 2000 là chế độ chảy rối, khi đó hệ số trao đổi nhiệt có thể tính bằng công thức Dittus - Boelter

$$Nu = 0,023Re^{0,8}Pr^{0,4} \quad (6.3.33)$$

Kích thước đặc trưng dùng để tính số Nu và Re trong các phương trình (6.3.32) và (6.3.33) là  $D_i$ . Nhiệt độ đặc trưng bằng  $(T_{ii} + T_{to})/2$ . Cần lưu ý là các phương trình (6.3.32) và (6.3.33) cũng phù hợp để tính giá trị  $h_f$  trong bộ thu phẳng.

Trong nhiều trường hợp khi lưu lượng  $\dot{m}$  nhỏ và chảy chậm người ta thường dùng phương trình (6.3.32). Đôi khi giá trị của  $h_f$  quá nhỏ chỉ bằng nghịch đảo của thừa số lưu thông  $F_R$ . Điều này đặc biệt đúng khi chất lỏng tải nhiệt là dầu. Các loại dầu có điểm sôi cao nhưng độ dẫn nhiệt lại thấp và có số Prandtl cao. Trong trường hợp đó người ta thường áp dụng biện pháp kỹ thuật để tăng hệ số trao đổi nhiệt. Một trong những kỹ thuật đơn giản là dùng băng xoắn có đường kính  $D_i$  đặt bên trong dọc suốt chiều dài ống hấp thụ. Hong và Bergles đề nghị nên dùng hệ thức dưới đây để tính cho trường hợp này.

$$Nu = 5,172[1 + 0,005484 \{Pr(Re/X)^{1,78}\}^{0,7}]^{0,5} \quad (6.3.34)$$

trong đó  $X =$  tỷ số xoắn  $= H/D_i$  và

$$H = \text{Chiều dài băng khi xoắn một góc } 180^\circ$$

Kích thước đặc trưng dùng để tính số Nu và Re là  $D_i$ . Kết quả tính theo phương trình (6.3.34) khi dùng băng xoắn cho thấy hệ số trao đổi nhiệt tăng rất đáng kể, trong khi số Prandtl vẫn cao mà độ giảm áp lại không tăng theo tỷ lệ tương ứng. Độ giảm áp có thể tính bằng công thức thực nghiệm của Date và Singham dưới đây.

$$\begin{aligned} fRe &= 38,4(Re/X)^{0,05} && \text{ứng với } 6,7 \leq (Re/X) \leq 100 \\ &= C_2(Re/X)^{0,3} && \text{ứng với } (Re/X) > 100 \end{aligned} \quad (6.3.35)$$

ở đây  $f =$  hệ số ma sát,

$$C_2 = 8,8201X - 2,1193X^2 + 0,2108X^3 - 0,0069X^4$$

### Ví dụ 6.2

Tính hệ số tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L$  của hệ thống nhận trong bộ thu parabol trụ. Hệ thống nhận gồm ống có phủ một lớp hấp thụ lựa chọn, có vỏ kính bọc chung quanh ống với các số liệu cho như sau:

- đường kính trong và ngoài của ống hấp thụ tương ứng 7,5cm và 8,1cm;
- đường kính trong và ngoài của ống kính bao quanh 14,4cm và 15,5cm;
- hệ số phát xạ của mặt ống hấp thụ  $= 0,15$ ;
- hệ số phát xạ của kính  $= 0,88$ ;
- nhiệt độ trung bình của ống hấp thụ  $= 170^\circ\text{C}$ ;
- nhiệt độ môi trường  $= 25^\circ\text{C}$ ;
- tốc độ gió  $= 4\text{m/s}$ ;

Thay các số liệu đã cho trên đây vào phương trình (6.3.26) và (6.3.27) ta nhận được

$$\frac{q_1}{L} = h_{p-c}(443,2 - T_c)\pi 0,081 + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \pi 0,081(443,2^4 - T_c^4)}{\left\{ \frac{1}{0,15} + \frac{0,081}{0,144} \left( \frac{1}{0,88} - 1 \right) \right\}}$$

$$= 0,2545 h_{p-c}(443,2 - T_c) + 0,2140 \cdot 10^{-8} (385,8 \cdot 10^8 - T_c^4) \quad (6.3.36)$$

$$\frac{q_1}{L} = h_w(T_c - 298,2)\pi \times 0,15 + 5,67 \cdot 10^{-8} \pi \times 0,15 \times 0,88(T_c^4 - 292,2^4)$$

$$= 0,4712 h_w(T_c - 298,2) + 2,3513 \cdot 10^{-8} (T_c^4 - 72,90 \cdot 10^8) \quad (6.3.37)$$

Giải các phương trình (6.3.36) và (6.3.37) cho ta nghiệm của các biến số ( $q_1/L$ ) và  $T_c$ . Để giải phương trình trước hết ta phải xác định các hệ số trao đổi nhiệt  $h_{p-c}$  và  $h_w$  nhưng các hệ số này cũng phụ thuộc  $T_c$ . Do vậy ta phải dùng phương pháp tính lặp với giả thiết ban đầu  $T_c = 310K$ .

- Tính  $h_{p-c}$

Nhiệt độ trung bình giữa ống và kính

$$T_{o-k} = (443 + 310)/2 = 103,4^{\circ}C$$

Ở nhiệt độ này: hệ số dẫn nhiệt của khí  $k=0,0323W/mK$ ;  $\nu = 23,52 \cdot 10^{-6}m^2/s$ :

$$Pr = 0,688$$

$$Ra = 9,81 \frac{1}{376,6} \frac{(443,2 - 310)(0,0315)^3}{(23,52)^2 10^{-12}} \cdot 0,688 = 134.877$$

Từ phương trình (6.3.28)

$$\frac{k_{eff}}{k} = 0,317 - \frac{\ln(0,144/0,081)}{(0,0315)^{3/4} \left( \frac{1}{0,081^{3/5}} + \frac{1}{0,144^{3/5}} \right)^{5/4}} (134877)^{1/4} = 3,6349$$

và từ phương trình (6.3.30)

$$h_{p-c} = \frac{2 \times 3,6349 \times 0,0323}{0,081 \ln(0,144/0,081)} = 5,036 W/m^2K$$

- Tính  $h_w$

Nhiệt độ trung bình của khí giữa kính và môi trường

$$T_{k,a} = \frac{310 + 298,2}{2} = 304,1K = 30,9^{\circ}C$$

Ở nhiệt độ này: độ dẫn nhiệt của khí  $k = 0,0268W/m.K$ ;  $\nu = 16,09.10^{-6}m^2/s$ .

Giả thiết rằng gió thổi dọc theo trục tiêu parabol trụ, ta có thể dùng phương trình (6.3.31)

$$Re = \frac{4 \times 0,15}{16,09.10^{-6}} = 37.300$$

$$Nu = 0,174(37.300)^{0,618} = 116,4$$

$$h_w = 116,4 \times \frac{0,0268}{0,15} = 20,79W/m^2.K$$

Thay các giá trị  $h_{p,c}$  và  $h_w$  vào (6.3.36) và (6.3.37) ta tính được  $T_c$  và  $(q/L)$ , bằng cách mò mẫm, và nhận được các kết quả như đã cho trong bảng dưới đây

Nhiệt độ kính bao $T_c(K)$	$(q/L)$	
	Pt.(6.3.26)	Pt.(6.3.27)
310	233,5	161,3
315	225,9	224,7
315,1	225,6	226,0

Các giá trị ở dòng cuối cùng của  $(q/L)$  tính theo hai phương trình có khác nhau chút ít, nên ở đây giá trị trung bình cộng 225,8 là có thể chấp nhận được. Từ đó ta thấy các giá trị của  $h_{p,c}$  và  $h_w$  sẽ không bị thay đổi nhiều khi thay giá trị nhiệt độ giả định ban đầu  $T_c = 310K$  bằng giá trị tính toán được là 315,1K nên không cần thiết phải tính lại các hệ số trao đổi nhiệt này. Từ đó tính cho hệ số tổn thất nhiệt toàn phần

$$U_l = \frac{225,8}{\pi 0,018(170 - 25)} = 6,12W/m^2.K$$

*d- Phương trình kinh nghiệm để tính tổn thất nhiệt toàn phần*

Dựa trên cơ sở tính toán thiết kế cho nhiều hệ thu parabol trụ, Mullick và Nand đã triển khai một phương trình bán thực nghiệm dưới đây để tính tổn thất nhiệt toàn phần. Phương trình này đã giảm được các phép tính trung gian,



$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{C_3(T_{pm} - T_c)^{0.25} + \left[ \sigma(T_{pm}^2 + T_c^2)(T_{pm} + T_c) / \left\{ \frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{D_0}{D_{ci}} \left( \frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) \right\} \right]} + \left( \frac{D}{D_{co}} \right) \left( \frac{1}{h_w + \sigma\varepsilon(T_c^2 + T_a^2)(T_c + T_a)} \right) \quad (6.3.38)$$

Hằng số  $C_3$  nhận được theo hệ thức Raithby và Holland cho bởi công thức

$$C_3 = \frac{17,74}{(T_{pm} + T_c)^{0,4} D_0 (D_0^{-0,75} + D_{ci}^{-0,75})} \quad (6.3.39)$$

Nhiệt độ của kính được cho bởi:

\* Nếu  $333 < T_{pm} < 513K$  thì dùng hệ thức

$$\left( \frac{T_c - T_a}{T_{pm} - T_a} \right) = 0,04075 \left( \frac{D_0}{D_{co}} \right) h_w^{-0,67} \left[ 2 - 3\varepsilon_p + \frac{(6 + 9\varepsilon_p)T_{pm}}{100} \right] \quad (6.3.40)$$

\* Nếu  $513 < T_{pm} < 623K$  thì dùng hệ thức

$$\left( \frac{T_c - T_a}{T_{pm} - T_a} \right) = 0,163 \left( \frac{D_0}{D_{co}} \right)^{0,4} h_w^{-0,67} \left[ 2 - 3\varepsilon_p + \frac{(6 + 3\varepsilon_p)T_{pm}}{100} \right] \quad (6.3.41)$$

Khi dùng các phương trình từ (6.3.38) đến (6.3.41) nhiệt độ  $T_{pm}$ ,  $T_c$  và  $T_a$  tính theo đơn vị (K), các kích thước tính bằng (m),  $\sigma$  ( $W/m^2.K^4$ ), và  $h_w$  ( $W/m^2.K$ ). Giá trị  $U_t$  sẽ được tính là ( $W/m^2.K$ ). Phương trình (6.3.38) thỏa mãn đối với các thông số có giá trị nằm trong các khoảng giới hạn dưới đây:

$$\begin{aligned} 0,1 &\leq \varepsilon_p \leq 0,95 \\ 0,0125 &\leq D_0 \leq 0,15m \\ 15 &\leq h_w \leq 60W/m^2.K \\ 273 &\leq T_a \leq 313K \end{aligned}$$

Các phương trình (6.3.40) và (6.3.41) cho phép ước lượng sai khác nhiệt độ của kính bao khoảng  $\pm 10^\circ C$ . Tuy nhiên sai khác này cũng chỉ gây sai số bằng  $\pm 1\%$  khi áp dụng phương trình (6.3.38) với nhiệt độ nằm trong khoảng  $333 < T_{pm} < 513K$ , và bằng  $\pm 2\%$  với nhiệt độ nằm trong khoảng  $513 < T_{pm} < 623K$ .

Dưới đây ta sẽ áp dụng các phương trình trên để tính toán chi tiết đối với thiết bị thu parabol trụ bằng các số liệu cụ thể.

**Ví dụ 6.3.** Một thiết bị thu dạng parabol trụ đặt ở vĩ độ  $19,12^{\circ}$  hoạt động theo mô hình II được dùng để đun nóng chất tải nhiệt. Parabol có khẩu độ 1,25m, chiều dài 3,657m, với ống hấp thụ có đường kính trong 3,81cm, đường kính ngoài 4,135cm. Một ống kính bọc ngoài ống hấp thụ có đường kính trong 5,6cm và đường kính ngoài 6,3cm. Một băng xoắn có tỷ số xoắn bằng 4 được đặt bên trong ống hấp thụ. Giá trị của các thông số dùng để thiết kế bộ thu cho dưới đây

Hệ số phản xạ trên mặt parabol	= 0,85
Hệ số truyền qua của kính bao đối với BXMT	= 0,85
Hệ số phát xạ và hấp thụ của kính đều bằng	= 0,88
Hệ số phát xạ và hấp thụ của ống hấp thụ	= 0,95
Thừa số tiếp nhận	= 0,95

Giá trị các thông số về thời gian và khí tượng như sau:

• Ngày	= 15/4
• Thời điểm lúc	= 12h30
• Bức xạ trực xạ $I_b$	= 705W/m <sup>2</sup>
• Tổng xạ $I_g$	= 949W/m <sup>2</sup>
• Nhiệt độ môi trường	= 31,9 <sup>o</sup> C
• Tốc độ gió	= 5,3m/s
• Lưu lượng chất tải nhiệt	= 0,0986kg/s
• Nhiệt độ đầu vào	= 150 <sup>o</sup> C

*Hãy tính:*

1. Độ nghiêng của mặt phẳng hứng nắng và góc tới trên mặt phẳng này;
2. Thông lượng hấp thụ S;
3. Hệ số truyền nhiệt đối lưu giữa kính và ống hấp thụ;
4. Thừa số thoát nhiệt và hệ số tổn thất nhiệt toàn phần;
5. Nhiệt độ đầu ra của chất tải nhiệt;
6. Hiệu suất tức thời;
7. Độ sụt áp.

*1. Độ nghiêng của mặt phẳng hứng nắng và góc tới*

Theo mô hình II thì góc nghiêng của mặt phẳng hứng nắng và góc tới được cho bởi các công thức (6.3.3) và (6.3.4),

Ngày 15/4,  $n = 106$ , nếu lấy ngày 1/1 làm ngày chuẩn, thì dùng công thức

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + 106)}{365}\right) = 9,783^\circ$$

hoặc  $n = 105$  nếu lấy ngày 1 tháng giêng làm chuẩn thì dùng công thức.

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365} (284 + 105)\right) = 9,415^\circ$$

Thay thế  $\delta = 9,415^\circ$ ,  $\omega = -7,5^\circ$  và  $\varphi = 19,12^\circ$  vào phương trình (6.3.13) ta nhận được

$$\beta = 9,625^\circ$$

và

$$\cos \theta = [1 - \cos^2 9,415^\circ \sin^2(-7,5^\circ)]^{1/2} = 0,9917$$

$$\theta = 7,398^\circ$$

## 2. Thông lượng hấp thụ $S$

Từ phương trình (3.3.29) tính được

$$R_h = \frac{0,9917}{\sin 19,12^\circ \sin 9,415^\circ + \cos 19,12^\circ \cos 9,415^\circ \cos(-7,5^\circ)} = 1,0143$$

Thay giá trị này vào (6.3.3) và thừa nhận  $(\tau\alpha) = \tau\alpha$  chúng ta có được

$$S = 05 \times 1,0143 \left[ 0,85 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,95 + \frac{0,85 \times 0,95 \times 0,04135}{1,25 - 0,01435} \right] = 486,03 \text{ W/m}^2$$

## 3. Tính hệ số trao đổi nhiệt đối lưu $h_f$

Dùng phương trình (6.3.34) để tính  $h_f$ . Từ hình 6.3.5 ta thấy rằng các đại lượng đặc trưng riêng của chất tải nhiệt thay đổi không đáng kể khi nhiệt độ của chất tải nhiệt thay đổi, điều đó có nghĩa rằng nhiệt độ trung bình của chất tải nhiệt có thể lấy là  $152^\circ\text{C}$ . Như vậy, ở nhiệt độ này ta có:

$$\rho = 730,3 \text{ kg/m}^3, C_p = 2,449 \text{ kJ/kg.K}, \nu = 2,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, k = 0,119 \text{ W/m.K}$$

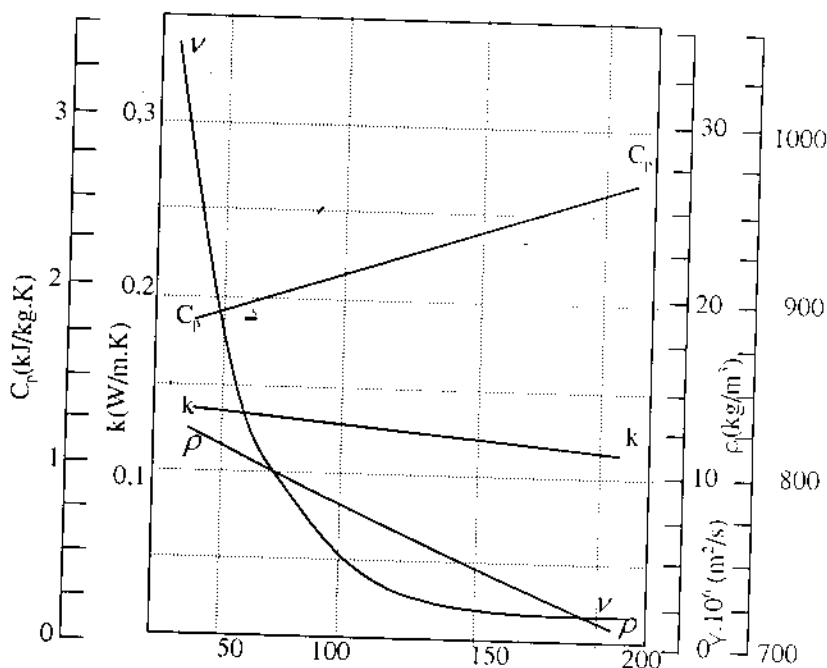
$$\text{Vận tốc trung bình } V = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi}{4} D_i^2 \rho} = \frac{0,0986}{\frac{\pi}{4} (0,0381)^2 \cdot 730,3} = 0,1153 \text{ m/s}$$

$$\text{Số Reynolds } Re = \frac{VD_i}{\nu} = \frac{0,1153 \times 0,0381}{2,42 \cdot 10^{-6}} = 1815$$

Số Prandt  $Pr = \frac{C_p \nu \rho}{k} = \frac{2,449 \times 2,42 \cdot 10^{-6} \times 750,3 \times 1000}{0,119} = 37,37$

Số Nusselt  $Nu = 5,172 \left[ 1 + 0,005484 \left\{ 37,37 \left( \frac{1815}{4} \right)^{1,78} \right\}^{0,7} \right]^{0,5}$

Từ đó tính được  $h_r = 61,70 \frac{0,119}{0,0381} = 192,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$



Hình 6.3.5. Các tính chất đặc trưng của chất tải nhiệt.

#### 4. Hệ số thoát nhiệt và tổn thất nhiệt toàn phần.

Tương tự như trong bộ thu phẳng là ta không thể tính trực tiếp giá trị của  $F_R$  và  $U_L$  vì các giá trị này cũng phụ thuộc vào các đại lượng khác.

Giả định giá trị  $U_L = 13,28 \text{ W/m}^2 \text{K}^*$ . Từ phương trình (6.3.18) ta tính được hiệu suất hiệu dụng

$$F' = \frac{1}{13,28 \left[ \frac{1}{13,28} + \frac{0,04135}{0,0381 \times 192,7} \right]} = 0,9304$$

$$\frac{\dot{m}C_p}{\pi D_0 U_l L} = \frac{0,0986 \times 2,449 \cdot 10^3}{\pi \times 0,04135 \times 13,28 \times 3,657} = 38,275$$

Từ đó, theo (6.3.23) ta tính được thừa số thoát nhiệt

$$F_R = 38,275[1 - \exp(-0,9304/38,275)] = 0,9192$$

$$\text{Ti số độ hội tụ } C = \frac{(1,25 - 0,04135)}{\pi \times 0,04135} = 9,304$$

Ta nhận được nhiệt có ích

$$q_u = 0,9192(1,25 - 0,04135)3,657 \left[ 486,03 - \frac{13,28}{9,304}(150 - 31,9) \right] = 1.289,8W$$

Từ đây ta có thể tính được tổn thất nhiệt theo biểu thức

$$(W - D_0)LS - q_u = (1,25 - 0,04135) \times 3,657 \times 486,03 - 1289,8 = 858,46$$

Nhiệt tổn thất này cũng có thể tính bằng công thức

$$858,46 = \pi D_0 L U_l (T_{pm} - T_a)$$

từ đó ta có 
$$(T_{pm} - T_a) = \frac{858,46}{\pi \times 0,04135 \times 3,657 \times 13,28} = 136,07^\circ C \text{ và}$$

$$T_{pm} = (136,07 + 31,9)^\circ C = 167,97^\circ C = 441,13K$$

Nếu ta tính giá trị của  $U_l$  theo nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ  $T_{pm}$  thì thấy rằng giá trị này cũng xấp xỉ giá trị giả định ban đầu.

Theo ví dụ 2 ta cũng đã giả định nhiệt độ của kính

$$T_c = 60,23^\circ C = 333,39K$$

Từ phương trình (6.3.28) và (6.3.30) ta nhận được

$$h_{p-c} = 5,113W/m^2K$$

Từ phương trình (6.3.31)

$$h_w = 34,119W/m^2K$$

Thay các giá trị  $T_c$ ,  $h_{p-c}$  và  $h_w$  vào các phương trình (6.3.36) và (6.3.37)

$$\frac{q_l}{L} = 5,113(441,13 - 333,39)\pi \times 0,04135 + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \pi 0,04135 (441,13^4 - 333,39^4)}{- \left\{ \frac{1}{0,95} + \frac{0,04135}{0,0560} \left( \frac{1}{0,88} - 1 \right) \right\}} =$$

$$= 234,5W/m$$

$$\frac{q_L}{L} = 34,119(333,39-305,06)\pi \times 0,063 + 5,67 \cdot 10^{-8} \times 0,063 \times 0,88(333,39^4 - 299,06^4)$$

$$= 234,5 \text{ W/m}^2$$

Các giá trị  $q_L/L$  nhận được từ hai biểu thức khác nhau đều có giá trị như nhau, vậy hệ số tổn thất năng lượng

$$U_L = \frac{234,5}{\pi \cdot 0,04135(441,13 - 305,06)} = 13,27 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

#### 5- Nhiệt độ đầu ra.

Từ nhiệt có ích  $q_w$  mà chất tải nhiệt đã nhận được ta có thể tính được nhiệt độ đầu ra bằng biểu thức

$$0,0986 \times 2,449(T_{w0} - 150) = \frac{1289,8}{1000}$$

Từ đó  $T_{w0} = 155,34^\circ\text{C}$

#### 6- Tính hiệu suất tức thời.

Từ phương trình (6.3.24)

$$\eta_i = \frac{1289,8}{(705 \times 1,0143 + 144 \times 0,9930)1,25 \times 3,657} = 0,295$$

Từ phương trình (6.3.15)

$$\eta_w = \frac{1289,8}{705 \times 1,0143 \times 1,25 \times 3,657} = 0,395$$

#### 7- Độ sụt áp

Theo phương trình (6.3.34) ta nhận được

$$\frac{Re}{X} = \frac{1815}{4} = 453,75$$

$$C_2 = 13,0964$$

Từ đó  $fRe = 13,0964(453,75)^{0,3} = 82,069$

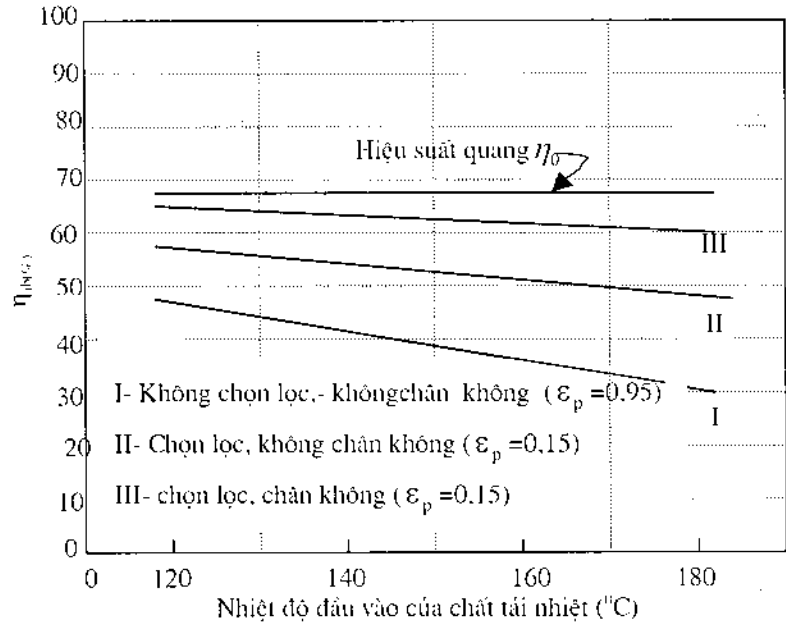
$$f = 0,0452$$

$$\Delta P = \frac{4f\rho LV^2}{2D_i} = \frac{4 \times 0,0452 \times 750,3 \times 3,675 \times 0,1153^2}{2 \times 0,0381} = 86,7 \text{ N/m}^2 = 0,88 \text{ cmH}_2\text{O}$$

Giá trị này là hợp lý.

Các giá trị của  $\eta_i$  và  $\eta_{th}$  nhận được từ ví dụ này ta thấy thấp và khác nhau giữa chúng một cách đáng kể. Các giá trị thấp một phần là do nhiệt độ đầu vào của chất tải nhiệt khá cao nhờ khả năng hội tụ của thiết bị, còn sự khác nhau giữa chúng là do thành phần khuếch tán trong tổng xạ chiếm tỉ lệ cao.

Để giảm sự tổn thất xảy ra đối với bộ thu ta cần phân biệt *tổn thất quang* và *tổn thất nhiệt*. Tổn thất quang gây ra bởi bức xạ tới phải truyền qua ống kính bọc ngoài trước khi đập lên ống hấp thụ, còn tổn thất nhiệt thì gây ra bởi hiện tượng đối lưu và bức xạ từ ống hấp thụ và sự dẫn nhiệt ở hai đầu ống. Từ nguyên nhân này chúng ta đưa ra định nghĩa *hiệu suất quang*  $\eta_0$  là tỷ phần bức xạ tới trên mặt hứng nắng của bộ thu so với năng lượng mà ống hấp thụ nhận được. Tức là



Hình 6.3.6. Sự thay đổi hiệu suất theo nhiệt độ chất tải nhiệt, theo số liệu của ví dụ 6.3.

$$\eta_0 = \frac{I_b R_b \rho \gamma (\tau \alpha)_b (W - D_0) L + I_b R_b (\tau \alpha)_b D_0 L}{I_b R_b W L}$$

$$= \frac{\rho \gamma (\tau \alpha)_b (W - D_0)}{W} + \frac{(\tau \alpha)_b D_0}{W} = \frac{S}{I_b R_b} \frac{(W - D_0)}{W} \quad (6.3.42)$$

Thay các giá trị bằng số vào ví dụ trên ta nhận được

$$\eta_0 = \frac{486,03}{705 \times 1,0143} \times \frac{(1,25 - 0,04135)}{1,25} = 0,657$$

*e- Ảnh hưởng của nhiệt độ đầu vào*

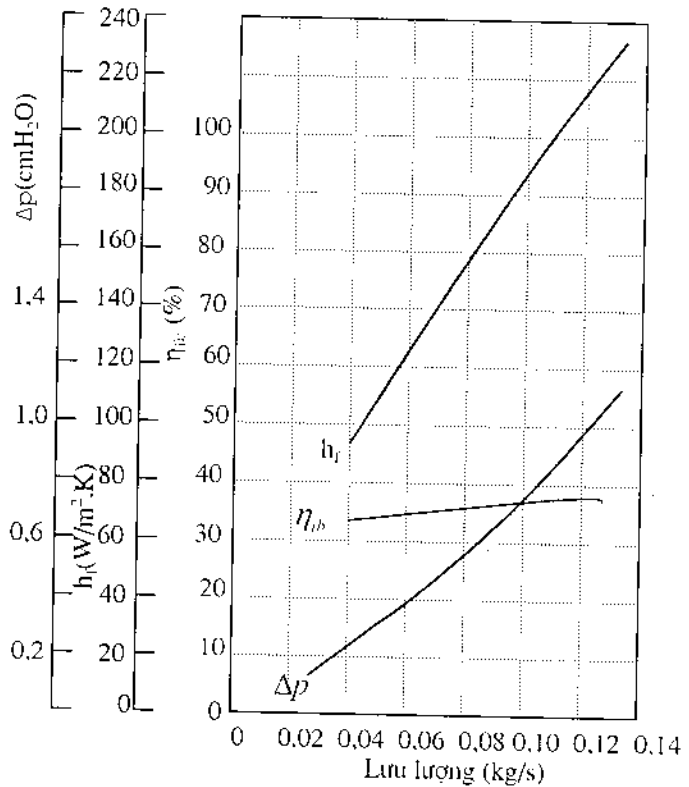
Khi nhiệt độ đầu vào tăng thì nhiệt độ của ống hấp thụ cũng tăng theo. Như vậy

sự tổn thất nhiệt do tái phát xạ và đối lưu ra môi trường chung quanh tăng, do đó làm giảm hiệu suất.

Điều này là hiển nhiên đối với phương trình (6.2.3) khi tính nhiệt hữu ích của bộ thu. Để minh họa cho ảnh hưởng này ta tính lại ví dụ 6.3 cho trường hợp hoạt động của bộ thu khi nhiệt độ đầu vào thay đổi từ 120°C đến 180°C. Các kết quả nhận được như các đường cong mô tả trên hình 6.3.6. Ở đây ta thấy giá trị của  $\eta_{th}$  giảm một cách đáng kể khi  $T_{li}$  tăng. Sự giảm hầu như không tuyến tính. Sự giảm không tuyến tính có thể được giải thích là do tổn thất nhiệt ảnh hưởng bởi tăng nhiệt độ của chất tải là không đáng kể (giá trị của hiệu suất quang không đổi theo nhiệt độ đầu vào). Sự khác nhau về giá trị giữa  $\eta_o$  và  $\eta_{th}$  chính là do hiện tượng tái bức xạ và đối lưu.

*f- Ảnh hưởng bởi lưu lượng của chất tải nhiệt*

Khi tăng lưu lượng chất tải nhiệt sẽ làm tăng thông lượng của hệ số thoát nhiệt  $h_c$ . Do vậy, dẫn tới sự tăng thừa số hiệu suất và tăng thừa số thoát nhiệt nên hiệu suất bộ thu sẽ tăng. Ảnh hưởng này được minh họa trên hình 6.3.7. Trong đó lưu lượng  $\dot{m}$  thay đổi từ 0,0329kg/s đến 0,1315kg/s ta nhận thấy độ nghiêng của đường cong hiệu suất giảm dần khi lưu lượng tăng, và giá trị của  $\eta_{th}$  tiến dần tới giá trị bão hòa. Đồng thời ta cũng thấy giá trị độ giảm áp tăng, do vậy đòi hỏi phải tăng công suất của bơm. May thay, sự tăng này không quá nhanh nhờ số Prandtl của chất lỏng đủ lớn do sự có mặt của băng xoắn bên trong ống tải nhiệt. Như vậy giá trị của lưu lượng  $\dot{m}$  tối ưu sẽ là giá trị mà ở đó hiệu suất bộ thu  $\eta_{th}$  tiệm cận với giá trị bão hòa mà độ giảm áp không lớn lắm. Trong trường hợp này giá trị tối ưu của lưu lượng đạt chung quanh giá trị 0,12kg/s



**Hình 6.3.7.** Sự thay đổi hiệu suất theo lưu lượng. Số liệu trong ví dụ 6.3.



g- Ảnh hưởng của chất hấp thụ chọn lọc trên bề mặt ống hấp thụ và độ chân không ở khoảng trống giữa ống hấp thụ và ống kính bao ngoài

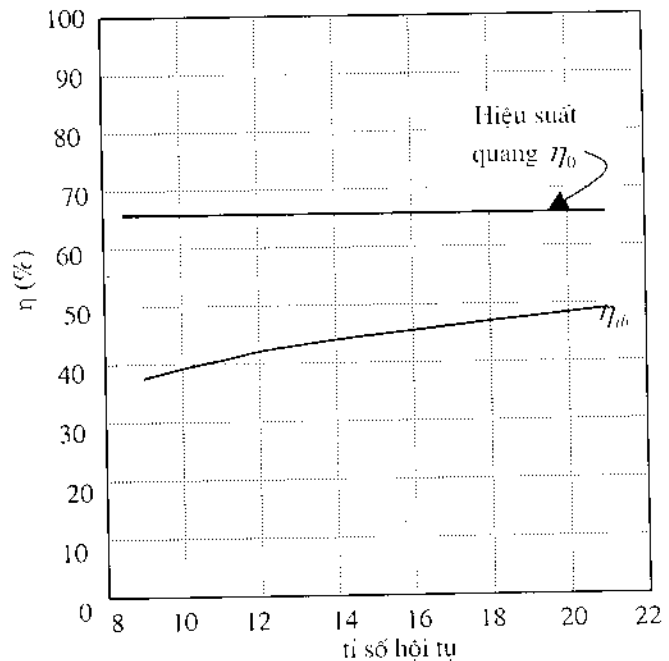
Từ hình 6.3.6 ta thấy rất rõ ràng tổn thất nhiệt do tái bức xạ và đối lưu là rất cao, nếu loại bỏ được các tổn thất này thì hiệu suất của bộ thu sẽ tăng một cách đáng kể. Sự tổn thất do tái bức xạ giảm nhờ dùng chất hấp thụ chọn lọc phủ ngoài mặt ống, còn giảm tổn thất nhiệt do đối lưu nhờ khoảng trống giữa ống hấp thụ và ống kính bọc ngoài (vành đệm) đã được hút chân không.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố này đến  $\eta_{th}$  và  $T_{tt}$  như đã thể hiện trên (hình 6.3.6), (i)- chất hấp thụ chọn lọc với hệ số phát xạ  $\varepsilon_p = 0,15$  và vành đệm không được hút chân không, và (ii)- mặt hấp thụ chọn lọc  $\varepsilon_p = 0,15$ , vành đệm đã được hút chân không. Ở đây ta cũng nhận thấy rằng các yếu tố trên có vai trò quan trọng trong việc làm tăng hiệu suất bộ thu nhờ hạn chế được tốc độ giảm của  $\eta_{th}$  và  $T_{tt}$ . Việc tăng  $\eta_{th}$  là nhờ giảm được tổn thất nhiệt toàn phần  $U_L$ . Ví dụ, khi đầu vào ở hai nhiệt độ  $T_{tt} = 180^\circ\text{C}$  và  $120^\circ\text{C}$  thì tổn thất nhiệt tương ứng là  $12,28\text{W/m}^2.\text{K}$  và  $6,34\text{W/m}^2.\text{K}$ .

h- Ảnh hưởng của tỉ số hội tụ

Ảnh hưởng bởi việc tăng độ hội tụ bằng cách giảm kích thước của ống hấp thụ như mô tả trên hình 6.3.8. Ở đây ta thấy rằng hiệu suất của bộ thu tăng. Kết quả này, một cách hiển nhiên cũng nhận được từ phương trình (6.3.22). Khi tỉ số hội tụ tăng mà không làm giảm các thừa số còn lại thì giá trị của hiệu suất quang thay đổi rất ít. Tuy nhiên tổn thất từ ống hấp thụ sẽ giảm theo tỷ lệ nghịch với C, nên hiệu suất bộ thu sẽ tăng.

**Ví dụ minh họa.** Trước khi kết thúc phân tích toán thiết kế bộ thu dạng parabol trụ, chúng tôi dẫn ra một ví dụ dưới đây để bạn đọc có thể hình dung được quy mô của một bộ thu dạng này có công suất nhiệt điện là 80MW lớn nhất cho tới nay, đã được lắp đặt tại Luz, Bang California, Hoa Kỳ. Bộ thu này

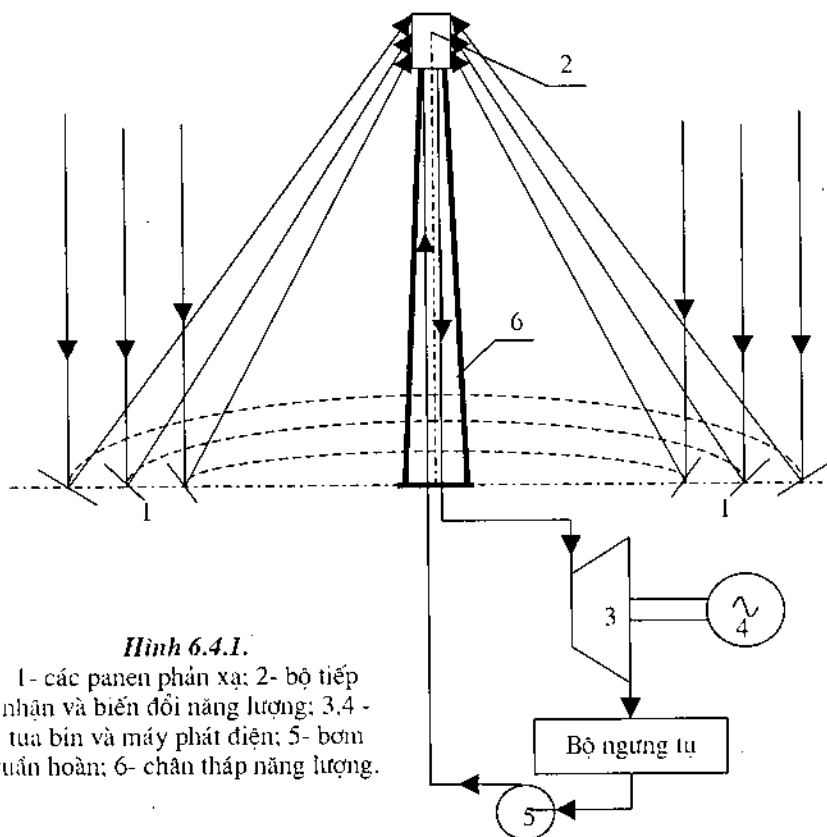


Hình 6.3.8. Hiệu suất bộ thu phụ thuộc vào tỉ số hội tụ, số liệu từ ví dụ 6.3.

có các thông số kích thước như sau:

- Bề rộng mặt hứng nắng (khẩu độ mờ) 5,76m
- Chiều dài 95,2m
- Mặt phản xạ gồm 224 panel mặt gương cong
- Hệ số phản xạ 0,94
- Hệ số truyền qua 0,965
- Chân không trong vành đệm  $10^{-4}$  torr
- Đường kính ngoài ống hấp thụ 0,070m
- Hệ số hấp thụ 0,97
- Hệ số phát xạ 0,15
- Hiệu suất quang 0,772
- Hiệu suất đỉnh (tính với tia trực xạ) 0,68
- Hiệu suất cả năm (tính với tia trực xạ) 0,53

#### §6.4. Bộ thu hội tụ ứng dụng hiệu ứng quang-nhiệt trong hệ thống nhà máy điện Mặt Trời



Hình 6.4.1.

1- các panel phản xạ; 2- bộ tiếp nhận và biến đổi năng lượng; 3,4 - tua bin và máy phát điện; 5- bơm tuần hoàn; 6- chân tháp năng lượng.

Trong những năm cuối thế kỷ XX sau thời kỳ khủng hoảng năng lượng nhiều nước công nghiệp phát triển đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng hiệu ứng quang - nhiệt để xây dựng nhà máy điện Mặt Trời. Kết quả nghiên cứu của các nước: Tây Ban Nha, Ý, Nhật Bản, Pháp, Liên Xô (cũ), Mỹ ... đã cho ra đời nhiều nhà máy có công suất từ 0,5kW đến 10MW, và đã rút ra được những kết luận khoa học có ý nghĩa cũng như những hạn chế cần khắc phục như: giá thành điện năng còn quá cao, chưa khống chế được ảnh hưởng của thời tiết, khí hậu, đặc biệt là khó duy trì sự hoạt động liên tục của nhà máy khi không có Mặt Trời... Dưới đây sẽ mô tả nguyên lý hoạt động của nhà máy điện Mặt Trời sử dụng hiệu ứng quang-nhiệt.

Sơ đồ nguyên lý của nhà máy điện Mặt Trời sử dụng hiệu ứng quang-nhiệt như mô tả trên hình 6.4.1. Gồm 3 bộ phận chính: Các panen phản xạ, bộ tiếp nhận và biến đổi năng lượng và hệ phát điện

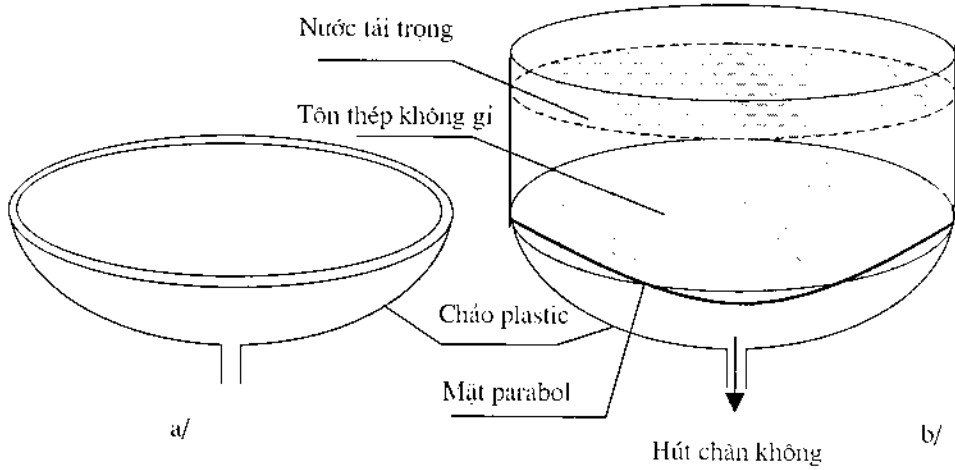
#### **6.4.1. Hệ thống gương phản xạ**

Gương phản xạ (1) là những môđun có kích thước mặt phản xạ từ 4 đến 50m<sup>2</sup> được lắp đặt chung quanh tháp năng lượng (6). Các môđun có thể tự động điều chỉnh để sao cho các tia phản xạ đều hướng tới bộ phận tiếp nhận và biến đổi năng lượng (2) dù cho Mặt Trời ở bất cứ vị trí nào trên bầu trời. Số lượng môđun nhiều hay ít tùy thuộc vào công suất của nhà máy điện Mặt Trời. Ví dụ, Với công suất 500kW thì chỉ cần 93 môđun với tổng diện tích mặt phản xạ là 3.655m<sup>2</sup> (Tây Ban Nha, 1981). Nhưng với công suất 10MW thì cần tới 1.818 môđun và 71.447m<sup>2</sup> diện tích mặt phản xạ (Hoa Kỳ, 1982). Các môđun có thể có dạng đĩa parabol hoặc tấm phản xạ hình lòng máng hay còn gọi là *Heliostat*.

##### *1- Phương pháp tạo hình đối với parabol đĩa*

Đối với parabol đĩa có kích thước nhỏ  $D \leq 2m$  thì việc tạo hình như đã mô tả ở mục 6.3, nhưng với parabol loại lớn, có kích thước  $D \geq 7,5m$  thì có nhiều phương pháp khác nhau. Dưới đây là một phương pháp do một công ty của Cộng hoà Liên bang Đức thực hiện. Đầu tiên người ta tạo ra một chảo hình chõm cầu bằng chất dẻo. Chảo được gắn chặt với một vành tròn bằng ống thép không gỉ, dưới đáy chảo có một lỗ trống để nối với hệ hút chân không (hình 6.4.2a)

Quá trình tạo hình được tiến hành như sau: Người ta hàn chặt và kín khí một tấm tôn thép không gỉ mềm, dày 0,3mm lên vành chảo. Sau đó đặt một thùng hình trụ có đáy trùng khít với vành chảo. Đáy thùng được làm bằng vật liệu có độ đàn hồi cao và kín nước. Tiếp theo người ta cho nước vào thùng để làm tải trọng nén tấm tôn không gỉ, trong khi đó người ta cho hút chân không khoảng không gian giữa tôn và đáy. Dưới tác dụng của lực nén của nước phía trên và lực hút chân không ở phía dưới làm cho tấm tôn dần biến dạng một cách đều đặn theo bình bao của đầu một "giọt nước", hình này có

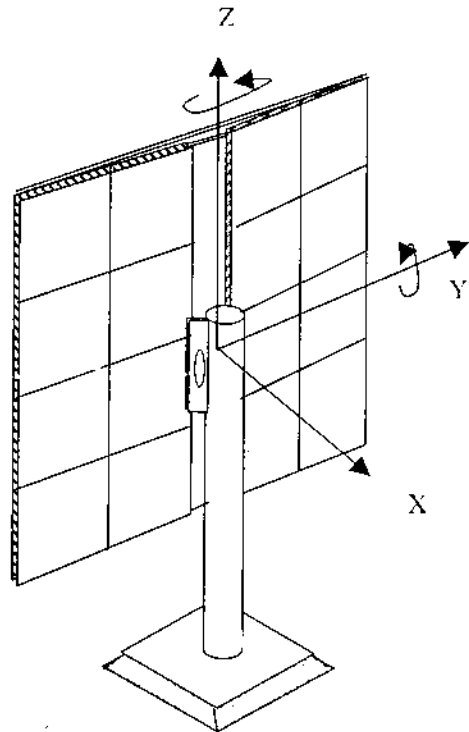


Hình 6.4.2. Sơ đồ mô tả quá trình tạo mặt cong có dạng parabol.

dạng của mặt parabol. Khi độ cong của parabol đạt được giá trị cho trước (phương trình 6.4.1) thì dừng tác động lực và hàn kín đầu ống hút chân không để giữ nguyên trạng thái đã biến dạng. Cuối cùng tải trọng gỡ bỏ và mặt parabol đã được định hình. Trạng thái chân không vẫn được duy trì suốt trong quá trình hoạt động của parabol. Để có mặt phản xạ người ta phủ ở mặt trong của parabol bằng những tấm gương có hệ số phản xạ từ 0,85 đến 0,92. Toàn bộ mặt parabol phản xạ được treo trên một trụ đứng và có thể điều khiển một cách tự động quay quanh trục thẳng đứng và trục nằm ngang như hình 6.4.3.

2- Cấu tạo của heliostat

Việc tạo ra mặt parabol đĩa như vừa trình bày trên đây có công nghệ tương đối phức tạp, vì vừa phải điều chỉnh đồng bộ tải trọng nước vừa điều chỉnh lực hút chân



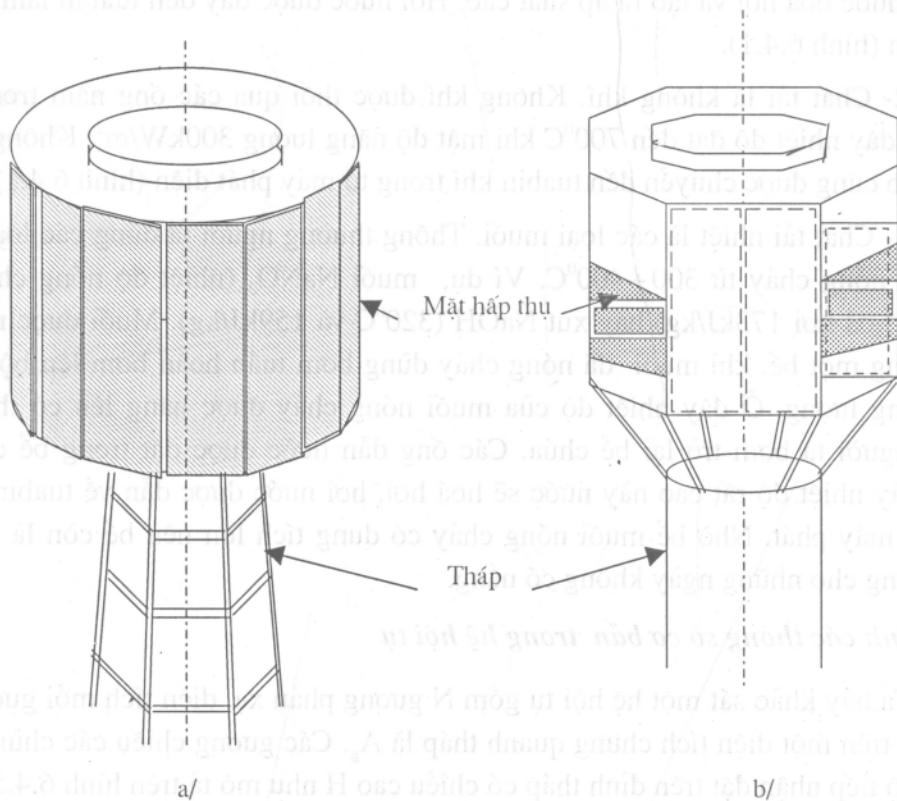
Hình 6.4.3. Mặt sau của môđun heliostat.

không sao cho biến dạng xảy ra một cách từ từ để không làm rách màng tôn, và phải xác định đúng độ cong phù hợp với tiêu cự  $f$  đã cho. Để khắc phục khó khăn này người ta dùng kết cấu tấm phản xạ dạng lồng máng - heliostat như sau: Mỗi panen là một tấm

hình vuông, có diện tích từ 20 đến 50 m<sup>2</sup>, được ghép bởi hai tấm hình chữ nhật tạo thành một mặt khum hình lòng máng, như mô tả trên hình 6.4.3. Mặt trong lòng máng được phủ những tấm gương phản xạ có hệ số phản xạ cao. Cả khung vuông được treo trên một cột thẳng đứng và có thể quay đồng thời quanh hai trục (Y) và (Z) để chùm tia phản xạ hội tụ về đỉnh tháp, nơi đặt bộ tiếp nhận và biến đổi năng lượng, phù hợp với vị trí của Mặt Trời trong ngày cũng như các mùa trong năm. Toàn bộ hệ thống vừa mô tả được gọi là *heliostat*

#### 6.4.2. Bộ tiếp nhận và biến đổi năng lượng

Bộ tiếp nhận và biến đổi năng lượng được đặt trên đỉnh tháp cao từ 50 đến 80m. Bộ phận này có hai kiểu cấu tạo khác nhau: Tiếp nhận năng lượng từ mặt ngoài và tại hốc lõm ở bên trong như mô tả trên hình 6.4.4.



**Hình 6.4.4. Bộ phận tiếp nhận và biến đổi năng lượng:**

a- Tiếp nhận mặt ngoài; b- tiếp nhận trong hốc lõm.

Bộ tiếp nhận năng lượng từ mặt ngoài có dạng một hình trụ, đường kính 7m, chiều cao 13m. Chung quanh được lắp đặt 24 tấm panen hấp thụ. Mặt sau của các tấm panen hấp thụ được hàn các ống thép chống ăn mòn, chịu được nhiệt độ và áp suất cao

(510°C, áp suất 103at), ống có đường kính trong 6mm, đường kính ngoài 12,5mm (Hình 6.4.4.a). Hiệu suất biến đổi năng lượng theo năm của loại này chỉ đạt 0,69. Để có hiệu suất biến đổi cao hơn người ta dùng bộ tiếp nhận năng lượng trong hốc lõm như mô tả trên hình 6.44.b. Qua thực nghiệm cho thấy hiệu suất biến đổi theo năm của loại này đạt đến 0,9.

### 6.4.3. Chất tải nhiệt dùng trong hệ nhà máy điện Mặt Trời

Để chuyển năng lượng từ bộ tiếp nhận đặt trên đỉnh tháp đến tuabin đặt ở mặt đất người ta đã dùng ba loại chất tải: nước/hơi nước; không khí và các loại muối có nhiệt độ nóng chảy từ 300 đến 400°C. Dưới đây ta sẽ khảo sát quá trình vận hành của các chất tải nhiệt này.

1- Chất tải là nước. Nước được bơm vào bộ tiếp nhận, dưới tác dụng của nhiệt độ rất cao, nước hoá hơi và tạo ra áp suất cao. Hơi nước được đẩy đến tuabin làm quay máy phát điện (hình 6.4.1).

2- Chất tải là không khí. Không khí được thổi qua các ống nằm trong bộ tiếp nhận. Ở đây nhiệt độ đạt đến 700°C khi mật độ năng lượng 300kW/m<sup>2</sup>. Không khí nóng có áp cao cũng được chuyển đến tuabin khí trong tổ máy phát điện (hình 6.4.1).

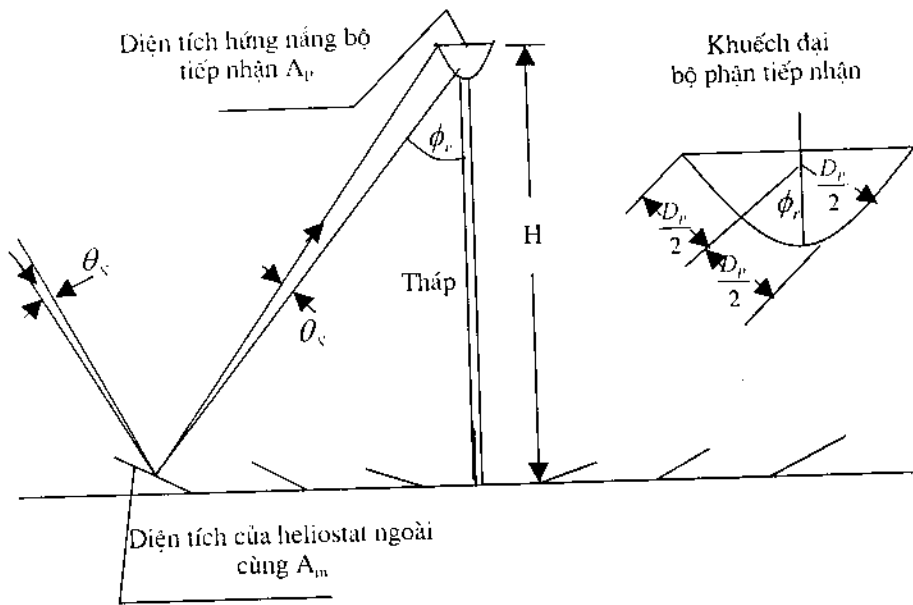
3- Chất tải nhiệt là các loại muối. Thông thường người ta dùng các loại muối có nhiệt độ nóng chảy từ 300 ÷ 400°C. Ví dụ, muối NaNO<sub>3</sub> (nhiệt độ nóng chảy 310°C, nhiệt độ hoá hơi 173kJ/kg) hay xút NaOH (320°C và 159kJ/kg). Muối được nung nóng chảy trong một bể, khi muối đã nóng chảy dùng bơm tuần hoàn bơm lên bộ phận tiếp nhận năng lượng. Ở đây nhiệt độ của muối nóng chảy được nâng lên có thể đạt đến 800°C, người ta bơm trở lại bể chứa. Các ống dẫn nước được đặt trong bể chứa muối nóng chảy nhiệt độ rất cao này nước sẽ hoá hơi, hơi nước được dẫn về tuabin hơi nước trong tổ máy phát. Nhờ bể muối nóng chảy có dung tích lớn nên bể còn là nơi dự trữ năng lượng cho những ngày không có nắng.

### 6.4.4. Tính các thông số cơ bản trong hệ hội tụ

Ta hãy khảo sát một hệ hội tụ gồm N gương phản xạ, diện tích mỗi gương là A<sub>m</sub>, trải rộng trên một diện tích chung quanh tháp là A<sub>g</sub>. Các gương chiếu các chùm tia phản xạ vào bộ tiếp nhận đặt trên đỉnh tháp có chiều cao H như mô tả trên hình 6.4.5. Các dãy gương heliostat không gây cản trở nhau khi phản xạ các tia bức xạ trong quá trình theo dõi Mặt Trời. Như vậy, tổng diện tích mặt phản xạ của hệ thống N heliostat chỉ chiếm một phần diện tích đặt các heliostat. Nếu gọi  $\psi$  là hệ số tỉ lệ chiếm chỗ của các heliostat trên toàn diện tích bao quanh tháp thì có thể viết

$$NA_m = \psi A_g \quad (6.4.1)$$

Hầu hết các hệ hội tụ có tháp trung tâm, hệ số tỉ lệ  $\psi$  thường có giá trị bằng 0,4.



Hình 6.4.5. Phân tích khả năng tiếp nhận tại trung tâm.

Gọi diện tích hấp thụ của bộ tiếp nhận (trên đó hội tụ các chùm tia phản xạ) là  $A_p$ . Chiều cao của tháp là  $H$ , thì ta có thể viết phương trình cân bằng năng lượng trên bề mặt hấp thụ đối với nhiệt có ích  $q_U$  như sau

$$q_U = H_b \left[ \sum_{j=1}^N r_{bj} \right] \rho \tau \alpha A_m - U_L A_p (T_{pm} - T_a) \quad (6.4.2)$$

ở đây, thừa số độ nghiêng trung bình được định nghĩa bằng biểu thức

$$(r_b)_{av} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N r_{bj} \quad (6.4.3)$$

Thay (6.4.3) vào (6.4.2) ta nhận được

$$\begin{aligned} q_U &= H_b (r_b)_{av} \psi A_g \rho \tau \alpha - U_L A_p (T_{pm} - T_a) \\ &= \psi A_g \left[ H_b (r_b)_{av} \rho \tau \alpha - \frac{U_L}{C} (T_{pm} - T_a) \right] \end{aligned} \quad (6.4.4)$$

trong đó,  $H_b$  - cường độ bức xạ trực xạ;  $C$  được gọi là độ tụ, được xác định bởi

$$C = (NA_m/A_p) = (\psi A_g/A_p)$$

Để thể hiện được kích thước của bộ tiếp nhận và tỉ số độ tụ ta giả thiết rằng trường đặt các gương phản xạ là một vòng tròn bao quanh tháp. Góc mở, hợp bởi tia phản xạ ngoài cùng với trục thẳng đứng bằng  $\Phi_r$ , khoảng cách từ mép ngoài cùng đến

tâm mặt hấp thụ là  $(H/\cos \Phi_r)$ . Nếu gương là phẳng thì kích thước của ảnh trên mặt hấp thụ được xác định bởi hệ thức

$$L_i = \frac{H}{\cos \Phi_{as}} (\theta_s + \theta_e) + \omega \quad (6.4.5)$$

trong đó,  $\theta_s$  là góc nhìn hai điểm xa nhất trên đường bao Mặt Trời từ mặt đất;  $\theta_e$  là sai số góc toàn phần do chế tạo;  $\omega$  là sai số hình dáng. Nếu các panen phản xạ là hình đĩa thì sự sai khác của ảnh phản của gương có thể bỏ qua, và kích thước  $L_i$  nhận được khi cho  $\omega = 0$  trong phương trình (6.4.5).

Van-Hull và Hildebrandt đã gợi ý rằng, khi hình dạng của bộ tiếp nhận gần giống như một chòm cầu hoặc dạng conic như đã cho trên hình 6.4.4 thì diện tích mặt hấp thụ được tính bằng hệ thức

$$A_p = \frac{\pi}{2} D_p^2 \left( 1 + \sin \Phi_{om} - \frac{\cos \Phi_r}{2} \right) \quad (6.4.6)$$

Ở đây,  $D_p$  là đường kính của đối cầu tại điểm bằng chiều cao của mặt hấp thụ nhìn xuống mép của tấm gương ngoài cùng. Thay  $D_p$  với kích thước ảnh của gương trong phương trình (6.4.5) ta có

$$A_p = \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{H}{\cos \Phi_r} (\theta_s + \theta_e) + \omega \right\}^2 \left( 1 + \sin \Phi_r - \frac{\cos \Phi_r}{2} \right) \quad (6.4.7)$$

Như vậy tỉ số độ tụ trong trường hợp này là

$$\begin{aligned} C &= \frac{NA_m}{\frac{\pi}{2} \left\{ \frac{H}{\cos \Phi_{as}} (\theta_s + \theta_e) + \omega \right\}^2 \left( 1 + \sin \Phi_r - \frac{\cos \Phi_r}{2} \right)} = \\ &= \frac{\psi \pi H^2 \text{tg}^2 \Phi_r}{\frac{\pi}{2} \left\{ \frac{H}{\cos \Phi_{as}} (\theta_s + \theta_e) + \omega \right\}^2 \left( 1 + \sin \Phi_r - \frac{\cos \Phi_r}{2} \right)} \quad (6.4.8) \end{aligned}$$

Đối với gương phản xạ hình đĩa thì sự khác biệt do ảnh phản xạ hình dáng có thể bỏ qua. Khi đặt  $\omega = 0$  vào phương trình (6.4.8) ta nhận được tỉ số độ tụ cho trường hợp này.

**Ví dụ 6.4.** Một hệ hội tụ bộ tiếp nhận năng lượng được đặt ở trung tâm, trên tháp cao 150m, góc mở  $\Phi_r = 50^\circ$  và đường kính của gương phản xạ là 4,5m. Tìm: kích thước ảnh phản xạ của tấm gương ngoài cùng trên mặt hấp thụ; diện tích của mặt hấp thụ (xem



hình 6.4.5) và tỉ số độ tụ phù hợp với đề bài. Giả thiết kính phản xạ là tấm phẳng, dạng đĩa. Cho  $\psi = 0,38$  và  $\theta_c = 0,002$  radian.

**Giải**

(1) Từ các phương trình (6.4.5) và (6.4.6),

$$L_i = \frac{150}{\cos 50^\circ} \left( \frac{32\pi}{60 \times 180} + 0,002 \right) + 4,5 = 7,14\text{m}$$

$$A_p = \frac{\pi}{2} \times 7,14^2 \left( 1 + \sin 50^\circ - \frac{\cos 50^\circ}{2} \right) = 115,67\text{m}^2$$

Như vậy 
$$C = \frac{0,38 \times \pi \times 150^2 \times \text{tg}^2 50^\circ}{115,67} = 330$$

(2) Nếu là gương dạng đĩa,  $\omega = 0$  ta có

$$L_i = \frac{150}{\cos 50^\circ} \left( \frac{32\pi}{60 \times 180} + 0,002 \right) = 2,64\text{m}$$

$$A_p = \frac{\pi}{2} \times 2,64^2 \left( 1 + \sin 50^\circ - \frac{\cos 50^\circ}{2} \right) = 15,82\text{m}^2$$

và 
$$C = \frac{0,38 \times \pi \times 150^2 \times \text{tg}^2 50^\circ}{15,82} = 2.412$$

Bảng 6.1 thống kê các nhà máy điện Mặt Trời đã được xây dựng và thử nghiệm tại các nước phát triển để bạn đọc tham khảo

**Bảng 6.1. Các nhà máy điện Mặt Trời sử dụng hiệu ứng quang-nhiệt**

Tên nhà máy	SSPS	Eurelios	CESAI	Sunshine	Themis	CES 5	Solar one
Tên quốc gia	T.BNha	Ý	TB.Nha	Nhật	Pháp	L. Xô	Mỹ
C. suất ra(MW)	0,5	1	1,2	1	2	5	10
Số heliostat	93	112,7	300	807	201	1600	1818
Diện tích phản xạ (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	39,3	23,52	39,6	16	53,9	25	9,3
Tổng DT (m <sup>2</sup> )	3.655	6.216	11.880	12.912	10.740	40000	71447
Kiểu bộ tiếp nhận năng lượng	hốc	hốc	hốc	hốc	hốc	hốc	hốc
Chất tải nhiệt	Sude	hơi nước	hơi nước	hơi nước	muối ng.chảy	hơi nước	hơi nước
Ch. cao tháp(m)	43	55	60	69	-	70	80
Bắt đầu hoạt động từ năm	1981	1981	1983	1981	1983	1985	1982

## Câu hỏi và bài tập chương 6

### Câu hỏi

1. Nêu các định nghĩa các thông số đặc trưng của một hệ hội tụ. Mô tả kết cấu của các hệ hội tụ.
2. Tại sao các hệ hội tụ phải luôn được điều khiển hướng theo Mặt Trời và cho biết có bao nhiêu cách định hướng. Cách nào cho hiệu suất cao nhất và các nào thuận tiện nhất.
3. Nêu các bước tính hiệu suất cho một hệ hội tụ.

### Bài tập

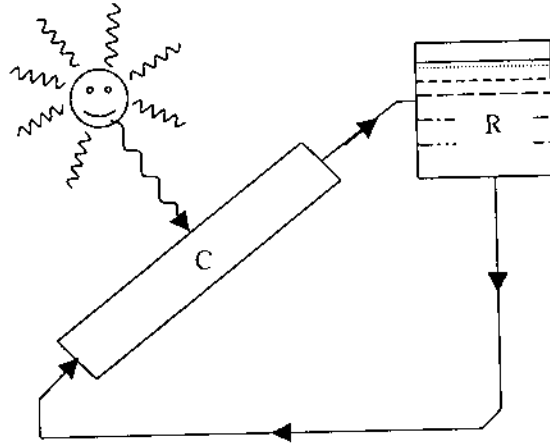
Đọc kỹ và làm lại các bài tập ví dụ đã cho (cố gắng không xem sách)

## Chương 7

### HỆ ĐUN NƯỚC NÓNG CÓ TÍCH TRỮ NHIỆT

Như ta đã biết năng lượng Mặt Trời là một nguồn năng lượng vô tận, nhưng lại luôn ở trạng thái không ổn định, như phụ thuộc vào ngày đêm, vào thời tiết, vào khí tượng thủy văn v.v..., mặt khác việc sử dụng năng lượng nhiệt cũng phụ thuộc vào từng đối tượng sử dụng như: dùng vào mục đích sản xuất hay phục vụ sinh hoạt cho gia đình, có nghĩa là dùng liên tục hay gián đoạn vào những giờ nhất định, ở một thời điểm bất kỳ, ngày hay đêm, và trong mọi thời tiết, nắng hay có mây mù hoặc có mưa. Trong khi đó Mặt trời chỉ cung cấp năng lượng vào ban ngày và bầu trời không có mây che. Như vậy, để thoả mãn cho mọi mục đích sử dụng cần thiết ta phải bổ sung thêm cho bộ thu bức xạ một thiết bị *tích trữ nhiệt* để chúng tạo thành một hệ thống hoàn chỉnh như sơ đồ mô tả trên hình 7.1.1

Hình 7.1.1. Hệ thống thu và tích trữ năng lượng Mặt Trời dạng tuần hoàn tự nhiên.



#### §7.1. Các hệ tuần hoàn tự nhiên - còn được gọi là hiệu ứng siphon nhiệt

##### 7.1.1. Hiệu ứng siphon nhiệt

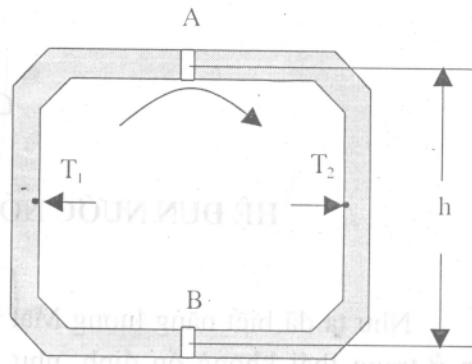
Giả sử có một dòng chất lỏng chảy trong một vòng kín (h.7.1.2) từ một điểm có nhiệt độ  $T_1$  đến điểm có nhiệt độ  $T_2$  ( $T_2 < T_1$ );  $h$  - chênh lệch độ cao giữa hai điểm cao và thấp của dòng chảy. Một cách đơn giản người ta đã chứng minh rằng dòng chảy chuyển động từ phía có nhiệt độ cao về phía có nhiệt độ thấp hơn, theo chiều mũi tên chỉ trên

hình vẽ. (Sự tuần hoàn này gây ra bởi chênh lệch trọng lượng hoặc siphon nhiệt). Độ chênh áp giữa hai nhánh được mô tả bằng công thức

$$\Delta p = h\rho(T_1 - T_2)] \quad (7.1.1)$$

ở đây,  $\rho$  - khối lượng riêng của chất lỏng.

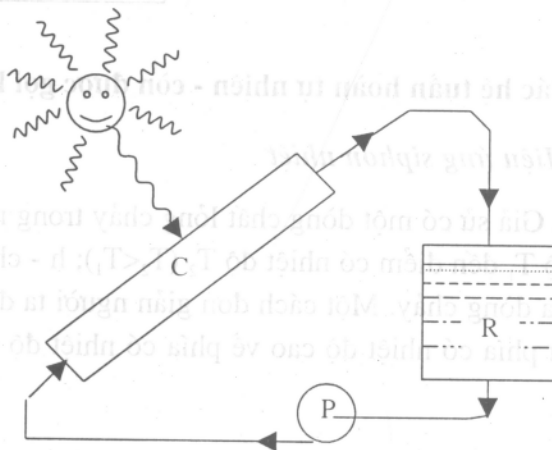
Người ta nhận được vận tốc tuần hoàn của chất lỏng nhờ sự cân bằng độ chênh cột áp  $\Delta p$  với tổn thất dọc đường của dòng chảy trong một vòng kín ABA. Vì vậy một hệ bao gồm bộ thu C và bình chứa R được đặt ở vị trí cao hơn (hình 7.1.1) cũng tạo thành dòng chảy tuần hoàn như vừa được đã mô tả trên đây. Trong trường hợp này năng lượng cung cấp cho dòng chảy được trích từ năng lượng nhiệt mà bộ thu đã nhận được từ bức xạ nhiệt Mặt Trời. Từ đó cân bằng năng lượng toàn phần có thể coi tương ứng bằng năng lượng của một bơm tuần hoàn. Trong khi đó với phương pháp này người ta có thể tiết kiệm được năng lượng điện cung cấp cho một bơm. Tuy nhiên ở đây vận tốc của dòng chảy yếu hơn so với một bơm điện, mặt khác các ống dẫn trong trường hợp này phải có đường kính lớn hơn, nên vào ban đêm dòng chất lỏng chuyển động ngược từ bình chứa nước nóng về bộ thu có nhiệt độ thấp hơn theo nguyên lý siphon nhiệt. Để ngăn cản hiện tượng này thường người ta mắc thêm vào hệ một van một chiều để chống dòng chảy ngược.



Hình 7.1.2. Hiệu ứng siphon nhiệt.

### 7.1.2. Hệ tuần hoàn cưỡng bức

Trong nhiều trường hợp phải chuyển nước nóng đi xa, tổn thất dọc đường lớn, hiện tượng tuần hoàn tự nhiên không thể thực hiện được, nên bắt buộc người ta phải mắc thêm vào hệ một bơm điện P để tăng vận tốc tuần hoàn trong hệ thống. Vì vậy hệ thống này được gọi là *tuần hoàn cưỡng bức* (hình 7.1.3).

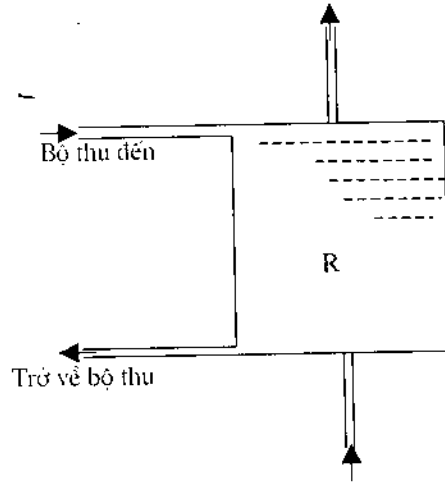


Hình 7.1.3. Hệ thống tuần hoàn cưỡng bức.

Trong trường hợp này người ta thấy bình chứa có thể đặt ở vị trí thấp và gần với nơi sử dụng, mặt khác nhờ vận tốc lớn nên có thể giảm được đường kính các ống dẫn. Trong thực tế người ta có thể sử dụng một trong hai hệ thống vừa mô tả ở trên.

### 7.1.3. Hệ thống bình chứa không có bộ trao đổi nhiệt

Ở hệ thống này nước nóng từ bộ thu chuyển trực tiếp vào bình chứa như sơ đồ mô tả trên (hình 7.1.4). Ở đây nước nóng được hoà lẫn với nước lạnh trong bình chứa. Loại này có hiệu suất cao hơn loại có bộ phận trao đổi nhiệt bằng ống có dạng xoắn, hoặc bằng tấm phẳng. Điều bất lợi lớn nhất trong trường hợp này là nhiệt độ chất lỏng chảy trong bộ thu luôn luôn tăng theo nhiệt độ tăng trong bình chứa. Điều đó dẫn đến tổn thất lên phía trên của bộ thu tăng, đồng thời dễ tạo nên một lớp cặn canxi trong ống nên làm cho hiệu suất của hệ giảm, do lớp cặn làm giảm hệ số truyền nhiệt giữa bề mặt của tấm hấp thụ và chất lỏng tải nhiệt trong ống dẫn.



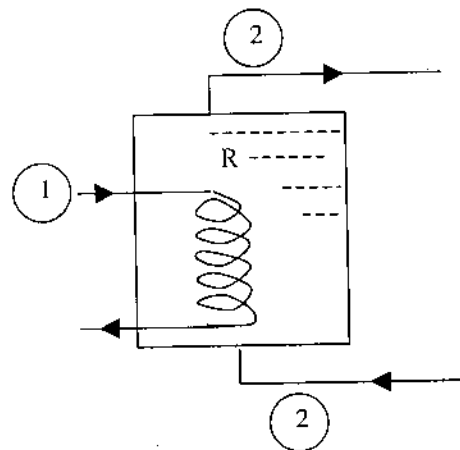
Hình 7.1.4. Bình chứa nước nóng.

### 7.1.4. Hệ có hai chất lỏng và bình chứa có bộ trao đổi nhiệt

Chất lỏng sơ cấp 1 đi qua bộ trao đổi nhiệt có dạng xoắn, hoặc tấm phẳng đặt bên trong bình chứa R, chất lỏng 2 nhận nhiệt từ chất lỏng 1 qua bộ trao đổi nhiệt (hình 7.1.5).

Với cách bố trí này sẽ hình thành sự tách lớp của nước trong bình chứa, lớp nước nóng sẽ nổi lên trên và được dẫn đến nơi sử dụng, còn phía đáy bình nước lạnh luôn được bổ sung vào ở phía dưới.

Như vậy ta có bốn hệ thống thu và tích nhiệt khác nhau. Trong thực tế thì hệ tuần hoàn cưỡng bức có bộ trao đổi nhiệt thường được dùng hơn, vì nó đảm bảo được lúc nào cũng có nước nóng dùng và có độ tin cậy cao.

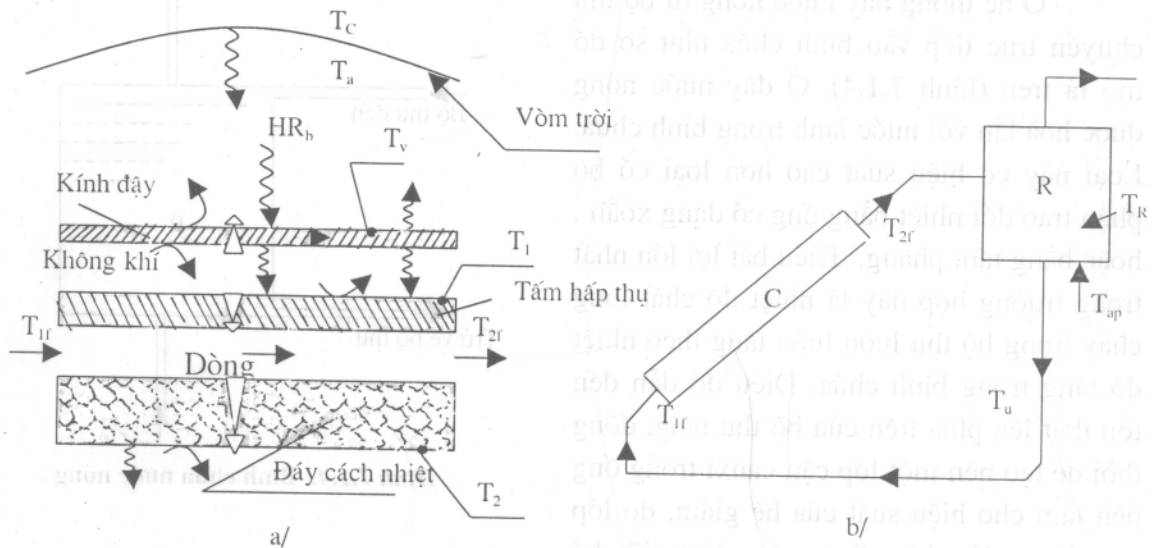


Hình 7.1.5. Bình chứa có bộ trao đổi nhiệt.

## §7.2. Thiết lập và giải hệ phương trình cho hệ thống thu và tích nhiệt

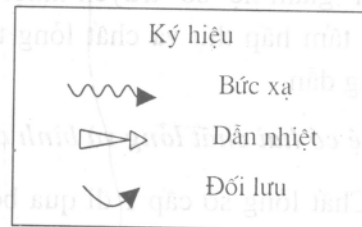
### 7.2.1. Thiết lập hệ phương trình cho hệ thống ở chế độ quá độ

Từ hình 7.2.1 mô tả các quá trình truyền nhiệt giữa các bộ phận trong bộ thu dạng tấm phẳng bao gồm cả bình tích nhiệt



Hình 7.2.1. Sơ đồ hệ thống đun nước nóng:

- a- mô tả các quá trình trao đổi nhiệt;  
b- nhiệt độ tại các điểm khác nhau của hệ bộ thu phẳng và bình tích nhiệt.



Để thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng ở trạng thái quá độ trên các bộ phận cấu tạo nên hệ, ta cũng thực hiện các bước như đã làm ở các chương 4 và 5, nhưng ở đây có thêm bình tích nhiệt R. Để không phải giải thích nhiều lần ta chú giải các kí hiệu dùng trong các phương trình như trong bảng cho dưới đây:

Các ký hiệu		Các chỉ số
$t$ = thời gian	$\alpha$ = hệ số hấp thụ	$v$ = kính dày
$T$ = nhiệt độ	$\varepsilon$ = hệ số phát xạ	$p$ = hấp thụ
$C$ = nhiệt dung riêng	$\tau$ = hệ số truyền qua	$f$ = chất lỏng tải nhiệt
$h_c$ = hệ số trao đổi nhiệt đối lưu	$A$ = diện tích	$a$ = môi trường
$\dot{m}$ = lưu lượng khối lượng	$M$ = khối lượng	$R$ = bình tích nhiệt
	$HR_b$ = tổng xạ tới trên mặt nghiêng	$u$ = chất lỏng sử dụng
		$ap$ = chất lỏng cấp thêm

*a- Cân bằng nhiệt trên tấm kính*

Để đơn giản tính toán ta giả thiết  $A_u = A$ ; và  $\alpha_p = 1$ , coi tấm hấp thụ là vật đen lý tưởng, ta có phương trình

$$M_v C_v \frac{dT_v}{dt} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (7.2.1)$$

trong đó,  $Q_1 = AHR_b \alpha_r$  : nhiệt lượng hấp thụ bởi kính;

$Q_2 = A \sigma \alpha_v (T_p^4 - T_v^4)$  : nhiệt bức xạ từ tấm hấp thụ lên kính;

$Q_3 = Ah_{cv} (T_1 - T_v)$  : nhiệt đối lưu giữa tấm hấp thụ và kính;

$Q_4 = A \sigma \epsilon_v (T_v^4 - T_c^4)$  : nhiệt bức xạ giữa kính và bầu trời;

$Q_5 = Ah_{cva} (T_v - T_u)$ : nhiệt đối lưu giữa kính và môi trường.

*b- Cân bằng nhiệt trên tấm hấp thụ.*

$$M_p C_p \frac{dT_p}{dt} = AHR_b(\tau_v \alpha_p) - Q_2 - Q_3 - Q_6 \quad (7.2.2)$$

ở đây,  $Q_6 = Ah_{cpr}$  : nhiệt truyền từ tấm hấp thụ vào chất lỏng tải nhiệt, với sự thừa nhận là

$$T_1 \sim \frac{T_{1f} + T_{2f}}{2}$$

*c- Cân bằng nhiệt trong chất tải nhiệt bên trong bộ thu*

$$M_r C_r \frac{dT_r}{dt} = Q_6 - Q_7 - Q_8 \quad (7.2.3)$$

trong đó,  $Q_7 = Ah_{cta} (T_r - T_u)$  : nhiệt trao đổi bằng dẫn nhiệt và đối lưu từ chất tải nhiệt ra môi trường qua mặt đáy,

$Q_8 = \dot{m}_r C_r (T_{2f} - T_{1f})$  : nhiệt có ích làm nóng chất tải nhiệt.

*d- Cân bằng nhiệt trong bình tích nhiệt*

$$\dot{q}_R = M_R C_R \frac{dT_R}{dt} = \dot{m}_r (T_{2f} - T_{1f}) - Q_9 - Q_{10} \quad (7.2.4)$$

$\dot{q}_R$  = nhiệt tích trong bình chứa R;

$T_R$  = nhiệt độ trung bình của bình tích nhiệt;

$Q_9 = A_R h_{cRa} (T_R - T_u)$  : nhiệt tổn thất đối lưu quanh chu vi thành bình chứa;

$A_R$  = diện tích mặt ngoài bình chứa;

$Q_{10} = \dot{m}_u C_u (T_u - T_{up})$  nhiệt hiệu dụng làm tăng nhiệt độ chất lỏng trong bình chứa, (coi  $T_u \sim T_R$ ).

*e- Phương trình dòng chảy tuần hoàn của chất tải nhiệt*

Xét dòng chảy theo một đường cong kín ở chế độ quá độ ta có phương trình sau

$$\oint U_1 dl + \sum Z = \oint \rho g dz + \Delta p \quad (7.2.5)$$

trong đó,  $\oint U_1 dl$  = tổn thất nhiệt dọc đường dẫn;

$\sum Z$  = tổn thất cục bộ;

$\Delta p$  = độ tăng áp suất gây ra do bơm, nếu không có bơm thì số hạng này được loại bỏ;

$U_1$  = tổn thất nhiệt trên một đơn vị dài của đường dẫn.

### 7.2.2. Các nghiệm phải tìm của hệ phương trình và kết quả

Chúng ta đã có 5 phương trình vừa thiết lập ở trên, nhưng trong đó lại có đến 6 ẩn số:  $T_v, T_1, T_{1p}, T_{2p}, T_R$  và  $\dot{m}_l$  phải được xác định. Để khắc phục điều này ta có thể thừa nhận rằng  $T_{1p} \sim T_R$  (điều này càng đúng hơn khi có sự tuần hoàn mạnh giữa bộ thu và bình tích nhiệt trong trường hợp hệ không có bộ trao đổi nhiệt).

Cần nhấn mạnh thêm là trong trường hợp tuần hoàn cưỡng bức,  $\dot{m}_l = \text{const}$ , vì vậy phương trình 7.2.5 không còn nữa.

Cuối cùng ta có thể tìm được 4 nghiệm sau khi giải hệ 4 phương trình vi phân dưới đây

$$\frac{d}{dt}(T_v) = f_1(T_v, T_p, t)$$

$$\frac{d}{dt}(T_p) = f_2(T_v, T_p, T_{1p}, t)$$

$$\frac{d}{dt}(T_{1p}) = f_3(T_v, T_p, T_{1p}, T_R, t) \quad (7.2.6)$$

$$\frac{d}{dt}(T_R) = f_4(T_v, T_p, T_{1p}, T_R, t)$$

Bằng các chương trình có sẵn ta có thể giải được các phương trình trên bằng máy vi tính.

Trước hết cần phải xác định các đại lượng hình học của hệ cho trước với những điều kiện ban đầu như chọn nhiệt độ và khoảng thời gian  $\Delta t$  cho mỗi bước tính toán.

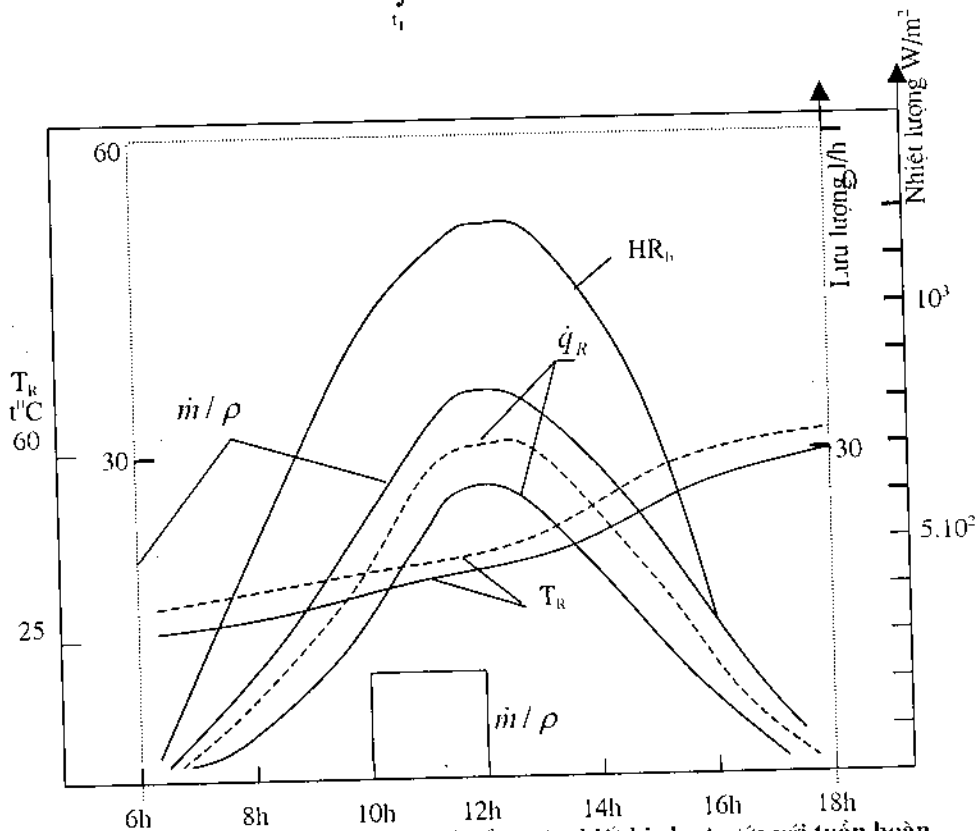


Các kết quả tính toán được thể hiện bằng những đường cong trên đồ thị và đối chiếu với kết quả đo đạc thực nghiệm, nếu thấy phù hợp giữa tính toán và thực nghiệm thì phương pháp chọn vừa rồi là hợp lệ và mới được đưa ra áp dụng. Ví dụ, ở đây các kết quả tính toán được mô tả bằng đồ thị cho trên hình 7.2.2. Trục tung biểu thị nhiệt độ và nhiệt lượng, trục hoành biểu thị thời gian, và bức xạ tổng xạ cũng là hàm phụ thuộc thời gian  $HR_b = HR_b(t)$  trong một ngày.

Chúng ta cũng nhận thấy trên (hình 7.2.2) hiệu suất của hệ có tuần hoàn cưỡng bức cao hơn hệ tuần hoàn tự nhiên. Ở đây ta đã loại bỏ năng lượng tiêu thụ của bơm tuần hoàn, vì nó rất nhỏ so với năng lượng mà hệ nhận được.

Hiệu suất trung bình của hệ trong khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  được tính theo biểu thức dưới đây.

$$\bar{\eta}_g = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \dot{q}_R(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} AHR_b(t) dt} \quad (7.2.7)$$



Hình 7.2.2. Đường cong tính hiệu suất của một thiết bị cho trước với tuần hoàn tự nhiên và cưỡng bức:

Đường nét liền: tuần hoàn tự nhiên; Đường nét đứt: tuần hoàn cưỡng bức.

Để có được kết quả đáng tin cậy ta cần tính hiệu suất cho tất cả các ngày hoạt động của thiết bị.

### §7.3. Những vấn đề đặt ra khi tích trữ nhiệt

- Sự lệch pha giữa chu kỳ vốn có của năng lượng Mặt Trời và chu kỳ sử dụng nước nóng trong bình tích trữ.

Việc tích trữ cũng đóng một vai trò quan trọng như bộ thu khi hệ hoạt động, bởi vì nó xác định giá trị của nhiệt độ  $T_r$ , tức là nhiệt độ trung bình của chất tải nhiệt trong bộ thu, và do đó tác dụng gián tiếp đến hiệu suất của bộ thu.

#### 7.3.1. Các dữ liệu tổng quát của quá trình tích trữ nhiệt

Ở đây, chúng ta chỉ đề cập đến vấn đề tích trữ trực tiếp năng lượng Mặt Trời dưới dạng nhiệt. Nên chúng ta chỉ quan tâm đến các thông số của một bình tích như sau:

- Thời gian tích trữ.
- Lượng năng lượng được tích trữ.
- Nhiệt độ đòi hỏi của các chất tiếp nhận năng lượng thoả mãn được nhu cầu của nơi sử dụng (ví dụ nước nóng dùng cho gia đình).

Người ta phân loại tích trữ theo giai đoạn:

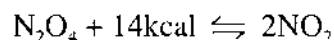
- Thời gian tích trữ rất ngắn hoặc ngắn (vài giờ hay vài ngày).
- Thời gian tích trữ dài (tích trữ giữa các mùa, hè và đông).

Có thể phân loại giữa các phương pháp tích trữ bởi chất tích nhiệt:

a- Tích trữ bằng *chất cảm nhiệt*: nhiệt được tích làm tăng nhiệt độ của chất tiếp nhận nhiệt chứa trong bình tích nhiệt (rắn, lỏng, khí) mà không làm thay đổi trạng thái của chúng trong suốt quá trình tiếp nhận năng lượng.

b- Tích trữ bằng *chất cảm nhiệt có ẩn nhiệt*: nhiệt tích trữ làm thay đổi nhiệt độ và kéo theo sự thay đổi trạng thái của chất tiếp nhận nhiệt (biến đổi từ trạng thái rắn sang trạng thái lỏng); và toả nhiệt khi trạng thái biến đổi ngược lại.

c- Tích trữ nhiệt bằng *chất phản ứng*: nhiệt tích trữ kéo theo sự thay đổi về thành phần hoá học của chất tiếp nhận nhiệt, bằng phản ứng thu nhiệt thuận nghịch; phản ứng nghịch thì toả nhiệt còn phản ứng thuận thì tích nhiệt. Ví dụ:



Phương pháp này chỉ đưa ra làm ví dụ còn trong thực tế thường ít khi được dùng, vì phản ứng chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao, như trong các nhà máy điện nhiệt Mặt Trời.

### 7.3.2. Tính nhiệt năng khi tích trữ bằng chất cảm nhiệt

Cách tích trữ này thường được áp dụng trong kỹ thuật năng lượng Mặt Trời.

a- Lượng nhiệt được tích trong một chu kỳ ( $t_1, t_2$ ).

Giả sử bình chứa có tiết diện  $S_R$  chứa một chất có nhiệt dung riêng  $C_R$  (hình 7.3.1). Tại thời điểm  $t_1$  nhiệt độ phân bố có dạng  $T_R = T_R(z, t_1)$ . Tại thời điểm  $t_2$  bình được cung cấp nhiệt nên tăng lên nhiệt độ  $T_R = T_R(z, t_2)$ , lượng nhiệt tích được trong khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  là

$$q_R(t_1, t_2) = \int_0^H \rho_R C_R S_R [T_R(z, t_2) - T_R(z, t_1)] dz \quad (7.3.1)$$

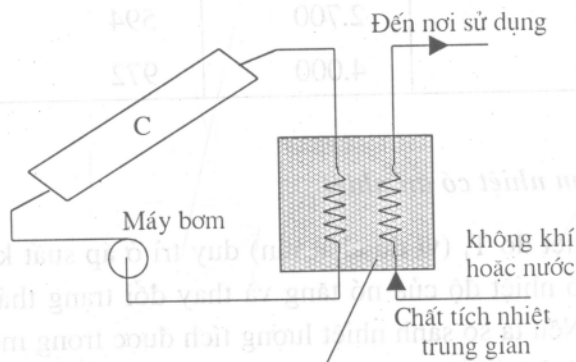
trong đó,  $\rho_R$  - khối lượng riêng của chất trữ nhiệt.

Trường hợp đặc biệt, nếu tại thời điểm  $t_1 = 0$  nhiệt độ trong bình R là đồng nhất và bằng nhiệt độ môi trường  $T_a$ , gần đúng coi bằng nhiệt độ của hệ nước thành phố, thay vào (7.3.1) ta được

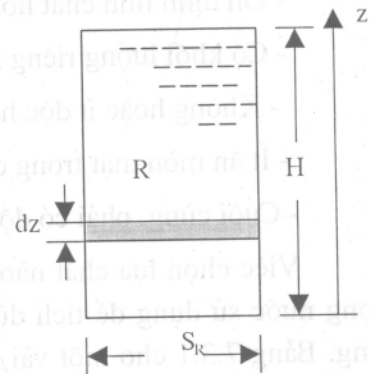
$$q_R(t) = \int_0^H \rho_R C_R S_R T_R(z, t) dz - M_R C_R T_a \quad (7.3.2)$$

trong đó,  $M_R$  = khối lượng chất trữ nhiệt trong bình chứa.

b- Tích trữ bằng chất cảm nhiệt. Trường hợp đơn giản nhất là chất lỏng nước nóng trong bình tích dùng trực tiếp cho vệ sinh gia đình. Trong trường hợp này nói chung là cần phải bổ sung thêm các dạng năng lượng khác như điện hoặc các loại nhiên liệu khác để có nước nóng sử dụng liên tục (hình 7.3.2).



Hình 7.3.2. Hệ thu - tích nhiệt có bù nhiệt.



Hình 7.3.1. Lượng nhiệt tích trong bình tích.

Khi đó hệ phải có chất tích nhiệt trung gian, với một khối lượng lớn. Chất này có thể được chọn là chất lỏng hoặc chất rắn. Trong bình chứa có hai bộ trao đổi nhiệt 1 và 2.

Chất trung gian có thể dùng các chất có những tính chất sau:

- Ổn định tính chất hoá học;
- Có khối lượng riêng lớn để giảm thể tích của bình chứa;
- Không hoặc ít độc hại;
- Ít ăn mòn mặt trong của bình chứa;
- Cuối cùng, phải có độ dẫn nhiệt và khả năng khuếch tán nhiệt thật tốt.

Việc chọn lựa chất nào cần quan tâm đến giá thành của thiết bị và phụ thuộc khối lượng nước sử dụng để tích đủ nhiệt lượng cần thiết cung cấp đầy đủ theo nhu cầu sử dụng. Bảng 7.3.1 cho một vài chất có thể sử dụng để tích nhiệt và tỷ lệ giá đơn vị của chúng so với phoi sắt. Nếu lấy giá của phoi sắt bằng 1 đơn vị

*Bảng 7.3.1*

Vật liệu	Nhiệt dung riêng khối lượng	Khối lượng riêng	Nhiệt dung riêng thể tích	Giá đơn vị
	cal.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	kg.m <sup>-3</sup>	cal.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup>	tỷ lệ
Phoi sắt	0,12	7.850	924	1,00
Phoi nhôm	0,23	2.700	621	2,80
Bê tông	0,27	2.240	605	0,10
Sỏi	0,20	2.250	428	0,10
Gạch	0,20	2.240	448	1,80
CaCO <sub>3</sub>	0,23	2.900	667	0,15
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,22	2.700	594	0,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24	4.000	972	0,50

### **7.3.3. Tích trữ bằng chất cảm nhiệt có ẩn nhiệt**

Giả sử một chất ở nhiệt độ  $T_1$  (ví dụ chất rắn) duy trì ở áp suất khí quyển. Khi nhận một nhiệt lượng nào đó nhiệt độ của nó tăng và thay đổi trạng thái (từ rắn sang lỏng) ở nhiệt độ  $T_2 = \text{const}$ . Nếu ta so sánh nhiệt lượng tích được trong một đơn vị khối lượng của vật liệu trữ nhiệt có thay đổi trạng thái do hiện tượng ẩn nhiệt với nhiệt lượng không thay đổi trạng thái thì ta nhận được tỷ số sau:

$$\frac{C_p(T_2 - T_1) + L(T_2)}{C_p(T_2 - T_1)} \quad (7.3.3)$$

trong đó,  $L(T_2)$ : nhiệt ẩn thay đổi trạng thái ở nhiệt độ  $T_2$ .

Trong thực tế giá trị của  $L(T_2)$  lớn hơn rất nhiều so với  $C_p(T_2 - T_1)$ . Do đó nếu ta chọn chất có giá trị nhiệt ẩn lớn thì thể tích của bình chứa giảm một cách đáng kể. Các phương pháp này có hai điều bất tiện:

- Quá trình thay đổi trạng thái xảy ra ở một nhiệt độ không đổi, điều này bắt buộc phải sử dụng loại vật liệu có nhiệt độ nóng chảy bằng nhiệt độ sử dụng.

- Khi thay đổi trạng thái có kèm theo thay đổi thể tích của chất tích nhiệt có ẩn nhiệt, vì vậy cần phải tính toán để xác định thể tích bình chứa cho thích hợp.

Trong thực tế các vật liệu ẩn nhiệt được phân thành hai loại:

*a- Các chất sạch và cùng tinh.* Các chất này không chứa hydrat và có điểm nóng chảy (điểm cùng tinh) khá cao, vì vậy chúng chỉ được dùng để tích nhiệt trong hệ thiết bị hội tụ. Nhiệt độ nóng chảy của một vài chất được dùng để tích trữ nhiệt cho trong bảng 7.3.2 dưới đây:

**Bảng 7.3.2.**

Vật liệu	$AlCl_3$	KCl + CuCl	$KNO_3$ + $NaNO_3$	$KNO_3$ + $LiNO_3$	$NaNO_3$ + $LiNO_3$	$NaOH$ + $LiOH$
Nhiệt độ nóng chảy-điểm cùng tinh ( $^{\circ}C$ )	192	150	220	133	193	218

*b- Các chất muối hydrat,* các chất này có nhiệt độ nóng chảy khá thấp nên thường được dùng để tích trữ nhiệt trong các bình chứa của hệ thu phẳng. Một vài tính chất của loại vật liệu này được cho trong bảng 7.3.3

**Bảng 7.3.3.**

Muối	$(Na_2SO_4) \cdot 10H_2O$	$(LiNO_3) \cdot 3H_2O$	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	$Mg(NO_3)_2 \cdot 5H_2O$	$(MgNO_3)_2 \cdot 6H_2O + (MgNO_3)_2 \cdot 2H_2O$
Nhiệt độ nóng chảy ( $^{\circ}C$ )	32,5	30,0	130	90	55,5
Nhiệt ẩn nóng chảy ( $kcal \cdot kg^{-1}$ )	60,5	70,7	-	38,2	42

Các chất parafin là những hydrocacbon rắn có công thức  $C_{13}H_{28}$ ,  $C_{15}H_{32}$ ,... Chúng có nhiệt ẩn nóng chảy khoảng 35 kcal/kg và nhiệt độ nóng chảy trong khoảng từ 40°C đến 60°C tùy thuộc vào từng loại. Vì vậy nên các chất này thường được dùng để tích nhiệt trong các hệ nhiệt Mặt Trời tích nước nóng dùng cho gia đình.. Bất tiện lớn nhất của loại vật liệu này là hệ số truyền nhiệt rất thấp và giá thành lại khá cao.

Một chất khác cũng thường được dùng trong các thí nghiệm là hợp chất clorua-calcium hexahydrat. Đó là một khoáng chất khá ổn định là những tinh thể tách lớp, có tên khoáng sản là chliarolithe (đá ẩm). Hợp chất này có các tính chất vật lý sau:

- Nhiệt độ nóng chảy (điểm cùng tinh): 28°C,
- Ẩn nhiệt nóng chảy: 32kcal/kg,
- Tỷ khối thể tích: 15kg/m<sup>3</sup>,
- Thay đổi thể tích khi đông đặc: ~10%.
- Độ dẫn nhiệt: 0,5W/(m.K),
- Nhiệt dung riêng đẳng áp  $C_p$ : 0,6kcal/(kg.K).

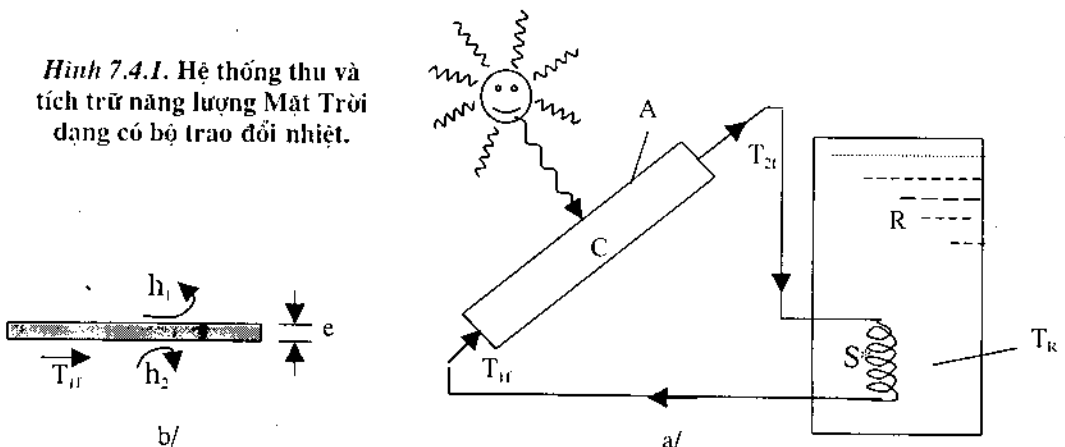
Các tính chất nhiệt và cơ của vật liệu đã được thử nghiệm gia tốc trên 5.000 chu kỳ nóng chảy và đông đặc được tiến hành bởi Brevet INRA-CEA.

#### §7.4. Kích thước của các bộ trao đổi nhiệt (hệ thu-tích nhiệt)

##### 7.4.1. Bộ trao đổi nhiệt - bình tích nhiệt

Ta xét một hệ gồm: bộ thu phẳng C có diện tích nhận bức xạ A, bình tích nhiệt R, và bộ trao đổi nhiệt có diện tích trao đổi nhiệt  $S^*$ , (hình 7.4.1a).

Hình 7.4.1. Hệ thống thu và tích trữ năng lượng Mặt Trời dạng có bộ trao đổi nhiệt.



Ở đây kích thước của bộ trao đổi nhiệt đóng một vai trò rất quan trọng. Trong thực tế nếu kích thước nhỏ hơn hoặc lớn hơn kích thước chuẩn đều là không có hiệu quả. Ta giả thiết rằng nhiệt độ  $T_R$  của chất lỏng trong bình tích ở sát cạnh bộ trao đổi nhiệt được coi là không đổi, thì diện tích trao đổi nhiệt có thể được tính bằng công thức

$$S^* = \frac{q_R}{k} \frac{\log \frac{T_{2f} - T_{1f}}{T_{1f} - T_R}}{T_{2f} - T_{1f}} \quad (7.4.1)$$

trong đó,  $S^*$  = diện tích trao đổi nhiệt (mật bao của các ống trong trường hợp bộ trao đổi có dạng ống xoắn;

$k$  = hệ số trao đổi nhiệt toàn phần của bộ trao đổi nhiệt, với nhiệt trở bằng

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2} \quad (7.4.2)$$

$\lambda$  = hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cấu tạo nên bộ trao đổi nhiệt,

$h_1, h_2$  = hệ số trao đổi nhiệt đối lưu tương ứng với mặt ngoài và mặt trong của ống (tâm), xem (hình 7.4.1b)

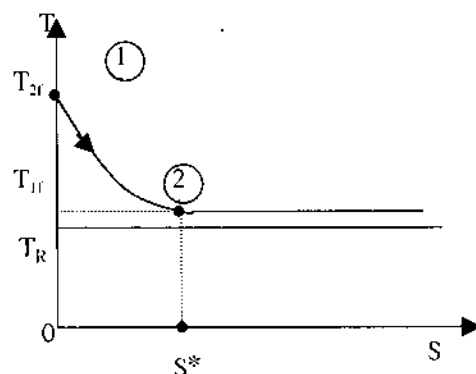
Một cách tổng quát, nhiệt lượng mà chất lỏng trong bình chứa nhận được là

$$\dot{q}_R = \dot{m}_f C_f (T_{2f} - T_{1f}) \sim \dot{q}_c = HR_h A \eta_c \quad (7.4.3)$$

trong đó  $A$ : diện tích của bộ thu phẳng, hoặc gần đúng diện tích của mặt hấp thụ.

Từ đó đối với một bộ thu cho trước đã biết diện tích  $A$  và hiệu suất trung bình  $\bar{\eta}_c$ , nếu chọn nhiệt độ trung bình của bình chứa  $T_R \sim T_{1f}$ , thì từ (7.4.3) ta có thể xác định được  $\dot{q}_R$  và  $T_{2f}$ . Khi đã biết giá trị của  $k$  người ta có thể tính được diện tích trao đổi nhiệt của bộ trao đổi nhiệt  $S^*$  phù hợp với hệ này.

Lẽ dĩ nhiên là sau đó phải kiểm tra lại giá trị của hiệu suất  $\bar{\eta}_c$ , nếu phù hợp với giá trị đã cho thì cách làm vừa rồi là đúng, nếu có sai khác nhiều thì phải chọn lại các giả thiết để có được nhiệt độ  $T_R$  như mong muốn. Mặt khác cũng cần phải nhắc lại rằng phân bố nhiệt độ trong bộ trao đổi nhiệt phụ thuộc diện tích trao đổi nhiệt theo một đường cong  $T = T(S)$  dưới dạng hàm mũ cơ số tự nhiên (exponentielle) tăng



Hình 7.4.2. Đường cong nhiệt độ bình tích nhiệt phụ thuộc diện tích  $S$ .

hoặc giảm như mô tả trên hình 7.4.2 và hình 7.4.3.

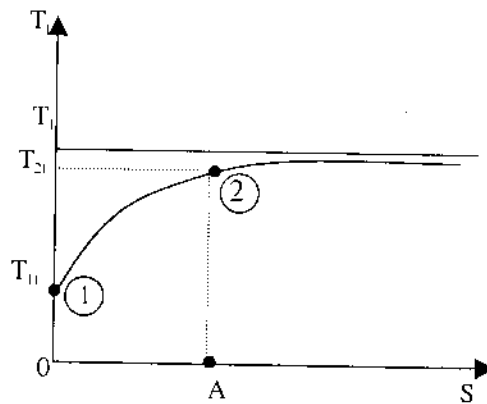
Đối với một diện tích trao đổi nhiệt  $S^*$  của một bộ trao đổi nhiệt người ta có một nhiệt độ  $T_{1r}$  xác định (hình 7.4.2). Để có một bộ trao đổi nhiệt làm việc trong điều kiện hiệu quả tối ưu. Điều quan trọng là giá trị của  $S^*$  phải ứng với điểm 2 không lệch quá xa về phía phải hoặc phía trái trên đường cong  $T = T(S)$ .

#### 7.4.2. Bộ trao đổi nhiệt và bộ thu phẳng

Trong bộ thu C (hình 7.4.1a) cũng làm tương tự như trên. Giả thiết nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ là  $T_1$  thì người ta cũng nhận được đường cong nhiệt độ của chất tải nhiệt  $T_f$  cho bởi phương trình sau:

$$T_f = T_1 - (T_1 - T_f) \exp\left(-\frac{k'S}{m_f C_f}\right) \quad (7.4.3)$$

Đối với một bộ thu cho trước diện tích của mặt hấp thụ là  $A$ , ở đây cần phải kiểm tra nhiệt độ đầu ra của bộ thu (điểm 2) trên đường cong  $T = T(f)$  sao cho phù hợp. Người ta có thể điều chỉnh lưu lượng để làm thay đổi vị trí của điểm này. Ở đây cũng cần nhấn mạnh rằng hai bộ trao đổi nhiệt không làm việc có hiệu quả tối ưu trong cùng một điều kiện, mà ta chỉ có thể điều chỉnh sao cho đạt được hiệu quả tối ưu của cả hệ.



Hình 7.4.3. Đường cong nhiệt độ chất tải nhiệt phụ thuộc diện tích  $A$ .

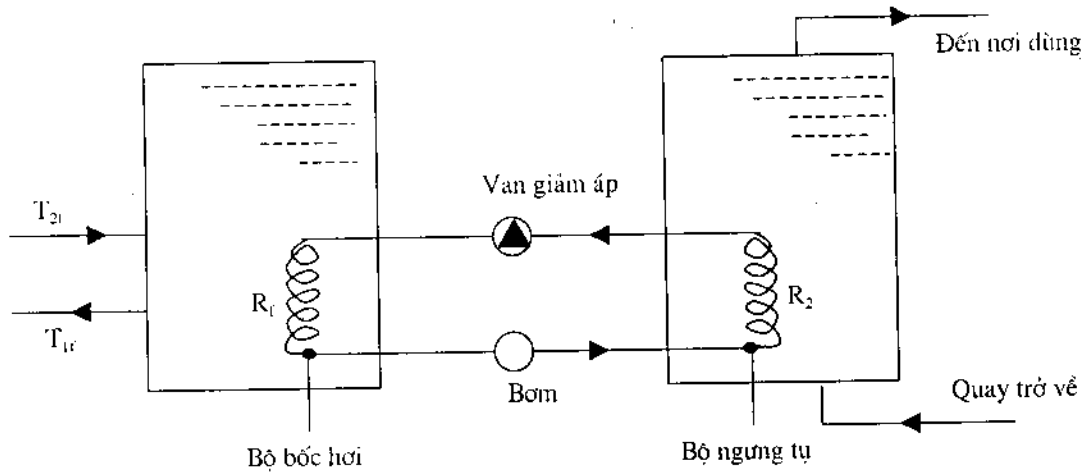
#### §7.5. Một vài điều kết luận

Tóm lại, cần phải nói rằng một bộ thu phẳng có một hiệu suất rất tốt nếu nhiệt độ của tấm hấp thụ thấp, có nghĩa là chất tải nhiệt tiếp xúc được với tấm hấp thụ ở nhiệt độ thấp, cũng có nghĩa là nhiệt độ của bình tích nhiệt cũng thấp. Như vậy muốn hệ thu và tích nhiệt có hiệu suất cao thì chất tải nhiệt (nước chẳng hạn) trong bình tích phải duy trì ở nhiệt độ thấp khoảng 30-40°C. Một trong những ứng dụng năng lượng Mặt Trời tốt nhất là cung cấp nước nóng cho các bể bơi. Ở đây hiệu suất của các bộ thu phẳng có thể đạt tới 60 - 70%.

Ngược lại, khi sử dụng yêu cầu nhiệt độ khá cao thì người ta phải làm hai bình chứa: một bình  $R_1$  có nhiệt độ tương đối thấp nối trực tiếp với bộ thu phẳng (hình 7.5.1), còn bình thứ hai  $R_2$  có nhiệt độ tương đối cao (khoảng 35-50°C). Bộ bốc hơi tiếp xúc với



$R_1$ , lấy nhiệt và chuyển sang bộ ngưng tụ tiếp xúc với  $R_2$  và toả nhiệt. Nếu nhiệt độ ở  $R_1$  là  $30^{\circ}\text{C}$  muốn bình  $R_2$  có nhiệt độ  $45^{\circ}\text{C}$  ta phải dùng một bộ bù nhiệt. Để có hiệu suất cao phải làm cho nhiệt độ chất lỏng trong bình  $R_2$  phân bố đồng đều, để tăng hiệu quả quá trình trao đổi nhiệt giữa  $R_2$  và chất tải nhiệt chứa trong bình.



**Hình 7.5.1.** Hệ ghép nối bộ thu phẳng và bơm nhiệt.

Cũng phải nhấn mạnh một điều là việc tích nhiệt giữa các mùa hiện nay chưa phải là một giải pháp tối ưu. Mặt khác bài toán về hoạt động của hệ thu phẳng ở chế độ quá độ cũng còn chưa được khảo sát một cách đầy đủ.

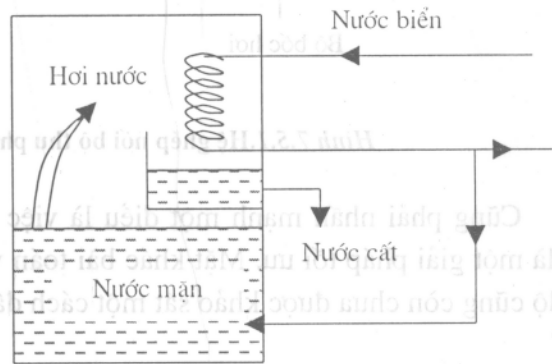
## ỨNG DỤNG HIỆU ỨNG NHÀ KÍNH ĐỂ CHUNG CẤT NƯỚC

### §8.1. Nguyên lý của chưng cất nước

#### 8.1.1. Chưng cất theo phương pháp cổ điển

Nguyên lý cơ bản của chưng cất nước mặn, nước lợ hoặc nước phèn tương tự như quá trình nấu rượu bằng phương pháp cổ điển thường được sử dụng trên các tàu biển ngày xưa. Hệ chưng cất cổ điển được mô tả bằng sơ đồ đơn giản trên hình 8.1.1.

Một thùng chứa nước biển mặn. Nước mặn trong thùng nhận nhiệt từ các bóng đèn hoặc bằng dây điện trở. Nước bốc hơi bay lên gặp bộ trao đổi nhiệt có nước biển lạnh chảy bên trong, hơi nước ngưng tụ thành giọt và rơi vào khay hứng nước cất (ngọt) đặt ngay phía dưới bộ trao đổi nhiệt và được dẫn ra ngoài. Một phần nước biển lạnh được bổ sung vào thùng bù cho phần nước đã bốc hơi.



Hình 8.1.1. Sơ đồ nguyên lý chưng cất nước.

Vì vậy, hệ phải bao gồm một nguồn nóng và một nguồn lạnh. Hiệu suất toàn phần của hệ có thể được định nghĩa bằng biểu thức dưới đây

$$\eta_g = \frac{\dot{m}_d L}{\dot{q}} \quad (8.1.1)$$

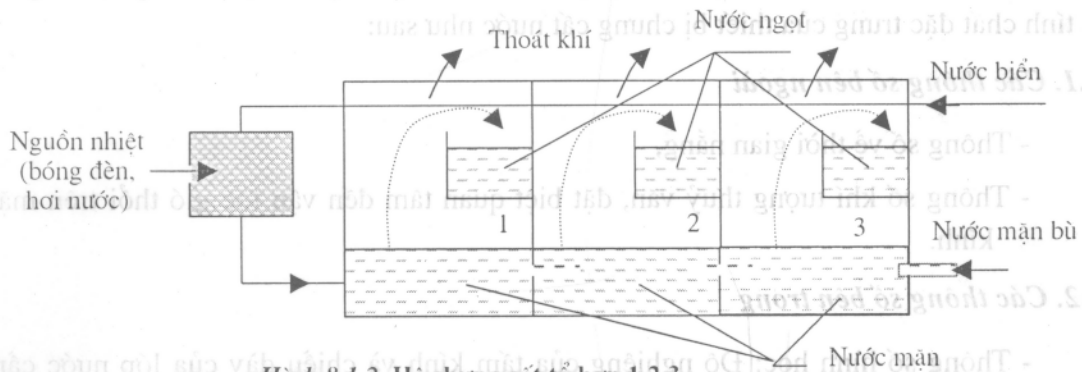
trong đó,  $\dot{m}_d$  = lưu lượng nước cất, kg/s;

$L$  = nhiệt ẩn hoá hơi của nước ở nhiệt độ của nguồn nóng, kcal/kg;

$\dot{m}_d L$  = nhiệt hiệu dụng;

$\dot{q}$  = Nhiệt lượng cung cấp cho khối lượng nước để chưng cất trong một đơn vị thời gian, kcal/kg/s.

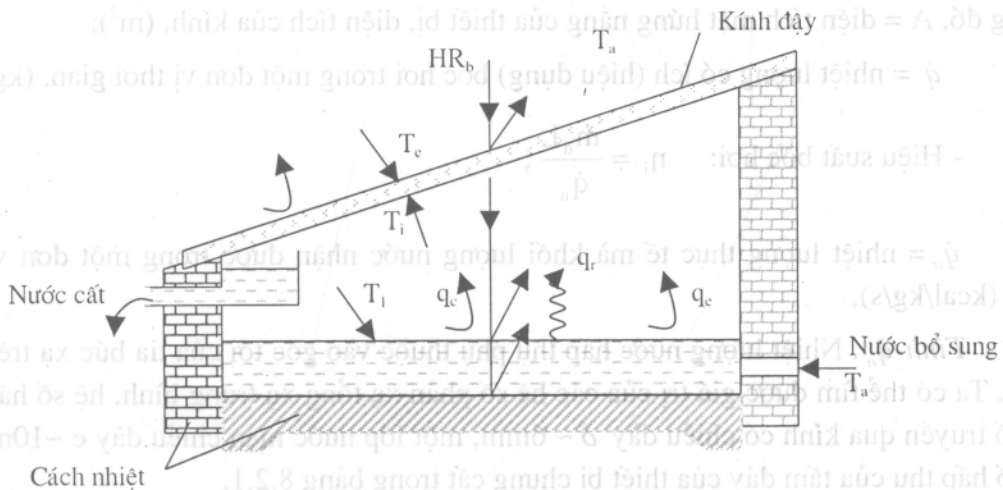
Một hệ chung cất rất có hiệu quả hiện nay được thiết kế tổ hợp, bao gồm nhiều đơn nguyên như đã nói ở trên và được mô tả trên hình 8.1.2. Hệ tổ hợp có một nguồn nóng chung cho nhiều thùng chung cất. Ở đây ta thấy từ thùng này đến thùng khác nước lạnh được nung nóng, và nước nóng được làm lạnh. Người ta đã chứng minh rằng hiệu suất của hệ gồm n thùng sẽ tăng lên n lần.



Hình 8.1.2. Hệ chung cất tổ hợp 1,2,3.

### 8.1.2. Thiết bị chung cất nước bằng năng lượng Mặt Trời dạng phẳng

Thiết bị chung cất bằng năng lượng Mặt Trời dạng phẳng được cấu tạo bởi một bể chứa nước cần được chung cất như: (nặn, phèn, lợ). Nước được chứa trong một bể, phía trên có đặt một tấm kính đặt nghiêng một góc thích hợp. Dưới tác dụng của năng lượng bức xạ Mặt Trời nước bốc hơi và ngưng tụ ở mặt đáy của tấm kính, dần dần hơi nước tạo thành những giọt nước ngọt và chảy trên mặt kính xuống một máng đặt ở cạnh đáy của tấm kính, rồi được dẫn ra ngoài, (hình 8.1.3)



Hình 8.1.3. Sơ đồ thiết bị chung cất nước bằng năng lượng mặt trời dạng phẳng.

Nước bốc hơi bay lên đã tạo ra dòng hơi "chảy" tuần hoàn bên trong bề kín, giống như siphon nhiệt nhờ chênh lệch nhiệt độ  $T_1 - T_2$  giữa nguồn nóng (mặt nước) và (mặt kính) nguồn lạnh.

## §8.2. Các thông số và những đặc trưng của thiết bị chưng cất dạng phẳng

Như chúng ta đã định nghĩa tổng quát về bộ thu phẳng, ở đây ta cũng định nghĩa các tính chất đặc trưng của thiết bị chưng cất nước như sau:

### 8.2.1. Các thông số bên ngoài

- Thông số về thời gian nắng,
- Thông số khí tượng thủy văn, đặc biệt quan tâm đến vận tốc gió thổi trên mặt kính.

### 8.2.2. Các thông số bên trong

- Thông số hình học: Độ nghiêng của tấm kính và chiều dày của lớp nước cân bằng chưng cất.
- Các thông số hoạt động của thiết bị: Độ chênh lệch nhiệt độ giữa môi trường và chất lỏng, đặc biệt là nhiệt độ của nước bổ sung và nhiệt độ của nước cất.

### 8.2.3. Các đặc trưng hoạt động của thiết bị

- Lưu lượng của nước cất:  $\dot{m}_d$  (kg/s)

- Hiệu suất toàn phần:  $\bar{\eta}_g = \frac{\dot{m}_d L}{A \cdot HR_b} = \frac{\dot{q}_c}{A \cdot HR_b}$

trong đó,  $A$  = diện tích mặt hứng nắng của thiết bị, diện tích của kính, ( $m^2$ );

$\dot{q}$  = nhiệt lượng có ích (hiệu dụng) bốc hơi trong một đơn vị thời gian, (kg/s).

- Hiệu suất bốc hơi:  $\eta_i = \frac{\dot{m}_d L}{\dot{q}_n}$ ,

$\dot{q}_n$  = nhiệt lượng thực tế mà khối lượng nước nhận được trong một đơn vị thời gian (kcal/kg/s),

Tính  $\dot{q}_n$ . Nhiệt lượng nước hấp thụ phụ thuộc vào góc tới của tia bức xạ trên mặt kính. Ta có thể tìm được giá trị của các hệ số phản xạ tổng xạ trung bình, hệ số hấp thụ, hệ số truyền qua kính có chiều dày  $\delta \sim 6\text{mm}$ , một lớp nước mỏng chiều dày  $e \sim 10\text{mm}$  và hệ số hấp thụ của tấm đáy của thiết bị chưng cất trong bảng 8.2.1.

Khi có cường độ bức xạ  $HR_b$ , ta tính được giá trị  $\dot{q}_n$  bằng công thức sau:

$$\dot{q}_n = [HR_b(\tau_v \alpha_c) + HR_b(\tau_v \tau_c \alpha_f)]A \quad (8.2.1)$$

ở đây, -  $\tau_v$  = hệ số truyền qua của kính;

-  $\tau_c$  = hệ số truyền qua của nước;

-  $\alpha_f$  = hệ số hấp thụ của đáy.

Ta thừa nhận rằng nhiệt hấp thụ bởi đáy bị chia xẻ cho cả dẫn nhiệt và đối lưu trong khối nước. Do đó ta có thể định nghĩa hệ số hấp thụ của tấm đáy bằng công thức:

$$\dot{q}_n = \alpha_f HR_b A \quad (8.2.2)$$

với 
$$\alpha_f = \tau_v \alpha_c + \tau_v \tau_c \alpha_f \quad (8.2.3)$$

Ví dụ. Khi góc tới  $i = 30^\circ$ , ta có  $\alpha_f = 0,85$

*Bảng 8.2.1*

Góc tới của tia bức xạ (độ)		0 - 30	45	60
Kính	hệ số phản xạ (%)	5	6	10
	hệ số hấp thụ (%)	5	5	5
	hệ số truyền qua (%)	90	89	85
Lớp nước	hệ số phản xạ (%)	2	3	6
	hệ số hấp thụ (%)	30	30	30
	hệ số truyền qua (%)	68	67	64
Tấm đáy	hệ số phản xạ (%)	5	5	5
	hệ số hấp thụ (%)	95	95	95
	hệ số truyền qua (%)	0	0	0

### §8.3. Thiết lập các phương trình trao đổi nhiệt

Dựa trên hình 8.1.3 ta xét hệ ở chế độ dừng, và bỏ qua nhiệt tổn thất qua thành chung quanh, vì nó rất nhỏ so với nhiệt mà khối nước nhận được. Từ đó ta có thể viết được các phương trình cân bằng năng lượng sau đây

#### 8.3.1. Cân bằng nhiệt trong khối nước

$$\dot{q}_r + \dot{q}_c + \dot{q}_e + \dot{m}_d C_e (T_1 - T_d) = \alpha_f HR_b A \quad (8.3.1)$$

ở đây,  $-\dot{q}_r, \dot{q}_c, \dot{q}_e$ : tương ứng với tổn thất nhiệt do bức xạ, đối lưu và bốc hơi bởi khối nước trong một đơn vị thời gian

-  $\dot{m}_d C_e (T_1 - T_a)$ : nhiệt tổn thất cho lượng nước mới bổ sung có nhiệt độ  $T_a$  và nhiệt dung riêng của nước  $C_e$ .

Thêm vào đó, ta có:  $\dot{q}_c = \dot{m}_d L(T_1)$ , do đó ta có thể viết:

$$\dot{q}_r + \dot{q}_c + \dot{q}_e = \varphi(T_1, T_a, \dot{m}_d)$$

và phương trình (8.3.1) trở thành

$$\varphi(T_1, T_a, \dot{m}_d) + \dot{m}_d C_e (T_1 - T_a) = \alpha_1 A \Delta HR_b \quad (8.3.1)'$$

Nhưng  $\dot{q}_c$  và  $\dot{q}_e$  có liên hệ với nhau qua công thức

$$\dot{q}_e = 16.276.10^{-3} \dot{q}_c \frac{(p_1 - p_a)}{(T_1 - T_a)} \quad (8.3.2)$$

ở đây,  $p_1$  và  $p_a$  tương ứng áp suất riêng phần của hơi nước (gần như bão hòa) ở nhiệt độ  $T_1$  và  $T_a$

### 8.3.2. Cân bằng nhiệt trên tấm kính

Lượng nhiệt mà kính nhận được bị tổn thất do dẫn nhiệt qua nó, hay

$$\dot{q}_r + \dot{q}_c + \dot{q}_e = \frac{\lambda_v}{\delta} (T_1 - T_c) A \quad (8.3.3)$$

trong đó,  $\lambda_v$  = hệ số dẫn nhiệt của kính (W/m.K);

$\delta$  = chiều dày của tấm kính (m).

Giả thiết rằng  $\dot{q}_e$  bằng nhiệt lượng ngưng tụ toả ra ở mặt trong của tấm kính.

### 8.3.3. Trao đổi nhiệt giữa kính và môi trường

Năng lượng nhiệt truyền qua kính ra môi trường bên ngoài được tính bằng công thức

$$\frac{\lambda_v}{\delta} (T_1 - T_c) A = h_c (T_c - T_a) A + h_r (T_c - T_a) A \quad (8.3.4)$$

ở đây,  $h_c, h_r$  tương ứng là hệ số trao đổi nhiệt đối lưu và bức xạ bên ngoài tấm kính.

Giải hệ 4 phương trình trên bằng các phương pháp khác nhau trên máy vi tính ta có thể tìm được các biến số:  $T_1, T_i, T_c, \dot{m}_d$ .

## §8.4. Các kết quả thực nghiệm và những giá trị thực tế

Trong mục này chúng ta sẽ tổng kết tác động của các thông số cơ bản đối với

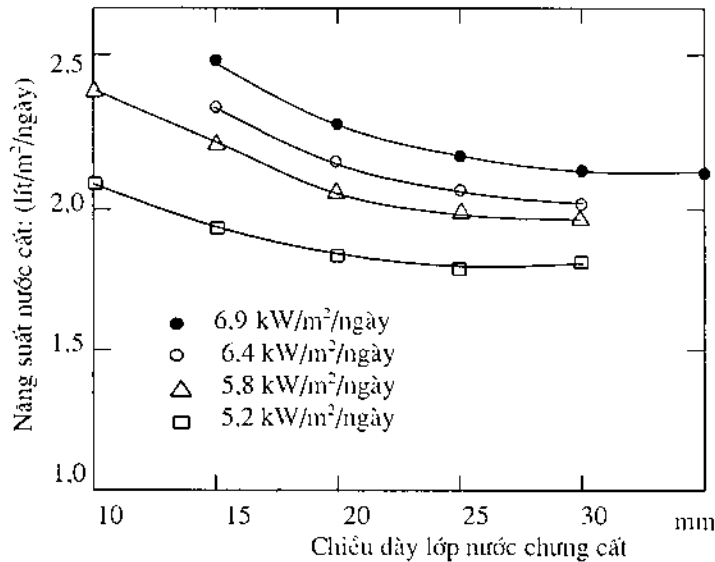
hoạt động của hệ chưng cất nước bằng năng lượng Mặt Trời. Các phương pháp thực nghiệm được tiến hành trên hai hệ chưng cất giống hệt nhau và đặt cùng một nơi. Người ta cho thay đổi thông số của một trong hai hệ để xác định ảnh hưởng của thông số này đến chức năng hoạt động của hệ. Các thông số cần khảo sát sẽ được trình bày dưới đây:

#### 8.4.1. Độ nghiêng của tấm kính

Nếu độ nghiêng của tấm kính tăng thì phản bóng che của nó lên mặt nước nói chung cũng tăng. Do đó phải quan tâm đến việc chọn một độ nghiêng nhỏ nhất. Dĩ nhiên, là không quá nhỏ để cho những giọt nước ngọt bị tách rời khỏi mặt kính trước khi chảy đến cạnh đáy của tấm kính. Thực nghiệm cho thấy độ nghiêng tốt nhất là  $15^\circ$

#### 8.4.2. Chiều dày của lớp nước chưng cất

Các kết quả thực nghiệm cho thấy ảnh hưởng của cường độ bức xạ tới cũng như chiều dày lớp nước chưng cất đến lượng nước sạch như đã cho trên hình 8.4.1

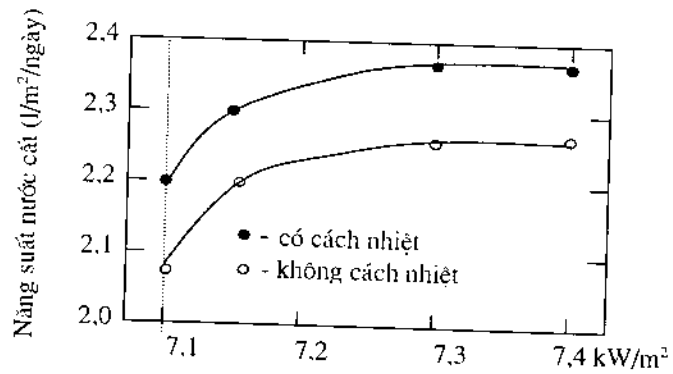


Hình 8.4.1. Đường cong năng suất nước cất phụ thuộc cường độ bức xạ và chiều dày lớp nước chưng cất.

Từ hình 8.4.1 ta thấy năng suất nước cất trong ngày tăng khi cường độ bức xạ tăng và chiều dày lớp nước chưng cất giảm. Vì khi đó quán tính nhiệt của hệ là bé nhất.

#### 8.4.3. Cách nhiệt đối với thiết bị chưng cất

Mặt đáy thường được sơn một lớp màu xám hoặc đen, chung quanh và phía sau được lót một lớp cách nhiệt để giảm tổn thất nhiệt. Trên hình 8.4.2 mô tả các đường



Hình 8.4.2. Đường cong năng suất nước cất.

cong có và không có lớp cách nhiệt phía đáy và thành chung quanh. Qua đó ta thấy khi không có lớp cách nhiệt thì năng suất giảm từ 4 đến 6%.

#### 8.4.4. Trạng thái bề mặt của mặt trong của thiết bị chưng cất

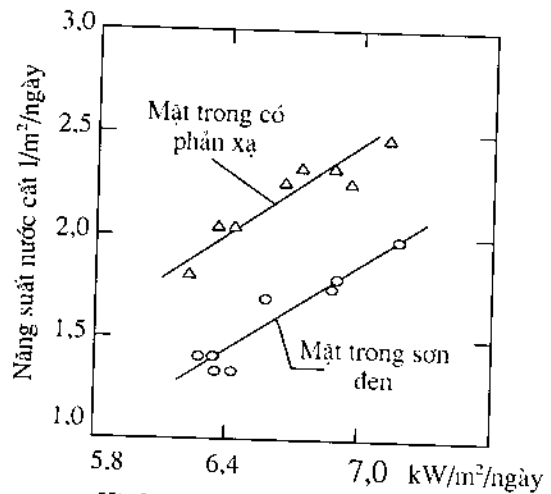
Bề mặt trong của thiết bị chưng cất có thể gây ra phản xạ hoặc hấp thụ bức xạ. Ảnh hưởng của trạng thái bề mặt thành chung quanh bên trong như mô tả trên (hình 8.4.3). Người ta nhận thấy rằng mặt trong của thiết bị chưng cất nên là mặt phản xạ, nếu không thì năng suất của hệ có thể giảm khoảng 25%. Mặt khác, các điều kiện khí quyển cũng có những ảnh hưởng đến năng suất:

- Năng suất chưng cất tăng tuyến tính với sự gia tăng cường độ bức xạ.

- Về vận tốc gió. Gió mạnh có một ảnh hưởng bất lợi đến năng suất. Tuy nhiên dường như vận tốc gió phải có một giá trị tối ưu nào đó. Trong thực tế người ta thấy ảnh hưởng của vận tốc gió đến hiệu suất chưng cất là không đáng kể.

#### 8.4.5. Ảnh hưởng của các thông số về thời tiết đến các đặc trưng của thiết bị chưng cất phẳng

Các đặc trưng của thiết bị chưng cất phẳng có giá trị thay đổi tùy thuộc vào thời tiết khi quan sát (trời trong sáng, trung bình hay mưa) và phụ thuộc vào các điều kiện thời tiết, đặc biệt là nhiệt độ môi trường và vận tốc gió.



Hình 8.4.3. Trạng thái bề mặt trong và cường độ bức xạ ảnh hưởng đến năng suất nước cất.



Ví dụ, khi trời sáng tỏ, ở các vĩ tuyến từ 40-50<sup>0</sup>N người ta thu được các kết quả sau:

- năng suất chưng cất: từ 3 - 5lít/m<sup>2</sup>/ngày;
- hiệu suất toàn phần: đạt 25-35%;
- ở điều kiện nhiệt độ môi trường  $T_a \sim 20^{\circ}\text{C}$  thì giá trị nhiệt độ trung bình của các bộ phận của thiết bị đo được là:  $T_c \sim 30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_i \sim 35^{\circ}\text{C}$ ,  $T_1 \sim 40^{\circ}\text{C}$ .

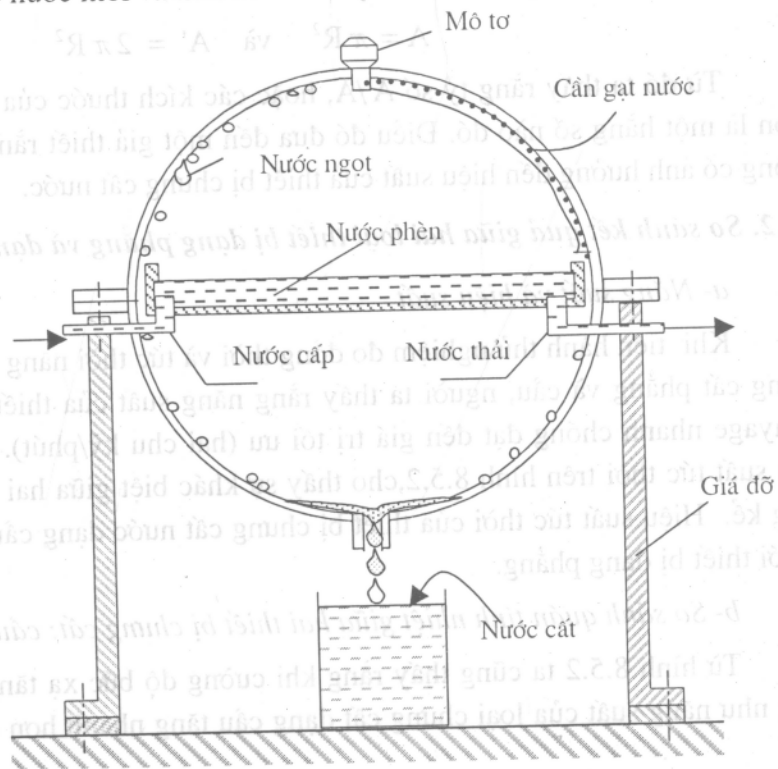
### §8.5. Thiết bị chưng cất dạng cầu BALAYAGE

Sau khi nghiên cứu thiết bị chưng cất nước bằng năng lượng Mặt Trời dạng phẳng, chúng ta sẽ khảo sát một thiết bị chưng cất mới dạng cầu được tiến hành thử nghiệm ở Balayage, gọi là *thiết bị chưng cất nước Balayage*.

#### 8.5.1. Nguyên lý cấu tạo

Hệ gồm hai nửa bán cầu bằng thủy tinh có đường kính bằng nhau, cổ thể úp khít vào nhau (hình 8.5.1). Quanh miệng của mỗi bán cầu có gắn một vành đai để ghép chặt và để làm khung gá lên chân giá đỡ. Đỉnh của bán cầu trên được lắp một mô tơ quay cân gạt nước, để gạt những giọt nước ngưng tụ đọng ở mặt trong của bán cầu trên. Đáy của bán cầu dưới được khoét một lỗ để thu gom nước ngọt và cho chảy vào thùng chứa. Một khay hình đĩa được đặt ở giữa hình cầu để đựng nước cân chưng cất. Đĩa có hai lỗ nối ra ngoài để cấp nước mới và thải nước thừa sau khi chưng cất ra ngoài.

Hình 8.5.1. Thiết bị chưng cất dạng cầu ở Balayage.



Mô hình này có những đặc điểm sau:

- Nhờ có dạng hình cầu nên suốt cả ngày và các ngày trong năm không bao giờ khay chứa nước bị bóng râm của thành che khuất như loại thiết bị chung cất dạng phẳng;

- Thành bên và phần dưới được cách nhiệt tốt nên nhiệt không bị truyền ra ngoài mà chỉ nâng nhiệt độ của tất cả các bộ phận bên trong thiết bị chung cất;

- Khó loại trừ được tổn thất nhiệt qua bộ phận liên kết giữa khay chứa nước và giá đỡ.

- Nước ngưng tụ ở mặt kính phía trong gây nên phản xạ một phần đáng kể các tia bức xạ, nhất là trên các giọt nước ngưng.

- Khó khăn trong việc làm sạch và đưa các chất cặn bám ở đáy khay chứa ra ngoài. Nếu sử dụng lâu dài mặt dưới của bán cầu trên sẽ bị chất bẩn bám chặt ngày càng dày, làm cho khả năng truyền qua của bức xạ ngày càng yếu. Tuy nhiên, nếu lắp thêm bộ phận cần gạt thì có thể khắc phục được sự hạn chế này.

Việc thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng cho các bộ phận khác nhau của hệ cũng có thể làm tương tự như các phương trình (8.3.1), (8.3.2), (8.3.3), và (8.3.4). Tuy nhiên phải chú ý sự khác biệt của hệ chung cất nước dạng cầu là: mặt tiếp nhận bức xạ của bán cầu trên là  $A'$ , còn diện tích khay chứa nước chung cất mặt đĩa tròn là  $A$ . Nếu gọi bán kính của đĩa khay là  $R$  thì ta có:

$$A = \pi R^2 \quad \text{và} \quad A' = 2\pi R^2$$

Từ đó ta thấy rằng tỷ số  $A'/A$ , hoặc các kích thước của hệ đối với hình dáng đã chọn là một hằng số nào đó. Điều đó đưa đến một giả thiết rằng trong thực tế tỷ lệ này không có ảnh hưởng đến hiệu suất của thiết bị chung cất nước.

### **8.5.2. So sánh kết quả giữa hai loại thiết bị dạng phẳng và dạng cầu**

#### *a- Năng suất và hiệu suất*

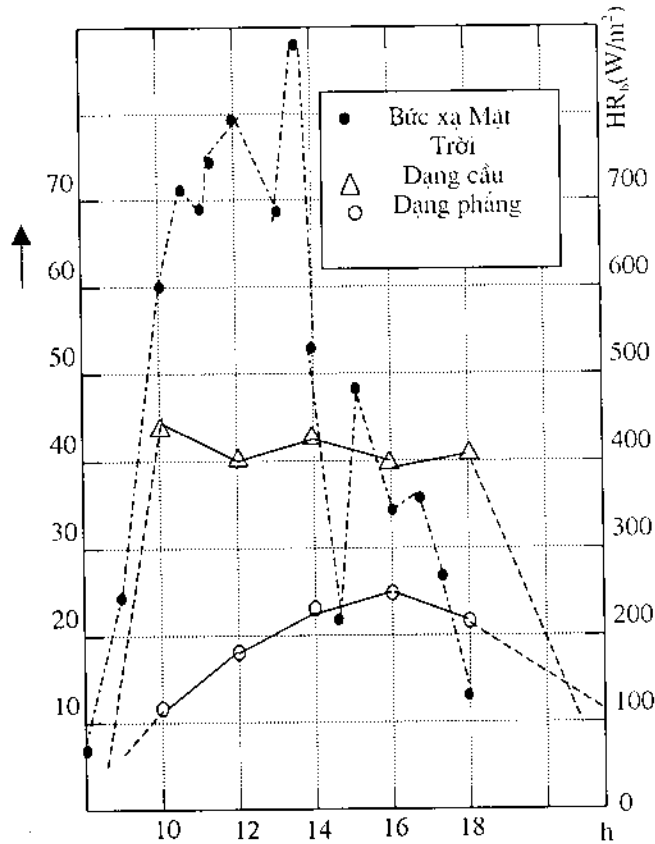
Khi tiến hành thử nghiệm đo đồng thời và tức thời năng suất của hai loại thiết bị chung cất phẳng và cầu, người ta thấy rằng năng suất của thiết bị chung cất dạng cầu Balayage nhanh chóng đạt đến giá trị tối ưu (hai chu kỳ/phút). Các đường cong mô tả hiệu suất tức thời trên hình 8.5.2, cho thấy sự khác biệt giữa hai loại thiết bị này là rất đáng kể. Hiệu suất tức thời của thiết bị chung cất nước dạng cầu Balayage cao hơn hẳn so với thiết bị dạng phẳng.

#### *b- So sánh quán tính nhiệt giữa hai thiết bị chung cất: cầu và phẳng*

Từ hình 8.5.2 ta cũng thấy rằng khi cường độ bức xạ tăng thì hiệu suất tức thời cũng như năng suất của loại chung cất dạng cầu tăng nhanh hơn dạng phẳng, nhưng khi

cường độ bức xạ giảm thì năng suất tức thời cũng giảm nhanh hơn loại phẳng. Điều đó có nghĩa rằng quán tính nhiệt trong thiết bị chung cất dạng cầu nhỏ hơn dạng phẳng.

### 8.5.3. Các đặc trưng của thiết bị chung cất dạng cầu



Hình 8.5.2. So sánh hiệu suất giữa hai loại thiết bị.

Các đặc trưng trong dạng cầu phụ thuộc một cách đáng kể vào các điều kiện khí tượng giống như dạng phẳng. Ví dụ khi trời trong sáng ở các vĩ độ từ 40-50°N người ta nhận được các giá trị trung bình sau:

- năng suất: từ 5 - 7 lít/m²/ngày;
- hiệu suất toàn phần: từ 35 - 50%;

- khi nhiệt độ trung bình của môi trường  $T_a = 20^{\circ}\text{C}$  thì nhiệt độ trung bình của các bộ phận khác nhau là:

$$T_c = 30^{\circ}\text{C}, \quad T_1 = 35^{\circ}\text{C}, \quad T_2 = 50^{\circ}\text{C}.$$

## **§8.6. Những kết luận đối với các thiết bị chưng cất nước bằng năng lượng Mặt Trời**

Vấn đề sản xuất nước ngọt bằng năng lượng Mặt Trời rất quan trọng theo hai quan điểm: tiết kiệm năng lượng và mối bận tâm của việc đảm bảo các nguồn nước sạch cho các vùng khan hiếm nước ngọt.

Như trên chúng ta chứng minh được là các thiết bị chưng cất nước bằng năng lượng Mặt Trời là rất đơn giản, mặt khác việc sản xuất các thiết bị này cũng không quá phức tạp. Những điều kiện khí tượng ở nước ta có thể cho phép áp dụng loại thiết bị chưng cất dạng phẳng hay dạng cầu sao cho năng suất cũng như giá thành của nước sạch là thấp nhất. Vấn đề còn lại là làm thế nào để phổ biến ứng dụng rộng rãi các hệ này để sản xuất nước sạch, xử lý nước đã qua sử dụng v.v... Đặc biệt là cải thiện được đời sống cho dân cư thuộc các vùng nước nhiễm phèn, nhiễm mặn ở ven biển và trên các hải đảo thiếu nước ngọt.

## Chương 9

### CÁC LOẠI VẬT LIỆU DÙNG TRONG THIẾT BỊ NHIỆT MẶT TRỜI

Khi thiết kế và triển khai ứng dụng nhiệt năng lượng Mặt Trời thường gặp một vấn đề rất quan trọng là dùng loại vật liệu nào để chế tạo các thiết bị này, nhằm đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật và đạt được hiệu quả kinh tế cao nhất. Trong chương này chúng tôi sẽ đề cập đến vấn đề này, để giúp cho bạn đọc cũng như các nhà thiết kế có được một vài số liệu cơ bản để tham khảo trong quá trình thực hiện công việc của mình có hiệu quả hơn.

Một đặc điểm quan trọng nhất là các thiết bị nhiệt Mặt Trời bao giờ cũng được đặt ở ngoài trời, luôn phải chịu tác động của bức xạ Mặt Trời, đặc biệt là các tia tử ngoại, nóng ẩm, mưa, gió bão v.v..., nên các loại vật liệu phải chịu đựng được trong suốt quá trình hoạt động của thiết bị, ít nhất là từ mười năm trở lên. Vì vậy, khi chọn các vật liệu để chế tạo một thiết bị nhiệt phải quan tâm đến các yêu cầu sau đây:

a- Tác động của các tia tử ngoại. Vì các tia tử ngoại có thể làm thay đổi cấu trúc hoá học của vật liệu bằng chất dẻo polyme, đặc biệt là làm già hoá nhanh các loại chất dẻo, làm giảm độ trong suốt của các tấm đáy, và làm tăng tính giòn của vật liệu...;

b- Tác động của nước mưa, làm cho vật liệu thấm nước, gây chóng hư hỏng và quan trọng hơn là khi thấm nước độ dẫn nhiệt của vật liệu tăng làm cho tổn thất nhiệt qua thành chung quanh tăng, dẫn tới làm giảm hiệu suất của thiết bị;

c- Tác động do ôxy hoá, các loại vật liệu bằng thép dễ bị han gỉ, đặc biệt là ở những nơi gần các khu công nghiệp hoá chất, trên bờ biển trong không khí có chứa nhiều hơi nước-mặn làm cho vật liệu nhanh chóng bị han gỉ;

d- Mưa đá, có thể làm vỡ các tấm kính đáy;

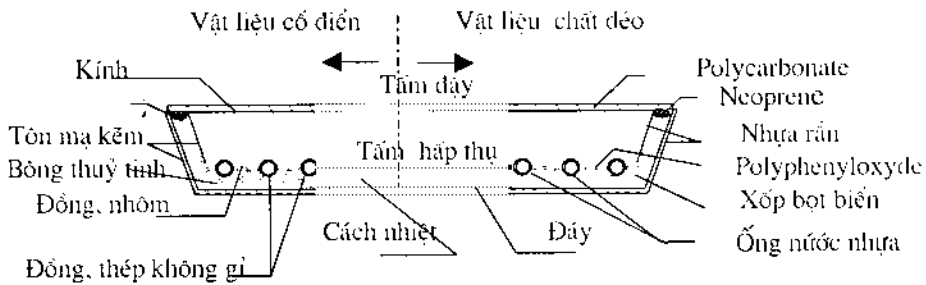
e- Gió bão làm đổ vỡ, trong gió mạnh có mang theo cát và những vật cứng làm xước mặt kính đáy, làm giảm hệ số truyền qua của bức xạ Mặt Trời;

f- Sự thay đổi nhiệt độ từ mùa đông ( $5-10^{\circ}\text{C}$ ) sang mùa hè (nhiệt độ của tấm hấp thụ  $130-150^{\circ}\text{C}$ ), sự dẫn nở nhiệt giữa các vật liệu khác nhau là khác nhau, nên có thể gây ra nứt vỡ làm hư hỏng thiết bị;

g- Bụi, thường bám lên mặt ngoài của kính, làm giảm độ truyền qua, nhất là ở khu vực trong thành phố, gần khu công nghiệp, gần đường ô tô nhiều bụi v.v...

Để khắc phục những khó khăn này trong thị trường hiện nay có nhiều loại vật liệu có thể đáp ứng được các yêu cầu trên mà giá thành có thể chấp nhận được. Tuy nhiên ở các địa phương xa thành phố khó tìm được vật liệu như mong muốn, đôi khi phải tìm các vật liệu khác tại địa phương để thay thế.

Dưới đây chúng tôi giới thiệu các bộ phận khác nhau trong một bộ thu với vật liệu tương ứng như mô tả trên hình 9.1.1



Hình 9.1.1. Sơ đồ sử dụng vật liệu làm các bộ phận của bộ thu.

Dưới đây sẽ phân tích chi tiết việc sử dụng các loại vật liệu cấu tạo nên các bộ phận trong bộ thu phẳng.

### §9.1. Tấm dây trong suốt

Để đỡ tôn kẽm trong nhiều trường hợp (như khi sử dụng nước nhiệt độ thấp, ví dụ như ở các bể bơi), người ta chỉ cần phủ bên trên tấm hấp thụ một hoặc hai tấm chất dẻo trong suốt để giữ lại các bức xạ nhiệt (có bước sóng dài) và cho qua được tất cả bức xạ Mặt Trời. Hiện nay người ta thường dùng ba loại vật liệu trong suốt dưới đây để làm tấm dây:

#### 9.1.1. Kính xây dựng

Kính xây dựng có hai loại: trong suốt và có màu xanh. Người ta thường dùng loại trong suốt, (vì trong kính màu xanh có chứa hàm lượng oxit sắt cao, hấp thụ nhiều ánh sáng Mặt Trời). Với loại kính trong suốt chiều dày 3mm khi tia tới trùng với pháp tuyến của mặt phẳng kính sẽ cho qua 84 - 92% bức xạ Mặt Trời.

Sự bất tiện lớn nhất của kính là giòn, dễ vỡ, trọng lượng lớn gây khó khăn trong việc vận chuyển và lắp đặt. Nhưng khi đã lắp đặt xong thì nó rất bền vững, cấu trúc hoá học không bị thay đổi dưới tác động của bức xạ tử ngoại của ánh sáng Mặt Trời. Đôi khi

người ta lắp hai tấm kính để tăng cường hiệu quả hiệu ứng nhà kính và giảm tổn thất nhiệt lên phía trên, nhưng lại làm cho giá thành thiết bị cao và làm giảm hệ số tích truyền qua  $\tau_u$ . Do đó khi thiết kế các công trình cần nhiệt độ cao mới nên dùng hai lớp kính đây.

### 9.1.2. Polycarbonat

Loại vật liệu hữu cơ này có tên thương mại là "lexan" hoặc "Macrolon". Hệ số truyền qua của vật liệu này kém thua kính một ít, khoảng 83% lúc còn mới khi tia tới trùng với pháp tuyến, nhưng giảm dần theo thời gian phơi nắng. Theo đo đạc thì sau 5 năm hệ số truyền qua giảm còn 79%. Tuy nhiên, hiệu ứng nhà kính của nó tốt hơn kính, do đó nó thường được dùng để uốn thành vòm tạo thành hai vách. Mặc dù giá của vật liệu này cao nhưng có độ bền cơ tốt nên có thể cạnh tranh được với kính trong mọi cuộc thử nghiệm.

### 9.1.3. Polymethacrylat methyl

Trên thị trường loại này có nhiều tên như: thủy tinh hữu cơ, hoặc kính chống vỡ, hay kính "dị ứng" nắng. Nó có các tính chất quang học khác nhau tùy thuộc vào chuỗi cấu trúc phân tử polycarbonat. Về cơ tính vật liệu này giòn, không chịu được tải nặng, không biến dạng. Nhiệt độ làm việc có thể trên 95°C (có loại đạt tới 140°C). Vật liệu này được ưa chuộng vì giá không đắt, chịu được nhiệt độ tương đối cao và dễ uốn thành nhiều hình dạng khác nhau như bán cầu (xem mục 8.5).

### 9.1.4. Các loại tấm dầy khác

Ngoài những loại chất dẻo rắn đã được nêu ở trên, các loại phim mỏng cũng được dùng làm tấm phủ cho bộ thu như: *polytetrathalate ethyl*. Tên thương phẩm "terphan" hoặc "mylar", có độ bền cơ đặc biệt cao so với các loại chất dẻo khác, và chất *fluorur polyvinyl*, (hay tedlar). Nhưng loại vật liệu này biến chất theo thời gian. Để bảo vệ khỏi bị tác động của khí quyển người ta cho rằng có thể đặt dưới một lớp kính để làm tăng hiệu quả của nó.

Cuối cùng ở đây có thể giới thiệu hai loại vật liệu đặc biệt:

- *Polyester tăng cường sợi thủy tinh*. Loại này được khuyên nên dùng thay cho kính, vì giá rẻ hơn kính, nhưng ánh sáng phân bố rất đồng đều sau khi xuyên qua.

- *Polyethylene có khối lượng riêng bé*. Chất dẻo này không nên dùng làm tấm phủ cho các bộ thu phẳng, vì các tính chất quang và cơ tính rất kém, chóng già hoá, chỉ nên dùng làm các tấm phủ trong sản xuất nông nghiệp, vì giá rất rẻ, có thể phủ trên diện tích nhiều hecta và chỉ cần làm việc được trong một vài tháng. Các loại tấm mỏng chiều dày 59 micromet chiều rộng 12m và chiều dài hàng nghìn mét dùng để giữ ẩm cho đất

trong sản xuất rau, màu; chống rét cho mạ, và giữ ấm cho hoa vào những ngày trời rét...năng suất có thể tăng đến 50%

## §9.2. Tấm hấp thụ

Tấm hấp thụ trong bộ thu phẳng có một vai trò rất quan trọng trong việc biến sóng điện từ của bức xạ Mặt Trời thành nhiệt và truyền nhiệt này cho chất lỏng tải nhiệt. Do đó, tấm hấp thụ phải có các tính chất sau:

- hệ số hấp thụ gần bằng đơn vị;
- hệ số phát xạ đối với tia hồng ngoại phải nhỏ nhất nếu có thể được;
- hệ số dẫn nhiệt và khuếch tán nhiệt phải tốt;
- quán tính nhiệt phải bé;
- độ bền hoá học tốt, không bị chất tải nhiệt ăn mòn.

Thế hệ thứ nhất, tấm hấp thụ được làm bằng một trong ba vật liệu sau đây có phủ một lớp sơn mỏng, đen trộn với bột oxit sắt để tăng độ nhám, tăng hệ số hấp thụ và giảm hệ số phát xạ của mặt hấp thụ.

- Đồng là vật liệu tốt nhất nhưng cũng đắt nhất,
- Tôn thép thường dùng trong các lò sưởi, cũng như trong một số bộ thu làm tấm hấp thụ phát xạ của lò sưởi trung tâm,

- Nhôm, nhẹ và có độ dẫn nhiệt tốt, nhưng có những nhược điểm rất dễ nhận thấy là dễ bị ăn mòn. Đặc biệt cần phải tránh ghép nối với các loại vật liệu khác, vì như thế dễ gây ra hiệu ứng pile làm cho hệ bị phá huỷ một cách nhanh chóng.

Các chất dẻo phủ lên bề mặt các vật liệu nói trên để làm giảm khả năng bị ăn mòn, đôi khi người ta trộn thêm một ít bột cacbon đen để chống bong lớp sơn. Nhưng điều đó cũng lại làm cho khả năng dẫn và khuếch tán nhiệt giảm, làm cho nhiệt độ của nó tăng gây tổn thất nhiệt lên mặt trên lớn.

Thế hệ thứ hai của tấm hấp thụ dùng bằng các loại chất dẻo sau:

- Polypropylen là chất trơ hoá học đã được thử nghiệm ngay với clo hoà tan trong nước ở các bể bơi. Tấm hấp thụ được làm dưới dạng ống dẫn phơi nắng, trải trên mặt đất. Người ta bơm nước từ bể bơi tuần hoàn qua ống dẫn. Loại này có độ dẫn nhiệt kém nhưng được bù lại là diện tích trao đổi nhiệt lớn: trên mỗi một mét vuông bề mặt có thể rải 25m ống dẫn.

- Polyphenyloxid (P.P.O) có tên thương phẩm " Noryl" chịu được nhiệt độ 150°C, mặc dầu độ dẫn nhiệt của nó kém hơn đồng đến 1.500 lần, nhưng người ta có thể tạo được một bộ thu hoàn toàn bằng chất dẻo và hiệu suất có thể so sánh được với loại làm bằng kim loại;



- Polyamid, tên thương phẩm " rilsan" được dùng dưới dạng ống quấn theo tỷ lệ một trăm mét cho mỗi một bộ thu. Vì tính mềm của vật liệu mà người ta tìm thấy trong "noryl" giống như chất hấp thụ bằng cao su đen khi bị đóng băng không làm hỏng bộ thu. Phương pháp này người ta đã tiết kiệm được việc phá băng khi bộ thu đặt ở ngoài trời vào đêm đông, và có mối liên hệ rất chặt chẽ với quá trình trao đổi nhiệt. Loại vật liệu này có độ dẫn nhiệt kém so với các loại đã nói trước đây.

Hiện nay người ta chưa biết nhiều về chất dẻo không được sơn chất hấp thụ chọn lọc. Một loại màng mỏng chọn lọc có tên thương phẩm "Maxorg" có thể dán lên một mặt bất kỳ để làm tấm hấp thụ.

Để cải thiện khả năng hấp thụ bức xạ người ta có thể phủ lên mặt tấm hấp thụ một lớp mỏng oxit hoặc sulfur với các phương pháp xử lý hoá học khác nhau. Ví dụ tạo lớp oxit nikel (đầu tiên tạo một lớp nickel sạch dày 13 micromet trên đế silicon, sau đó phủ lên một lớp oxit dày 0,3 micromet). Các tính chất của vài bề mặt chọn lọc được cho trong bảng 9.2.1.

**Bảng 9.2.1**

Chất	Hệ số hấp thụ	Hệ số phát xạ	Chất	Hệ số hấp thụ	Hệ số phát xạ
Crôm đen	0,95 - 0,97	0,09 - 0,13	Oxit đồng	0,85	0,10
Oxit sắt	0,85	0,12	Sulfur-nikel và		
Maxorb	0,97	0,09	sulfur-kẽm	9,95	0,07

### §9.3. Chất cách nhiệt

Chất cách nhiệt đóng một vai trò rất quan trọng trong các ứng dụng nhiệt năng lượng Mặt Trời. Giống như các chất hấp thụ, nó vừa hạn chế được tổn thất nhiệt, vừa giữ được nhiệt lượng trong các ống dẫn nhiệt, trong các bình tích trữ nhiệt...

Người ta có thể chia các chất cách nhiệt ra làm ba loại: khoáng chất, thực vật và chất dẻo. Vấn đề là, trong mọi trường hợp các chất phải có khối lượng riêng nhỏ, có tích được không khí trong các khe trống của các sợi, hoặc bọt bóng.

#### 9.3.1. Các chất cách nhiệt khoáng chất

-Đá bọt là một loại đá sản phẩm của núi lửa ở Nam Mỹ, rắn và chứa rất nhiều bọt khí. Trên thị trường thường bán để làm đá kỳ, hoặc đá mài, đôi khi người ta còn dùng làm chất cách nhiệt.

- *Sợi thủy tinh* có dạng sợi rất mảnh trong thương phẩm có nhiều dạng: tấm phẳng, cuộn tròn, được bọc trong thạch cao v.v... Độ dẫn nhiệt của nó thay đổi từ  $0,034\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ở  $0^\circ\text{C}$  đến  $0,053\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ở  $290^\circ\text{C}$ . Đó là loại vật liệu khá hiệu quả, nhưng quá khó chịu khi thao tác bằng tay vì những kim thủy tinh tự bay ra và bám vào người. Cần phải tránh không được sơn làm mất đi tính cách nhiệt của nó;

- *Vermiculit* hoặc còn gọi là *mica co dẫn* (hệ số dẫn nhiệt  $\lambda = 0,12 - 0,6\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) thường được tạo thành dạng hạt, rất nhẹ thuận tiện khi nhét đầy vào mọi không gian cách nhiệt.

Ba chất cách nhiệt khoáng chất này là loại tự nhiên, không cháy và không bị thoái hoá vì nhiệt.

### 9.3.2. Chất cách nhiệt thực vật hữu cơ

- *Gỗ khô*, ( $\lambda = 0,13$  đến  $0,4\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  tùy theo bản chất và phương truyền nhiệt). Gỗ là chất cách nhiệt mà cũng là một loại vật liệu xây dựng. Gỗ dùng làm chất cách nhiệt thường được chế tạo dưới dạng sợi dính kết ( $\lambda = 0,05$  đến  $0,1\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ). Đặc biệt gỗ liège, hay gỗ cây điên thanh không thể làm vật liệu xây dựng mà chỉ dùng làm chất cách nhiệt với giá khá rẻ.

- *Mùn cưa*, ( $\lambda = 0,11\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) nói chung không tốn kém nhưng có hai điều bất tiện là chất dễ cháy và độ dẫn nhiệt rất cao khi nóng, nên không thích hợp cho việc dùng làm chất cách nhiệt.

- Các loại tro thực vật rất dồi dào ở các nước nhiệt đới, đặc biệt là rơm, rạ là nguồn nhiên liệu chính dùng đun nấu trong các gia đình ở nông thôn, cho rất nhiều tro. Đây là chất cách nhiệt không mất tiền mua, nhẹ và an toàn.

### 9.3.3. Chất cách nhiệt hữu cơ tổng hợp

Nói chung, các vật liệu thuộc loại này như đã nói trước đây, ưu điểm của chúng là không gây cảm giác khó chịu cho con người, và điều bất lợi là nó giải phóng ra khí độc khi bị hoá hoạn. Vì vậy không nên dùng, hoặc nếu dùng thì cần phải hạn chế bằng cách bọc ngoài bằng một lớp sợi khoáng hoặc nhôm. Các chất dẻo, có độ dẫn nhiệt kém. Người ta có thể làm thay đổi tính dẫn nhiệt của nó bằng cách tạo bọt khí khi đông rắn để thành mút, và được gọi là *mút phenol* ( $\lambda = 0,044\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) và *mút clorua-polyvinil* ( $\lambda = 0,033\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).

- *Mút polyurethan* là một sản phẩm công nghiệp, nhờ phản ứng của rất nhiều chất khác nhau: isocyanat, nước, chất nhũ hoá, chất ổn định, freon, v.v... phản ứng tạo ra khí cacbonic trong quá trình đông rắn và tạo thành những bọt khí nhỏ, phân bố đều khắp trong toàn bộ khối thể tích. Tùy theo tỷ lệ thành phần mà người ta nhận được hai loại mút có trọng lượng riêng khác nhau: polyurethan có tỷ trọng lớn ( $d = 0,6$ ), đủ cứng

dùng để làm thành hộp của bộ thu vừa nhẹ, vừa cách nhiệt tốt ( $\lambda = 0,08\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ). Loại khác có tỷ trọng nhỏ ( $d=0,03$ ), rất giòn, có độ cách nhiệt tốt hơn ( $\lambda = 0,025\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ). Người ta có thể phun trực tiếp polyurethan lỏng vào các khoảng trống giữa các thành vách cách nhiệt sau khi đông rắn sẽ tạo ra mút định hình trong khoảng không gian này.

- *Polystyren co dãn (xốp bọt biển)* là một chất rắn màu trắng, rất nhẹ và dòn dùng để đóng gói dưới nhiều hình dạng khác nhau: tấm, hộp, hạt... Tính dẫn nhiệt của vật liệu này kém thua một ít so với polyurêthane ( $\lambda = 0,04\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), nhưng lại rẻ hơn. Nhiệt độ "thăng hoa" khoảng  $90^\circ\text{C}$ . Loại này có thể dùng phun vào giữa hai tấm kính để tạo thành những bức tường lớn cách nhiệt cho những ngôi nhà ở xứ rét mùa đông.

- Cuối cùng cũng cần đề cập đến *nhôm*, tuy nó là loại vật liệu có độ dẫn nhiệt tốt ( $\lambda = 230\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), nhưng nó cũng trở thành "cách nhiệt" khi tạo ra những lá rất mỏng trên màng đế chất dẻo. Loại này có hệ số phản xạ cực tốt ( $\rho = 0,95$ ), được dùng để quấn chung quanh các vách nóng, vừa tránh nguy hiểm cho con người khi chạm phải, vừa làm giảm tổn thất nhiệt do bức xạ. Độ dẫn nhiệt ở đây không cần quan tâm nhiều vì chiều dày của lớp nhôm chỉ vào khoảng vài micromet.

Chúng ta cũng cần nhắc lại rằng, sự cách nhiệt tốt nhất không phải là một chất nào đó mà là chẳng có chất nào cả, đó là *chân không*. Chân không là loại cách nhiệt khá đắt nhưng rất có hiệu quả. Nó thường được dùng trong các bộ thu có công suất cao, như các bộ thu hội tụ (xem mục 4.7).

## §9.4. Chất tải nhiệt

Chất tải nhiệt có chức năng vận chuyển nhiệt từ tấm hấp thụ đến nơi sử dụng hoặc bình tích nhiệt. Người ta có thể dùng ba chất tải nhiệt chính sau đây.

### 9.4.1. Không khí

Không khí rõ ràng có ưu điểm là rất dồi dào và không mất tiền. Một điều bất lợi cơ bản là nhiệt dung riêng của nó quá bé. Cần phải dùng 3.000 lít không khí để vận chuyển năng lượng của một lít nước. Để có một công suất có ý nghĩa cần phải dùng một thể tích không khí rất lớn. Điều đó dẫn tới các đường ống và bộ trao đổi nhiệt có kích thước phải lớn. Một ưu điểm so với nước là không sợ bị rò và han gỉ thiết bị, nhưng lại phải dùng quạt công suất lớn và gây tiếng ồn to hơn một máy bơm nước tuần hoàn.

### 9.4.2. Nước

Nước không chỉ là chất rẻ tiền mà còn có những tính chất vật lý của một chất lỏng tải nhiệt tuyệt vời: nhiệt dung riêng của nó không có gì sánh kịp, khối lượng riêng và độ nhớt bé. Tuy nhiên, nước cũng có một số vấn đề khi hoạt động ở nhiệt độ tới hạn như: có nguy cơ đóng băng khi đặt ở ngoài trời trong đêm đông. Nhưng có thể khắc phục bằng cách dùng các chất hấp thụ mềm (caosu, noryl, rilsan,...), hoặc bằng cách đưa

vào chất hấp thụ phủ lên kim loại, hay ống chất dẻo chứa dây không khí để khử bỏ sự dẫn nở trong lúc chuyển pha từ nước thành băng. Khi ở nhiệt độ quá cao nước có thể sôi làm tăng áp suất. Các hiện tượng này có thể khống chế được với điều kiện phòng ngừa bằng cách giảm áp suất của hệ.

Nước ở nhiệt độ trên  $80^{\circ}\text{C}$  có thể gây ra sự lắng đọng calci trong các đường ống dẫn. Cuối cùng là độ dẫn điện của nước tương đối quan trọng, dễ gây ra sự ăn mòn điện phân đối với các kim loại, đặc biệt là nhôm.

#### **9.4.3. Các chất giloterm**

Đó là những chất lỏng hữu cơ có gốc polyphenyl hydro hoặc hydrocacbua thẳng, tồn tại với hàng chục loại khác nhau. Dưới đây là ba loại có khả năng đáp ứng trong sử dụng năng lượng Mặt Trời:

HVS 13 đối với thang nhiệt độ trong khoảng từ  $-25^{\circ}\text{C}$  đến  $+180^{\circ}\text{C}$

ADX 10 đối với thang nhiệt độ trong khoảng từ  $-50^{\circ}\text{C}$  đến  $+260^{\circ}\text{C}$

TH đối với thang nhiệt độ trong khoảng từ  $0^{\circ}\text{C}$  đến  $+340^{\circ}\text{C}$ .

Loại chất tải nhiệt đặc biệt đã được dùng tại trung tâm năng lượng Mặt Trời ở Odeillo thuộc Cộng Hoà Pháp, đã khắc phục được các nhược điểm của nước, loại bỏ được hiện tượng đóng băng, hiện tượng sôi, ăn mòn kim loại, và đóng cặn. Nhưng chúng lại ăn mòn các chất dẻo ở nhiệt độ bắt đầu từ  $60^{\circ}\text{C}$ . Nhưng khi sử dụng chất này người ta phải loại bỏ dấu vết của nước hoặc không khí trong các kênh dẫn để tránh sự làm hư hại của chúng.

Nhiệt dung riêng của chất này chỉ vào khoảng  $0,5\text{kcal/kg/K}$ . Độ nhớt thấp, các thông số còn lại đều cao hơn so với nước. Đó là một chất rất "thấm ướt" nên dễ gây ra sự rò rỉ. Hơn thế nữa nó còn là chất dễ cháy ở nhiệt độ cao.

## Chương 10

### ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA MỘT THIẾT BỊ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG NHIỆT MẶT TRỜI

Khi ứng dụng năng lượng Mặt Trời ngay tức thì mọi người vấp phải một nghịch lý về một thứ năng lượng đồng thời vừa được dùng "miễn phí" lại "vừa đắt". Bởi vì năng lượng Mặt Trời được dùng miễn phí nếu các sản phẩm phơi trực tiếp dưới nắng Mặt Trời, hoặc các gia đình ở phía bắc bán cầu nơi vĩ độ cao, nhà được quay về hướng nam thì về mùa đông năng lượng Mặt Trời sưởi ấm mà không cần phải lắp đặt một thiết bị nào, và cũng không phải trả tiền chi phí nhiên liệu. Lý lẽ của những người cho là "đắt" là thiết bị thu năng lượng thường giá cả còn khá cao; năng lượng Mặt Trời không được cung cấp thường xuyên nên khi muốn được sử dụng thường xuyên thì phải trang bị thêm thiết bị trợ giúp; việc chọn chỗ lắp đặt thiết bị cho phù hợp với kiến trúc của một ngôi nhà đã có sẵn, thường gặp những khó khăn nhất định; thiết bị thường phải đặt ở ngoài trời nên việc duy trì bảo dưỡng có phức tạp hơn và làm cho tuổi thọ của thiết bị giảm v.v...

Vì vậy, để tránh việc đánh giá một cách cảm tính trong chương này chúng ta sẽ trình bày một nguyên tắc khảo sát đánh giá về mặt kinh tế và minh họa bằng những ví dụ để làm sáng tỏ những vấn đề đã nêu ở trên.

#### §10.1. Một vài định nghĩa

Giả sử gọi  $C$  là tổng chi phí để lắp đặt một thiết bị sưởi bằng năng lượng Mặt Trời, và  $s$  là tổng số tiền hy vọng tiết kiệm được ngân sách trong một năm nhờ sử dụng thiết bị này.

- Thời gian khấu hao của thiết bị có thể được đánh giá bằng số năm sử dụng

$$n = \frac{C}{s} \quad (10.1.1)$$

Như vậy, nếu thiết bị sử dụng được  $n$  năm thì tổng số tiền tiết kiệm được trong  $n$  năm sẽ bằng tổng vốn đầu tư.

- Khả năng sinh lợi của quá trình hoạt động là số nghịch đảo của số  $n$

$$R = \frac{1}{n} \quad (10.1.2)$$

Ví dụ. Để lắp đặt một thiết bị phải đầu tư 4.000.000đ, mỗi năm tiết kiệm được 400.000đ tiền mua nhiên liệu, thì khả năng sinh lợi là 1/10, tức là 10%.

Hiển nhiên là việc sinh lợi được duy trì trong khoảng thời gian phải ngắn hơn tuổi thọ của thiết bị. Nếu gọi tuổi thọ của thiết bị là  $v$  năm thì người ta định nghĩa *chỉ số sinh lợi* là tỷ số của tổng số tiền tiết kiệm được với tổng vốn đầu tư

$$r = \frac{v.S}{C} \quad (10.1.3)$$

Nếu  $r > 1$  thì *thiết bị hoạt động có sinh lợi*.

Tất cả các định nghĩa trên rất đơn giản, chỉ dùng để đánh giá nhanh, nhưng chưa tính đến hai yếu tố quan trọng đó là:

a- *Yếu tố bất lợi* khi quyết định đầu tư: bị mất đi tiền lãi do số tiền đầu tư  $S$  đã không được gửi vào ngân hàng.

b- *Yếu tố thuận lợi* lúc quyết định đầu tư : khả năng tăng giá nhiên liệu trong tương lai.

Để đánh giá một cách chính xác nhất khả năng sinh lợi do tiết kiệm nhờ sử dụng thiết bị thu năng lượng Mặt Trời, ta hãy so sánh tổng vốn thực dự định đầu tư ở thời điểm hiện tại với vốn có tính đến các yếu tố thuận lợi và bất lợi trong tương lai, nhưng cũng được coi là *giá trị hiện tại* để tính cho từng năm theo phương pháp *hiện tại hoá* như dưới đây.

## §10.2. Công nhận phương pháp tính lãi suất theo hiện tại hoá

Trước hết chúng ta chỉ xét với yếu tố bất lợi (a) như sau: Tổng giá trị mà thiết bị tiết kiệm được hàng năm phải bằng giá trị khấu hao theo từng năm, và tiền gửi tiết kiệm ở ngân hàng có giá trị  $s_1$  phải nhỏ hơn  $s$ , nhưng lại bằng  $s$  ở năm tiếp theo. Có nghĩa là, nếu gọi  $\tau$  là lãi suất tiền gửi ngân hàng trong một năm, thì ở năm tiếp theo  $s_1$  sẽ trở thành

$$s_1 + \tau s_1 = s_1(1 + \tau) = s, \quad \text{từ đó } s_1 = \frac{s}{1 + \tau}, \quad (10.2.1)$$

như vậy  $s_1$  được gọi là *giá trị hiện tại* của tổng  $s$  có được trong một năm. Cũng tương tự, giá trị hiện tại của tổng giá trị  $s$  có được trong  $n$  năm là:

$$s_n = \frac{s}{(1 + \tau)^n} \quad (10.2.2)$$

Người ta thấy rằng giá trị hiện tại của tổng lợi nhuận sẽ có được trong n năm là

$$G_n = \frac{s}{1+\tau} + \frac{s}{(1+\tau)^2} + \frac{s}{(1+\tau)^3} + \dots + \frac{s}{(1+\tau)^n} \quad (10.2.3)$$

Khi đặt  $x = \frac{s}{1+\tau}$  thì phương trình (10.2.3) sẽ có dạng

$$G_n = s.x(1 + x + x^2 + x^3 + \dots + x^{n-1}) \quad (10.2.4)$$

Để rút gọn ta có thể nhân và chia  $(1-x)$  cho từng số hạng trong móc đơn ở vế phải của phương trình (10.2.4) ta sẽ được phương trình sau

$$G_n = s(x \cdot \frac{1-x^n}{1-x}) \quad (10.2.5)$$

Vậy thiết bị hoạt động suốt trong thời gian n năm sẽ được hoàn vốn, tức là

$$G_n = C \quad (10.2.6)$$

### §10.3. Công nhận sự tăng giá nhiên liệu với khái niệm hiện tại hoá

Mọi thứ giá cả trên thị trường luôn luôn tăng, nên nhiên liệu cũng không nằm ngoài quy luật đó. Nguyên nhân chính là do hiện tượng lạm phát tác động lên nền kinh tế nói chung, thêm vào đó các nguồn nhiên liệu hoá thạch ngày càng khan hiếm, hoặc các nguồn tài nguyên khai thác ngày càng sâu trong lòng đất và càng xa bờ biển nên giá thành ngày càng cao. Đó là điều tất nhiên.

Nếu gọi c là tỷ suất sinh lợi hàng năm do giá nhiên liệu tăng (giả thiết  $c = \text{const.}$ ) tính trên số tiền tiết kiệm được nhờ sử dụng thiết bị Mặt Trời. Thì tổng số tiết kiệm được trong một năm sẽ là:  $s(1+c)$ , trong hai năm:  $s(1+c)^2$  v.v..., và n năm:  $s(1+c)^n$ .

Tính lợi ích do thiết bị tiết kiệm được bằng tiền theo giá trị hiện tại trong suốt thời gian khai thác đến năm thứ n, ta có thể nhận được giá trị sau:

$$s_n = s \left( \frac{1+c}{1+\tau} \right)^n \quad (10.3.1)$$

Thay (10.3.1) vào (10.2.1) với việc đặt  $x = \frac{1+c}{1+\tau}$  và dùng các công thức (10.2.5), (10.2.6) để tính tuổi thọ (hay thời gian hoàn vốn) của thiết bị.

Người ta cũng nhận thấy, nói chung về khái niệm hiện tại hoá theo định nghĩa trên (10.3.1) mà ta gọi là x, một số người thì quan tâm hơn đến yếu tố thuận lợi (khi đầu tư), tức là quan tâm đến tử số, một số khác lại chú ý đến yếu tố bất lợi (khi đầu tư), quan

tâm đến mẫu số, do hiện tượng lạm phát. (Đĩ nhiên, trong trường hợp thực tế khi  $c = \tau$  ta có  $x = 1$ . Cả hai thừa số sẽ bù trừ cho nhau).

Chỉ số sinh lợi của thiết bị trong trường hợp này cũng còn được gọi là *giá trị hiện tại bằng đồng vốn đầu tư*. Bây giờ ta có thể viết

$$r = \frac{s}{C} \left( x \frac{1-x^v}{1-x} \right) \quad (10.3.2)$$

Trong đó  $v$  là thời gian dự đoán thiết bị còn có thể tiếp tục khai thác được.

Trong các ví dụ dưới đây người ta dùng công thức (10.3.2) thay cho công thức (10.1.4).

#### §10.4. Các ví dụ cụ thể

Vì ở nước ta chưa có gia đình nào lắp đặt một hệ thống sử dụng năng lượng Mặt Trời quy mô đủ lớn và có thống kê một các đầy đủ năng lượng tiêu thụ, nên các ví dụ dưới đây chúng tôi lấy theo số liệu thực của nước ngoài để minh họa cho tính toán lý thuyết ở trên.

*Ví dụ I.* Một ngôi nhà mới được lắp đặt một hệ điều hòa và hệ làm lạnh bằng năng lượng Mặt Trời có bổ sung năng lượng điện. Bảng 10.4.1 dưới đây thống kê năng lượng tiêu thụ đã sử dụng trong một năm cho thiết bị điều hoà không khí, và số tiền đã trả cho số điện tiêu thụ này.

Bảng 10.4.1

	Năng lượng tiêu thụ (kWh)	Giá đơn vị kể cả thuế VTG (đồng Franc pháp)	Thành tiền (đồng Franc pháp)
Ước tính lượng điện tiêu thụ trong năm	Ngày 24.000	0,225	5.400
	Đêm 12.000	0,135	1.620
	Tiền thuê công-tơ		1.350
	Tổng cộng: 36.000		8.370
Điện tiêu thụ thực khi có các thiết bị Mặt Trời	Ngày 5.700	0,225	1.508
	Đêm 3.800	0,135	512
	Tiền thuê côngtơ		1.350
	Tổng cộng: 10.500		3.370
Tiết kiệm trong năm	25.500kWh	$s = 8.370 - 3.370 = 5.000\text{FF}$	



Giá đơn vị điện (kWh) dùng trong ví dụ là giá thực trên thị trường tại thời điểm tính toán, có tính đến thuế giá trị gia tăng, khuyến khích thay đổi theo giờ dùng điện cao điểm hay thấp điểm.

1- *Tính tiết kiệm theo cách tính cơ sở:*

- Thời gian hoàn vốn:  $n = C/s = 20.000/5.000 = 4$  năm

- Chỉ số sinh lợi:  $R = s/C = 5.000/20.000 = 0,25 = 25\%$

2- *Phương pháp tính theo hiện tại hoá:*

Giả thiết số tiền đầu tư trên được gửi vào ngân hàng với lãi suất 10% ( $\tau = 0,10$ ) chưa có thuế VAT, và cũng giả thiết là giá cả tăng trong năm là 3% ( $c = 0,03$ ).

Tuổi thọ  $n$  có thể tính theo các phương trình (9.2.4) và (9.2.5). Có nghĩa là:

$$s \left( x \frac{1-x}{1-x} \right) = C \text{ với } x = \frac{1+c}{1+\tau}$$

Thay số vào các công thức trên, ta được

$$5.000 \left( 0,93636 \frac{1-0,93636^n}{1-0,93636} \right) = 20.000$$

Từ đó rút ra:  $0,93636^n = 0,72814$

$$n = \frac{\lg 0,72814}{\lg 0,93636} = 4,8 \text{ năm}$$

và chỉ số sinh lợi:  $R = 1/4,8 \sim 20\%$

Từ đó cho thấy kết quả của hai cách tính khác nhau là khác nhau, từ 25% với cách tính đơn giản sụt xuống còn 20% theo cách tính hiện tại hoá. Trong thực tế tuổi thọ của các thiết bị năng lượng Mặt Trời thường trên 10 năm. Vì vậy nên thiết bị Mặt Trời có khả năng sinh lợi rất cao.

**Ví dụ 2.** Bây giờ ta xét một ngôi nhà khi sử dụng Mặt Trời đun nước nóng dùng để sưởi ấm gia đình với ba phương án khác nhau:

(A) 33m<sup>2</sup> bộ thu phẳng với bể tích trữ nhiệt 4m<sup>3</sup>,

(B) 33m<sup>2</sup> bộ thu phẳng với bể tích trữ nhiệt 40m<sup>3</sup>,

(C) 25m<sup>2</sup> bộ thu phẳng với bể tích trữ nhiệt 4m<sup>3</sup>.

Thiết bị sưởi bằng nhiên liệu được thực hiện theo ba cách: đun nóng ở phía đáy, với hiệu suất lò đun là 80%, giá đơn vị nhiên liệu tại thời điểm tính là 0,221FF.

Về tiết kiệm cho thiết bị lò sưởi như đã được tính toán ở trên, ở đây chúng ta thêm vào 2.000 đơn vị nhiệt phụ thêm để đun nước nóng cho các bộ sưởi vào mùa xuân

cho tất cả ba phương án. Ở đây cho thấy khi tính toán theo phương pháp quy đổi về thời điểm hiện tại các yếu tố thuận lợi và bất lợi cho ta một kết quả khá lý thú, là ở cả ba phương án đều cho thời gian hoàn vốn ngắn hơn, do đó hiệu quả sinh lợi lớn hơn so với việc chỉ dùng phương pháp tính đơn giản. Các số liệu và kết quả tính toán nhận được thể hiện trong bảng 10.4.2.

**Bảng 10.4.2**

	A		B		C	
	Đơn vị nhiệt	Franc Pháp	Đơn vị nhiệt	Franc Pháp	Đơn vị nhiệt	Franc Pháp
<u>Tiết kiệm hàng năm</u>						
- sưởi	8.570		9.370		7.475	
- đun nước nóng	<u>2.000</u>		<u>2.000</u>		<u>2.000</u>	
tổng cộng	10.570	s=2.230	11.357	s=2.390	9.475	s=1.999
<u>Vốn đầu tư:</u>						
- bộ thu		33.000		33.000		25.000
- thùng tích nhiệt		5.000		22.000		5.000
- bộ điều chỉnh, các vật liệu khác		5.300		5.300		4.200
Tổng cộng: S =		43.300		60.300		34.200
<u>Tính tiết kiệm theo cách tính cơ sở</u>						
-thời gian thu hồi vốn: n=	19 năm		25 năm		17 năm	
- khả năng sinh lợi: R=	5,2%		4,0%		5,8%	
<u>Tính theo cách tính hiện tại hoá</u>						
- với $\tau = 0.10$ (như trên) và $c = 0.15$ (giá nhiên liệu tăng 15%/năm):	n = R =	14 năm 7,2%	17 năm 5,8%	12,5 năm 8,0%		
- với $c = 0.30$ (giá nhiên liệu tăng 30%/năm):	n = R =	8,3 năm 12,1%	9,5 năm 10,5%	8,0 năm 12,5%		

## §10.5. Một vài phương pháp khác tính hiệu quả kinh tế của thiết bị ứng dụng năng lượng Mặt Trời

### 10.5.1. Phương pháp tổng quát

Có thể coi hiệu quả kinh tế  $\xi$  của một thiết bị sử dụng năng lượng Mặt Trời (ví dụ thiết bị đun nước nóng) là một hàm phụ thuộc vào nhiều yếu tố được mô tả bằng phương trình dưới đây

$$\xi = f[H, (\tau\alpha), A, \eta, C, \zeta, \varphi, b, c, \tau] \quad (10.5.1)$$

trong đó: H - cường độ bức xạ trung bình trong năm ở nơi đặt thiết bị;

$(\tau\alpha)$  - hệ số tích truyền qua và hấp thụ của vật liệu chế tạo thiết bị;

A - diện tích (kích thước) của bộ thu;

$\eta$  - hiệu suất của bộ thu;

C - vốn đầu tư ban đầu và tiền bảo dưỡng thiết bị;

$\zeta$  - hệ số sử dụng nước nóng của thiết bị;

$\varphi$  - vĩ tuyến của địa phương nơi đặt thiết bị sử dụng nước nóng;

b - giá nhiên liệu cạnh tranh của địa phương;

c - tỉ lệ lạm phát của quốc gia;

$\tau$  - lãi suất tiết kiệm tiền gửi ngân hàng.

Giả sử giá trị sinh lợi của thiết bị trong thời gian sử dụng thiết bị N năm là S, và giá trị sinh lợi của thiết bị hàng năm là s thì ta có

$$S = sN \quad (10.5.2)$$

Nếu gọi  $Q_n$  là lượng bức xạ hiệu dụng mà thiết bị thực sự nhận được trên một đơn vị diện tích trong năm và quy đổi thành giá nhiên liệu cạnh tranh, với thời gian sử dụng thiết bị N năm, ta lại có

$$S = A \eta \zeta Q_n N \quad (10.5.3)$$

Điều kiện để thiết bị hoạt động có hiệu quả kinh tế là  $S > C$  hay

$$A \eta \zeta Q_n N > C \quad (10.5.4)$$

$$\text{Từ đó suy ra} \quad \eta > \frac{C}{A \zeta Q_n N} \cdot 100\% \quad (10.5.5)$$

Để thoả mãn được bất phương trình (10.5.5) ta thấy nếu giá trị hiệu suất  $\eta$  của thiết bị là không đổi thì vế phải của phương trình phải đảm bảo sao cho:  $C/A$  - giá trị đầu

tư cho một đơn vị diện tích bộ thu phải đủ nhỏ; năng lượng bức xạ hiệu dụng do bộ thu nhận được phải đủ lớn; giá nhiên liệu cạnh tranh cao và thời gian sử dụng thiết bị đủ lớn.

Hệ thức (10.5.5) là một hệ thức cơ bản để phân tích đánh giá hiệu quả kinh tế của thiết bị, tuy chưa đề cập đến lợi ích của bảo vệ môi trường và chưa bao gồm hiệu: tương lạm phát -  $c$  (yếu tố thuận lợi), cũng như lãi suất tiền gửi tiết kiệm -  $\tau$  (yếu tố bất lợi). Nếu đánh giá hiệu quả kinh tế có tính đến cả các yếu tố thuận lợi và bất lợi thì người ta đã đề nghị viết lại phương trình (10.5.5) như sau

$$\eta > \frac{C[1 - (\frac{1+c}{1+\tau})]}{Q\zeta Ab(\frac{1+c}{1+\tau})[1 - (\frac{1+c}{1+\tau})^r]} - 100\% \quad (10.5.6)$$

Khi đặt

$$f = \frac{1 - (\frac{1+c}{1+\tau})}{(\frac{1+c}{1+\tau})[1 - (\frac{1+c}{1+\tau})^r]} \quad (10.5.7)$$

thì phương trình (10.5.6) trở thành

$$\eta > \frac{Cf}{Q\zeta Ab} \cdot 100\% \quad (10.5.8)$$

Ta thấy khi cho  $\tau \rightarrow c$  thì từ (10.5.8), ta nhận được  $f = 1/N$ , trở về hệ thức cơ bản (10.5.5).

### 10.5.2. Phương pháp tính toán dựa trên cân bằng giữa tổng chi phí và tổng giá trị sinh lợi

Nếu gọi  $C$  là vốn đầu tư cho một đơn vị diện tích bộ thu;  $p$ - chi phí vận hành bảo dưỡng hàng năm, tính theo tỉ lệ phần trăm của vốn đầu tư;  $n$  - số năm đã hoạt động của thiết bị;  $\tau$  - lãi suất ngân hàng tính theo năm, và  $c$ - chỉ số lạm phát hàng năm thì người ta đã xây dựng được các phương trình dưới đây để tính tổng chi phí và tổng giá trị sinh lợi theo năm sử dụng

- Tổng chi phí đầu tư và sử dụng thiết bị trong  $n$  năm

$$Z = C[1 + p \sum_{i=1}^n (\frac{1+c}{1+\tau})^i] \quad (10.5.9)$$

- Tổng giá trị sinh lợi của thiết bị trong thời gian tương ứng

$$S = Q \eta \zeta b \sum_{t=1}^n \left( \frac{1+c}{1+\tau} \right)^t \quad (10.5.10)$$

trong đó: Q- bức xạ tổng xạ trung bình trong năm, kWh/m<sup>2</sup>;

$\eta$  - hiệu suất của thiết bị;

$\zeta$  - hệ số sử dụng nước nóng;

b - giá đơn vị năng lượng.

Để tính cân bằng giữa tổng chi phí Z và tổng giá trị sinh lợi S, ta tính tổng các thừa số trong các phương trình (10.5.9) và (10.5.10) với các giá trị của t chạy từ 1 đến n cho đến khi  $S \geq Z$ , khi đó n chính là số năm hoàn vốn của thiết bị. Nếu  $n > N$  (tuổi thọ của thiết bị) thì thiết bị sẽ có hiệu quả kinh tế. Ngược lại, nếu  $n < N$  thì không có hiệu quả kinh tế. Từ các phương trình (10.5.9) và (10.5.10) ta có thể tính được thời gian thu hồi vốn và tiền lãi thu được khi sử dụng hết tuổi thọ của thiết bị

$$U = S - Z \quad (10.5.11)$$

**Ví dụ 3** Tính thời gian thu hồi vốn đầu tư cho một thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng Mặt Trời cho một gia đình, không có bộ đun phụ, được đặt ở Hà Nội, với các số liệu cho như sau:

- diện tích bộ thu	3m <sup>2</sup>
- hiệu suất thiết bị	0,52
- hiệu suất sử dụng nước nóng ở Hà nội	0,75
- vốn đầu tư ban đầu	2,150 triệu Đ/m <sup>2</sup>
- chi phí bảo dưỡng thiết bị hàng năm (dự tính)	5% (theo vốn đầu tư)
- giá điện tính theo giá tiêu thụ trên 150kWh/tháng	1.210 Đ/kWh
- lãi suất tiết kiệm ngân hàng	7%/năm
- trong thời gian sử dụng có lạm phát	4%/năm.
- tuổi thọ của thiết bị dự kiến	10 năm

**Giải.** Áp dụng các công thức (10.5.9), (10.5.10) và (10.5.11) và các dữ liệu đầu bài đã cho (lấy đơn vị tính nghìn đồng) ta có:

- vốn đầu tư ban đầu:	$C = 2.150N/m^2 \times 3m^2 =$	6.450N
- cường độ bức xạ ở Hà Nội, tra bảng 1.6.1 ta có Q =		1.427kWh/n
- đặt	$X = \left( \frac{1+c}{1+\tau} \right)^t = \left( \frac{1+0,03}{1+0,07} \right)^t =$	(0,9626) <sup>t</sup>

- đặt 
$$Y = 1 + p \sum_{t=1}^n x^t = 1 + 0,05 \sum_{t=1}^n (0,9626)^t$$

- đặt 
$$M = Q \eta \zeta b = 1.427 \times 0,52 \times 0,75 \times 1,210 = 2.020,2N$$

Lập bảng tính từ năm thứ nhất đến năm thứ 10

Thông số	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 10
$x^t$	0,9626	0,96266	0,8919	0,8586	0,8265	0,6831
$\sum_{t=1}^n x^t$	0,9626	1,8892	2,7811	3,6397	4,4662	8,1575
$Y = (1 + 0,05 \sum_{t=1}^n x^t)$	1,012	1,094	1,139	1,182	1,223	1,4078
$Z = CY = 6450Y(N)$	6.527,4	7.056,3	7.346,5	7.623,9	7.888,3	9.080,3
$S = M \sum_{t=1}^n x^t (N)$	1.871,9	3.816,6	5.618,4	7.352,9	9.022,6	16.479,8
$U = S - Z(N)$	-4.655,5	-3.240,	-1.628,	+374,0	+1.132,	+7.399,5
$R = 1/n = 1/4 = 0,25$						

Kết quả tính toán cho thấy nhờ tiết kiệm năng lượng do việc không dùng điện nên đến năm thứ tư thiết bị đã hoàn đủ vốn đầu tư và bắt đầu sinh lãi được 340 nghìn đồng, chỉ số sinh lợi  $R=0,25$ . Khi thiết bị làm việc đến hết tuổi thọ sẽ cho lãi là 7 triệu 399,5 nghìn đồng nhờ sử dụng thiết bị năng lượng Mặt Trời. Qua ví dụ trên cho thấy khả năng sinh lợi của thiết bị sử dụng năng lượng Mặt Trời là hiển nhiên, có luận cứ khoa học chứ không phải đánh giá bằng cảm tính.

## §10.6. Một vài yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng sinh lợi của thiết bị

### 10.6.1. Ảnh hưởng của thời tiết

Thực tế cho thấy rằng một thiết bị ứng dụng năng lượng Mặt Trời cho trước thì đặt ở nơi này sẽ có khả năng sinh lợi tốt hơn là đặt nó ở một nơi khác. Thật vậy, từ phương trình (10.5.3) ta thấy giá trị sinh lợi  $S$  tỷ lệ với cường độ bức xạ tổng xạ  $Q$ , do đó thiết bị được đặt ở những nơi có giá trị cường độ bức xạ và tổng số giờ nắng trong năm lớn thì giá trị sinh lợi sẽ lớn, thời gian thu hồi vốn sẽ được rút ngắn, và ngược lại. Hiển

nhiên là khi thời tiết tốt thì hiệu quả của các thiết bị sử dụng năng lượng Mặt Trời là tốt nhất. Rõ ràng một thiết bị có khả năng sinh lợi lớn nhất khi mùa đông đủ lạnh và có thời tiết tốt. Ví dụ, một thiết bị đun nước nóng đặt ở Đà Lạt có khả năng sinh lợi cao hơn khi đặt nó ở Đà Nẵng, vì cường độ bức xạ cũng như hệ số sử dụng nước nóng Đà Lạt cao hơn ở Đà Nẵng (xem bảng 1.6.1).

### **10.6.2. Ảnh hưởng của vị trí địa lý**

Như ta đã biết ở vĩ tuyến càng cao thì nhiệt độ không khí càng thấp, nhu cầu sưởi ấm và dùng nước nóng càng nhiều, nên hệ số sử dụng sản phẩm từ các thiết bị Mặt Trời như: thiết bị đun nước nóng và sưởi ấm cho gia đình càng nhiều. Ví dụ, về mùa đông khả năng sinh lợi của thiết bị ở Hà Nội cao hơn ở Đà Nẵng, vì hệ số sử dụng nước nóng ở Hà Nội có thể cao hơn ở Đà Nẵng, mặc dầu cường độ bức xạ ở Hà Nội thấp hơn ở Đà Nẵng.

### **10.6.3. Ảnh hưởng bởi yếu tố sử dụng**

Đây là nhân tố quan trọng ảnh hưởng rất nhiều đến khả năng sinh lợi của thiết bị ứng dụng năng lượng Mặt Trời. Khi thiết bị được đặt ở những nơi sử dụng nước nóng thường xuyên như: các cơ sở sản xuất, nhà trẻ, khách sạn, nhà ăn v.v... thì lượng nước nóng được dùng thường xuyên, thiết bị vừa cho hiệu suất cao vừa cho hệ số sử dụng nước cao ( $\zeta$  có thể đạt đến bằng đơn vị) do đó khả năng sinh lợi là lớn nhất, nghĩa là hiệu quả kinh tế là cao nhất.

## PHÂN PHỤ LỤC



**Phụ lục I. Cường độ bức xạ tổng xạ trung bình ngày và trực xạ trung bình ngày và các tháng trong năm (kWh/m<sup>2</sup>/ngày) và cả năm (kWh/m<sup>2</sup>/năm)**

Địa phương	Tháng												XII	kWh m <sup>2</sup> .n
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			
1. Cao Bằng	Bức xạ	2.391	2.487	2.964	3.591	4.752	4.983	5.331	5.382	5.016	3.930	3.276	2.745	1.425
	Tổng xạ	0.708	0.726	0.810	1.059	1.824	1.863	2.295	2.550	2.397	1.662	1.350	1.068	557
2. Sa Pa	Tổng xạ	3.708	4.053	4.293	4.776	4.488	4.230	4.371	4.251	3.675	3.111	3.141	3.408	1.445
	Trực xạ	2.463	2.781	2.457	2.412	1.860	1.119	1.653	1.545	1.365	1.122	1.638	2.190	689
3. Lai Châu	Tổng xạ	3.072	3.753	4.347	4.707	5.079	4.686	4.935	5.031	5.013	4.326	3.210	2.934	1.554
	Trực xạ	1.434	1.935	2.145	2.088	2.262	1.536	2.004	2.325	2.448	2.169	1.422	1.272	703
4. Móng Cái	Tổng xạ	2.592	2.295	2.661	3.300	4.788	4.749	4.992	5.154	5.205	4.566	3.744	3.006	1.431
	Trực xạ	1.041	0.504	0.690	0.993	2.094	1.924	2.520	2.886	3.168	2.667	1.941	1.389	662
5. Phú Hộ	Tổng xạ	2.343	2.313	2.544	3.432	5.013	5.172	5.217	5.064	4.653	4.179	3.390	2.901	1.460
	Trực xạ	0.711	0.519	0.435	0.867	2.004	2.097	2.370	2.247	2.160	1.926	1.443	1.095	544
6. Sơn La	Tổng xạ	3.267	3.696	4.089	4.755	5.046	4.956	4.950	5.076	5.055	4.599	3.672	3.456	1.600
	Trực xạ	1.659	1.824	1.833	2.112	2.172	1.803	1.920	2.229	2.514	2.433	1.824	1.878	737
7. Láng (Hà Nội)	Tổng xạ	2.553	2.457	2.580	3.325	5.355	5.415	5.697	5.151	4.932	4.365	3.600	3.099	1.482
	Trực xạ	0.768	0.480	0.444	0.858	2.331	1.656	2.742	2.298	2.385	2.085	1.559	1.254	575
8. Phù Liên (HP)	Tổng xạ	2.652	2.225	2.331	3.201	4.818	5.010	5.364	4.839	4.182	3.594	2.985	2.394	1.394
	Trực xạ	0.882	0.447	0.393	0.720	2.010	2.079	2.673	2.217	2.241	2.058	1.704	1.176	566
9. Thanh Hoá	Tổng xạ	2.802	2.370	2.883	3.834	5.853	5.748	5.928	5.364	5.280	4.563	3.555	3.921	1.597
	Trực xạ	0.963	0.648	0.588	1.185	2.976	2.598	3.177	2.520	2.601	2.274	1.548	1.464	686
10. Vinh	Tổng xạ	2.559	2.313	2.646	4.110	5.673	5.610	6.186	5.202	4.557	3.816	2.967	2.616	1.468
	Trực xạ	0.831	0.534	0.615	1.479	3.135	2.784	3.273	2.370	2.097	1.509	1.011	0.876	624
11. Đà Nẵng	Tổng xạ	3.564	4.221	5.100	5.760	6.312	5.964	6.480	5.886	5.148	4.140	3.027	2.454	1.766
	Trực xạ	2.028	2.289	2.826	3.288	3.996	3.879	4.389	3.675	3.039	2.313	1.344	1.173	1.041
12. Nha Trang	Tổng xạ	5.028	5.983	6.961	6.458	5.900	6.370	5.960	6.210	6.520	5.620	4.350	4.360	2.120
	Trực xạ	4.210	5.150	5.540	5.630	5.500	4.990	4.820	4.570	4.490	4.500	3.850	3.780	1.740
13. Playcu	Tổng xạ	4.180	4.860	5.270	5.120	4.450	4.330	4.410	4.490	4.170	4.110	3.940	3.960	1.621
	Trực xạ	5.934	6.702	6.885	5.820	4.872	4.080	5.361	4.683	4.308	4.257	4.566	5.184	1.906
14. Tân Sơn Nhất	Tổng xạ	3.534	4.362	4.351	2.926	1.860	0.926	1.641	1.446	1.331	1.274	1.997	3.412	885
	Trực xạ	5.001	5.697	5.964	5.799	4.800	4.278	4.728	4.359	4.695	4.488	4.440	4.737	1.794
16. Cần Thơ	Tổng xạ	2.836	3.375	3.408	3.110	2.216	1.562	2.066	1.792	2.134	2.008	2.148	2.490	888
	Trực xạ	4.783	5.294	5.633	5.553	4.469	4.353	4.527	4.469	4.469	4.247	4.317	4.556	1.724
17. Cà Mau	Tổng xạ													
	Trực xạ													

**Phụ lục II. Hệ số phát xạ trên một số bề mặt của các vật khác nhau**

**2.1. Hệ số phát xạ toàn phần phương pháp tuyến**

Vật liệu	Chiều dài bước sóng ( $\mu m$ ), hệ số phát xạ				
	9,3 $\mu m$ 38°C	5,4 $\mu m$ 260°C	3,6 $\mu m$ 538°C	1,8 $\mu m$ 1371°C	0,6 $\mu m$ T. Mặt Trời
Thép không gỉ - mài nhẵn - biến dạng	0,15 0,85	0,18 0,85	0,22		
Nhôm: - mài nhẵn - oxit hoá - tấm lợp - anod hóa	0,04 0,11 0,22 0,94	0,05 0,12 0,42	0,08 0,18 0,60	0,19 0,34	$\approx 0,3$  0,11
Bạc: - mài nhẵn	0,01	0,02	0,03		
Crôm: - mài nhẵn	0,08	0,17	0,26	0,40	0,49
Đồng: - mài nhẵn - oxit	0,04 0,87	0,05 0,83	0,18 0,77	0,17	
Sắt: - mài nhẵn - mạ kẽm	0,06 0,28	0,08	0,13	0,25 0,42	0,45 0,66
Đồng thau: - mài nhẵn - oxit	0,10 0,61	0,10			
Vật liệu xây dựng, cách nhiệt:					
- giấy amiant	0,93	0,93			
- nhựa đường	0,93				
- gạch đỏ	0,90		0,7	0,75	
- gạch silic	0,90		0,75	0,84	
- gạch chịu lửa	0,90			0,40	
Sơn các loại: - màu nhũ - màu kem - đen mỡ hóng - Sơn đen dầu	0,65 0,95 0,96 0,95	0,65 0,88 0,97	0,70	0,42	0,35
Kính:	0,97				
Gỗ	0,96				
Thủy tinh	0,90				

## 2.2. Hệ số phát xạ bán cầu

Vật liệu	t(°C)	$\varepsilon$	Vật liệu	t(°C)	$\varepsilon$
<u>Vật liệu kim loại</u>			<u>Vật liệu phi kim loại</u>		
Sắt mềm	38	0.10	Amiant	38	0.96
	538	0.35	Bê tông	0-93	0.94
Thép inox	38	0.16	Gỗ	20	0.8 - 0.9
	538	0.25	Gạch đỏ	20	0.75
	815	0.49	Gạch chịu lửa	1000	0.75
Nhôm - mài nhẵn	232	0.04	Cao su	20	0.92
- thương phẩm	575	0.057	Kính, nhẵn	0	0.92
- bị oxit nặng	100	0.09	Sơn dầu các màu	20	0.89 - 0.97
	505	0.32	Sơn trên nhôm	20	0.40 - 0.70
Đồng: - mài nhẵn	38	0.04	Thạch cao	20	0.92
	535	0.18	Sứ thủy tinh hoá	22	0.92
- oxit	315	0.47	Mỏ hồng	20	0.95
	675	0.70	Giấy	95	0.89
Đồng thau: -mài nhẵn	300	0.03			

### Phụ lục III. Tính chất vật lý của không khí khô ở áp suất p = 760mmHg

Nhiệt độ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\lambda \cdot 10^2$ (W/m.K)	$a \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\mu \cdot 10^6$ (Ns/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
0	1.293	1.005	2.44	18.8	17.2	13.28	0.712
10	1.247	1.005	2.51	20.0	17.6	14.15	0.705
20	1.205	1.005	2.59	21.4	18.1	15.06	0.703
30	1.165	1.005	2.70	22.9	18.6	16.00	0.702
40	1.128	1.005	2.76	24.3	19.1	16.96	0.600
50	1.093	1.005	2.83	25.7	19.6	17.95	0.698
60	1.060	1.005	1.90	27.6	20.1	18.97	0.696
70	1.029	1.009	2.96	28.6	20.6	20.02	0.694
80	1.000	1.009	3.05	30.2	21.1	21.09	0.692
90	0.972	1.009	3.13	31.9	21.5	22.10	0.690
100	0.946	1.009	3.21	33.6	21.9	23.13	0.688

### Phụ lục IV. Một số tính chất vật lý của vật rắn ở 20°C

#### IV.1 Vật liệu kim loại

Vật liệu tự nhiên	Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> )	Nhiệt dung đẳng áp (J/kg.K)	Hệ số dẫn nhiệt $\lambda$ (W/m.K)	Độ dẫn nhiệt độ a(m <sup>2</sup> /s)
<u>Vật liệu kim loại:</u>				
Bạc	10.500	0.23.10 <sup>3</sup>	418	1.71.10 <sup>-4</sup>
Đồng	8.940	0.38	389	1.14
Nhôm	2.700	0.86	200	0.86
Đồng thau	8.500	0.37	100	0.33
Thép cacbon (0.1%C)	7.850	0.49	46	0.12
Thép không gỉ	7.900	0.51	16	0.04

IV-2 Vật liệu phi kim loại

Vật liệu tự nhiên	Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> )	Nhiệt dung đẳng áp (J/kg.K)	Hệ số dẫn nhiệt λ (W/m.K)	Độ dẫn nhiệt độ a(m <sup>2</sup> /s)
<u>Vật liệu phi kim loại:</u>				
Bê-tông	2.300	0,96	0,92	0,42.10 <sup>-6</sup>
Đá granit	2.600	0,87	2,50	1,10
Kính	2.530	0,84	1,20	0,58
Gỗ	410	1,25	0,23	0,45
PVC			0,16	
Polystyrène	44	2,1	0,025	
Amiane	577	0,816	0,160	
Bông thủy tinh	200	0,67	0,010	

Phụ lục V. Tính chất vật lý của một vài chất lỏng

t (°C)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	μ .10 <sup>3</sup> (kg/(m.s))	ν .10 <sup>5</sup> (m <sup>2</sup> /s)	C <sub>p</sub> (J/(kg.k))	λ (W/(m.K))	a.10 <sup>8</sup> (m <sup>2</sup> /s)	Pr
<u>Nước</u>							
0	1002	1,78	0,179	4,218	0,552	13,1	13,6
10	1001	1,30	0,130	4,192	0,586	13,7	9,30
20	1001	1,00	0,101	4,182	0,597	14,3	7,02
40	994,6	0,651	0,0658	4,178	0,628	15,1	4,34
60	985,4	0,469	0,0477	4,184	0,651	15,5	3,02
80	974,1	0,354	0,0364	4,196	0,668	16,4	2,22
100	960,6	0,281	0,0294	8,216	0,680	16,8	1,74
120	945,3	0,234	0,0247	4,250	0,685	17,1	1,446
140	928,3	0,198	0,0214	4,283	0,684	17,2	1,241
160	909,7	0,172	0,0189	4,342	0,680	17,3	1,099
180	889,0	0,154	0,0173	4,417	0,675	17,2	1,004
200	866,7	0,138	0,0169	4,505	0,665	17,1	0,937
220	842,4	0,125	0,0149	4,610	0,653	16,8	0,891
240	815,7	0,17	0,0143	4,756	0,635	16,4	0,871
260	785,9	0,108	0,0137	4,949	0,611	15,6	0,874
280	752,5	0,102	0,0135	5,208	0,580	14,8	0,910
300	714,3	0,096	0,0135	5,728	0,540	13,2	1,019
<u>Dầu mỏ</u>							
0	899	3,850.10 <sup>-1</sup>	4,28.10 <sup>-3</sup>	1,796	0,147	9,11.10 <sup>-8</sup>	47,100
20	888	0,80	0,90	1,880	0,145	8,72	10,400
40	876	0,21	0,24	1,964	0,144	8,33	2,870
60	864	0,072	0,0839	2,047	0,140	8,00	1,050
80	852	0,032	0,0375	2,131	0,138	7,69	490
100	840	0,0170	0,0202	2,219	0,137	7,38	276
120	829	0,0192	0,0123	2,307	0,135	7,10	175
140	817	0,0065	0,0080	2,395	0,133	6,86	116
160	806	0,0045	0,0056	2,483	0,132	6,63	84

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **John A. Duffie, William A, Beckman.** Solar Energy Thermal Processes ISBN-0-471-22371-9, John Wiley and Sons, New York, 1974.
2. **H.Stephen Stoker; Spencer L. Seager; Robert L. Capener.** From Source to Use Energy, Linrary of Congress, Catalog Number 74-78255, ISBN 0-673-07947,USA.
3. **H.P. Garg.** Treatise On Solar Energy, Vol.1, Fundamentals of Solar Energy, John Wiley and Sons, New York, 1982.
4. **Suhas P.Sukhatme.** Solar Energy. Principles of Thermal Collection and Storage, Second Edition. Tata Mc.Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1997.
6. **Roger Bernard, Gibert Menguy, Marcel Schwartz.** Le rayonnement solaire conversion thermique et applications, 2<sup>e</sup> édition augmentée. Technique & Documentation, ISBN 2-85206-076-0, Paris,1980.
7. **J.F. Sacadura.** Initiation aux transferts thermiques. Technique et Documetation, 2<sup>e</sup> tirage revu, TSBN 2-85206-033-7, Paris,1980.
8. **Eckert E.R.G., Goldstein R.J.** Measurements in heat transfer 2e éd., Hemisphere Publ. Corp., N.Y., 1976.
9. **Robert Cellaire.** Les chauffe-eaux solaires, capteur-stockeurs, AFME, Janvier,1987.
10. **L. Lansing, V. Clarke.** A High Performance Porous Flat-Plate Solar Collector, Solar Energy, 4,1979.
11. **S.B. Thombre, S.P. Sukhatme.** Turbulent Flow Heat Transfer and Friction Factor Characteristics of Shrouded Fin arrays with Uninterrupted, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 10,388, 1995.
12. **S. Sateunanathan, S. Deonarine.** A two pas Solar Air Heater, Solar Energy,15,41,1973.
13. **N.E. Wijesundera, L.L. Ah. and L.E. Tijoe.** Thermal Performence Study of Two-pass Solar Air Heaters, Solar Energy, 28, 363,1982.
14. **Trần Huy Khang.** Sổ tra cứu bức xạ Mặt Trời trên toàn lãnh thổ Việt Nam, Viện Khí Tượng Thủy Văn, Hà Nội, 1989
15. **Nguyễn Công Vân, Võ Sĩ Huỳnh, Đặng Đình Thống và cộng sự.** Năng lượng mới đại cương, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Hà Nội 2001.
16. **Đặng Đình Thống.** Năng lượng Mặt Trời-Nguyên lý và ứng dụng, Hà Nội, 9-2002.
17. **Nguyễn Công Vân.** Modelisation et simulation d'un système polyvalent de séchage solaire indirect pour fruits, légumes et beignets, Perpignan, 1985.
18. **Nguyễn Công Vân.** Nghiên cứu cải tiến kết cấu bộ thu BXMT dạng phẳng kiểu tấm-ống để đun nước nóng, Scientiic Bulletin of Universities. Bộ ĐH-THCN-DN, Hà Nội, 1989.

19. **Nguyễn Công Vân.** Usage of Solar Equipment in Vietnam. VIE/87/023, National Workshop on Renewable Energy in Vietnam, Ho Chi Minh City, 26-28 June, 1990.
20. **Nguyễn Công Vân.** Nghiên cứu chế tạo thiết bị sấy bằng năng lượng Mặt Trời. Đề tài cấp Nhà nước, 52C-04-04a, Hà Nội, 9,1990.
21. **Nguyễn Công Vân.** Nghiên cứu cải tiến thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng Mặt Trời. Đề tài cấp Nhà nước, 52C-04-02b, Hà Nội, 9,1990.
22. **Nguyễn Văn Thân, Nguyễn Công Vân, và đồng sự** Kỹ thuật sử dụng năng lượng mới, Nhà XB Giáo dục, 1974.
23. **Maria Nystrom,** Kitchen and Stove, The selection of technology and design, Sweden, 1985

## MỤC LỤC

	Trang
Lời mở đầu	3
Giải thích các ký hiệu	5
<b>Chương một: Tổng quát về bức xạ Mặt Trời</b>	
1.1 Vài nét về Mặt Trời	9
1.2 Hằng số Mặt Trời	10
1.3 Sự phân bố quang phổ bức xạ Mặt Trời bên ngoài lớp khí quyển	11
1.4 Những yếu tố ảnh hưởng tới cường độ bức xạ	12
1.4.1 Tỉ khối khí (Air mass)	12
1.4.2 Sự suy giảm cường độ bức xạ khi lan truyền qua lớp khí quyển	13
1.4.3 Ảnh hưởng bởi khoảng cách giữa Mặt Trời và Trái Đất	15
1.5 Vị trí theo giờ của Mặt Trời và hướng của tia bức xạ trên mặt đất	16
1.5.1 Định nghĩa các góc tạo ra bởi chùm tia bức xạ với các mặt phẳng	16
1.5.2 Hệ số chuyển đổi trực xạ từ mặt phẳng nằm ngang sang mặt phẳng nằm nghiêng	23
1.6 Các thiết bị đo bức xạ Mặt Trời và thời gian nắng	25
1.6.1 Máy đo cường độ bức xạ - Bức xạ kế(Pyranometer)	25
1.6.2 Máy đo trực xạ (Pyrheliometer)	27
1.6.3 Máy đo thời gian nắng	28
1.7 Năng lượng Mặt Trời ở Việt Nam	29
1.7.1 Cường độ bức xạ	29
1.7.2 Số giờ nắng trong cả năm	29
Câu hỏi và bài tập cuối chương 1	32
<b>Chương hai: Tương tác chùm tia bức xạ với môi trường vật chất</b>	
2.1 Định nghĩa các hệ số tương tác của chùm tia bức xạ lên một vật	33
2.1.1 Định nghĩa các hệ số tương tác	33
2.1.2 Thiết lập các biểu thức hệ số bức xạ tác dụng với kính dày	34
2.1.3 Chất hấp thụ	40
	201

2.2 Hiệu ứng nhà kính	42
Câu hỏi và bài tập cuối chương 2	44

**Chương ba: Sự truyền và trao đổi nhiệt giữa các vật**

3.1 Phân loại các dạng truyền nhiệt	45
3.1.1 Sự truyền nhiệt trong môi trường vật chất	45
3.1.2 Sự truyền nhiệt chân không - trao đổi nhiệt do bức xạ	46
3.2 Các định luật cơ bản trong quá trình truyền nhiệt	46
3.2.1 Sự truyền nhiệt do dẫn nhiệt	46
3.2.2 Sự truyền nhiệt do đối lưu	48
3.2.3 Sự truyền nhiệt bằng bức xạ	54
3.3 Khảo sát các quá trình trao đổi nhiệt xảy ra đồng thời	57
3.3.1 Hệ số trao đổi nhiệt hỗn hợp đối lưu và bức xạ	57
3.3.2 Trường hợp chung	57
Câu hỏi và bài tập cuối chương 3	59

**Chương bốn: Tính toán thiết kế bộ thu bức xạ nhiệt Mặt Trời dạng tấm phẳng (bộ thu phẳng)- đun nước nóng**

4.1 Định nghĩa và kết cấu bộ thu phẳng	60
4.1.1 Định nghĩa bộ thu phẳng	60
4.1.2 Hình dạng của một vài loại thiết bị thu phẳng	61
4.2 Định nghĩa, giả thiết và phương pháp tính toán một bộ thu phẳng	65
4.2.1 Định nghĩa hiệu suất bộ thu	65
4.2.2 Các giả thiết đối với bộ thu phẳng	66
4.3 Tính tổn thất nhiệt toàn phần $U_L$ của bộ thu	68
4.3.1 Định nghĩa tổn thất nhiệt toàn phần	68
4.3.2 Các dạng tổn thất nhiệt	69
4.4 Tính năng lượng có ích $Q_u$	73
4.4.1 Phân bố nhiệt độ theo phương x (uồng góc với dòng chảy)	73
4.4.2 Phương trình cân bằng năng lượng theo chiều dòng chảy	78
4.3 Hiệu suất thoát và thừa số lưu thông	79
4.5 Tính nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ	80
4.6 Nhiệt dung hiệu dụng của bộ thu	82
Bài tập ứng dụng	84
4.7 Một vài thiết bị đun nước nóng có kết cấu khác	89



4.7.1 Môđun ống rời rạc	89
4.7.2 Bộ thu có mặt cách nhiệt trong suốt dạng tổ ong	91
Câu hỏi và bài tập chương 4	93

*Chương năm. Bộ thu nung nóng không khí*

5.1 Kết cấu bộ thu phẳng nung nóng không khí	95
5.2 Tính hiệu suất và độ sụt áp cho bộ thu nung nóng không khí	96
5.2.1 Tính hiệu suất	96
5.2.2 Sự truyền nhiệt và sụt áp trong kênh dẫn song song	100
5.3 Một vài dạng bộ nung khí khác	104
5.3.1 Dòng chảy trong kênh nằm giữa kính đậy và tấm hấp thụ	104
5.3.2 Bộ nung khí với tấm hấp thụ có cánh	105
5.3.3 Bộ nung khí hai kênh	110
Câu hỏi và bài tập chương 5	111

*Chương sáu. Thiết bị thu bức xạ hội tụ*

6.1 Mở đầu	112
6.1.1 Những khái niệm và định nghĩa tổng quát	112
6.1.2 Phân loại các mô hình hội tụ bức xạ	113
6.2 Thiết bị hội tụ tấm phẳng có mặt phản xạ hỗ trợ	115
6.3 Bộ thu dạng parabol trụ	116
6.3.1 Mô tả hình dạng	116
6.3.2 Định hướng theo Mặt Trời	117
6.3.3 Tính hiệu suất	122
6.3.4 Hệ số tổn thất nhiệt toàn phần và các hệ thức truyền nhiệt	125
6.4 Bộ thu hội tụ ứng dụng hiệu ứng quang-nhiệt trong hệ thống nhà máy điện Mặt Trời	140
6.4.1 Hệ thống gương phản xạ	141
6.4.2 Bộ tiếp nhận và biến đổi năng lượng	143
6.4.3 Chất tải nhiệt dùng trong hệ nhà máy điện Mặt Trời	144
6.4.4 Tính các thông số cơ bản trong hệ hội tụ	144
Câu hỏi và bài tập chương 6	148

*Chương bảy. Hệ đun nước nóng có tích trữ nhiệt*

7.1 Các hệ tuần hoàn tự nhiên - còn được gọi là hiệu ứng siphon nhiệt	149
7.1.1 Hiệu ứng siphon nhiệt	149
7.1.2 Hệ tuần hoàn cưỡng bức	150
7.1.3 Hệ bình chứa không có bộ trao đổi nhiệt	151
7.1.4 Hệ có hai chất lỏng và bình chứa có bộ trao đổi nhiệt	151
7.2 Thiết lập và giải phương trình cho hệ thống thu và tích nhiệt	152
7.2.1 Thiết lập phương trình cho hệ thống chế độ quá độ	152
7.2.2 Các nghiệm của hệ phương trình và kết quả	154
7.3 Những vấn đề đặt ra khi tích trữ nhiệt	156
7.3.1 Các dữ liệu tổng quát của quá trình tích trữ nhiệt	157
7.3.2 Tính nhiệt năng khi tích trữ bằng chất cảm nhiệt	157
7.3.3 Tích trữ nhiệt bằng chất cảm nhiệt có ẩn nhiệt	158
7.4 Kích thước của các bộ trao đổi nhiệt (hệ thu - tích nhiệt)	160
7.4.1 Bộ trao đổi nhiệt - bình tích nhiệt	160
7.4.2 Bộ trao đổi nhiệt và bộ thu phẳng	162
7.5 Một vài điều kết luận	162

*Chương tám. Ứng dụng hiệu ứng nhà kính để chưng cất nước*

8.1 Nguyên lý của chưng cất nước	164
8.1.1 Chưng cất nước theo phương pháp cổ điển	164
8.1.2 Thiết bị chưng cất nước bằng năng lượng Mặt Trời dạng phẳng	165
8.2 Các thông số và những đặc trưng của thiết bị chưng cất nước dạng phẳng	166
8.2.1 Các thông số bên ngoài	166
8.2.2 Các thông số bên trong	166
8.2.3 Các đặc trưng hoạt động của thiết bị	166
8.3 Thiết lập các phương trình trao đổi nhiệt	167
8.3.1 Cân bằng nhiệt trong khối nước	167
8.3.2 Cân bằng nhiệt trên tấm kính	168
8.3.3 Trao đổi nhiệt giữa kính và môi trường	168
8.4 Các kết quả thực nghiệm và những giá trị thực tế	168
8.4.1 Độ nghiêng của tấm kính	169
8.4.2 Chiều dày của lớp nước chưng cất	169
8.4.3 Cách nhiệt đối với thiết bị chưng cất	169

8.4.4	Trạng thái bề mặt của mặt trong của thiết bị chung cất	170
8.4.5	Ảnh hưởng của các thông số về thời tiết đến các đặc trưng của thiết bị chung cất phẳng	170
8.5	Thiết bị chung cất dạng cầu (Balayage)	171
8.5.1	Nguyên lý cấu tạo	171
8.5.2	So sánh kết quả giữa hai loại thiết bị dạng phẳng và dạng cầu	172
8.5.3	Các đặc trưng của thiết bị chung cất dạng cầu	173
8.6	Những kết luận đối với các thiết bị chung cất nước bằng năng lượng Mặt Trời	174

**Chương chín. Các loại vật liệu dùng trong thiết bị nhiệt Mặt Trời**

9.1	Tấm dầy trong suốt	176
9.1.1	Kính xây dựng	176
9.1.2	Polycarbonat	177
9.1.3	Polymethacrylat methyl	177
9.1.4	Các loại tấm dầy khác	177
9.2	Tấm hấp thụ	178
9.3	Chất cách nhiệt	179
9.3.1	Các chất cách nhiệt khoáng chất	180
9.3.2	Chất cách nhiệt thực vật hữu cơ	180
9.3.3	Chất cách nhiệt hữu cơ tổng hợp	181
9.4	Chất tải nhiệt	181
9.4.1	Không khí	181
9.4.2	Nước	182
9.4.3	Các chất gilotherm	

**Chương mười. Đánh giá hiệu quả kinh tế của một thiết bị sử dụng năng lượng nhiệt Mặt Trời**

10.1	Một vài định nghĩa	183
10.2	Công nhận phương pháp tính lãi suất theo hiện tại hoá	184
10.3	Công nhận sự tăng giá nhiên liệu với khái niệm hiện tại hoá	185
10.4	Các ví dụ cụ thể	186
10.5	Một vài phương pháp khác tính hiệu quả kinh tế của thiết bị UDNLMT	189
10.5.1	Phương pháp tổng quát	189

10.5.2 Phương pháp tính toán dựa trên cân bằng giữa tổng chi phí và tổng giá trị sinh lợi	190
10.6 Một vài yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng sinh lợi của thiết bị	192
10.6.1 Ảnh hưởng của thời tiết	192
10.6.2 Ảnh hưởng của vị trí địa lý	193
10.6.3 Ảnh hưởng bởi yếu tố sử dụng	193
<b>Phụ lục</b>	
Phụ lục I. Cường độ bức xạ tổng xạ trung bình ngày và trực xạ trung bình ngày của các tháng trong năm và cả năm	195
Phụ lục II. Hệ số phát xạ trên một số bề mặt của các vật khác nhau	196
2.1 Hệ số phát xạ toàn phần phương pháp tuyến	196
2.2 Hệ số phát xạ bán cầu	197
Phụ lục III. Tính chất vật lý của không khí khô ở áp suất $p=760\text{mmHg}$	197
Phụ lục IV. Một số tính chất vật lý của chất rắn ở $20^{\circ}\text{C}$	197
4.1 Vật liệu kim loại	197
4.2 Vật liệu phi kim loại	198
Phụ lục V. Tính chất vật lý của một vài chất lỏng	198
Tài liệu tham khảo	199
Mục lục	201

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
**NGUYỄN CÔNG VÂN**

**NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI**  
**QUÁ TRÌNH NHIỆT VÀ ỨNG DỤNG**

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI

*Biên tập và sửa bài :*

ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

NGỌC LINH

*Trình bày bìa :*

HƯƠNG LAN

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**  
**70, TRẦN HUNG ĐẠO – HÀ NỘI**

---

In 700 bản, khổ 19 x 27 cm tại Xí nghiệp in NXB Lý luận chính trị  
Giấy phép xuất bản số: 150-53, cấp ngày 4/2/2005  
In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2005.

205325



Giá: 38.000đ

# LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN CANDU

Lim Nguyen\*

McMaster University, 1280 Main St. W, Hamilton, ON, L8S 4K1, Canada

Năm 1951, nhà máy điện hạt nhân đầu tiên trên thế giới đã đi vào hoạt động, ở Idaho- Mỹ, đánh dấu một cuộc cách mạng trong lĩnh vực năng lượng hạt nhân. Ngày nay, trên thế giới hiện có 441 lò phản ứng hạt nhân đang hoạt động rải rác ở 31 quốc gia, sản xuất ra 363 triệu kilowatt điện, tương đương với 18 triệu thùng dầu mỗi ngày. Pháp, Bỉ và Đài Loan chiếm hơn nửa số lò phản ứng hạt nhân, một số nước khác như Thụy Điển, Hungary, Hàn Quốc và Nhật Bản cũng đóng góp một lượng đáng kể. Bài viết sau đây xin giới thiệu với các bạn một số lò phản ứng hạt nhân, trọng tâm là lò CANDU (CANada Deuterium Uranium) cùng với bài toán mang tên Xenon Poisoning (nhiễm xạ Xenon).

## 1. LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

Là một nguồn năng lượng hiệu quả: quá trình phân hạt của 1 gam  $^{235}\text{U}$  trong một ngày có thể tạo ra năng lượng với tốc độ 1 MW (1 triệu Watts), tương đương với 2,6 tấn than. Nguồn năng lượng giải phóng từ lò phản ứng hạt nhân dưới dạng nhiệt, được đưa ra ngoài bằng một hệ thống làm nguội dạng chất lỏng hoặc khí. Các ống này sẽ được dùng để làm sôi nước, tạo hơi làm quay tuabin, để kích hoạt cho một máy phát điện, tàu ngầm hoặc tàu vận tải.

Mỗi quá trình phân hạt  $^{235}\text{U}$  giải phóng trung bình 2,5 neutron, vì thế không thể nhiều hơn 1,5 neutron trên một quá trình có thể bị mất để phản ứng dây chuyền có thể tiếp diễn. Tuy nhiên, uranium tự nhiên chỉ chứa 0,7% đồng vị phóng xạ  $^{235}\text{U}$ . Đồng vị  $^{238}\text{U}$  chiếm phần lớn bắt giữ neutron nhanh nên không trải qua quá trình phân hạt. Do  $^{238}\text{U}$  có diện tích mặt cắt (cross section) để bắt giữ neutron chậm nhỏ, trong khi bề mặt tiếp xúc của  $^{235}\text{U}$  lớn, lên tới 582 barn. Làm chậm các neutron nhanh tự do trong quá trình phân hạt sẽ giảm quá trình hấp thụ không hiệu quả của  $^{238}\text{U}$ , đồng thời tăng sự phân hạt cho đồng vị  $^{235}\text{U}$ .

Để làm chậm các neutron, uranium trong một lò phản ứng được hòa với các mẫu trung hòa, là vật chất có hạt nhân hấp thụ năng lượng từ neutron nhanh trong quá trình va chạm mà không bắt giữ chính các neutron đó. Trong khi chính nguồn năng lượng bị tiêu hao bởi vật va chạm đàn hồi với vật khác phụ thuộc phần lớn vào quá trình tương tác, thông thường, năng lượng trao đổi đạt giá trị tối đa khi các thành phần tham gia có cùng khối lượng. Độ chênh lệch về khối lượng càng lớn, thì số lượng va chạm để làm chậm neutron càng nhiều, đồng nghĩa với khoảng thời gian được kéo dài, neutron có nguy cơ bị bắt giữ bởi  $^{238}\text{U}$  cao. Đa số các lò phản ứng hạt nhân ngày nay sử dụng nước nhẹ như một môi trường trung hòa và hệ nguội. Mỗi phân tử nước chứa 2 nguyên tử hydro ở đó proton có khối lượng gần bằng với neutron, vì thế nước nhẹ là một môi trường trung hòa hiệu quả.

Tuy nhiên, các proton có xu hướng bắt giữ các neutron để hình thành nên deuterium trong phản ứng  $^1\text{H}(n, \gamma)^2\text{H}$ . Các lò phản ứng sử dụng nước nhẹ không thể sử dụng uranium tự nhiên như một nguồn nhiên liệu mà cần đến các uranium giàu, ở đó đồng vị  $^{235}\text{U}$  chiếm khoảng 3%. Quá trình làm giàu uranium có thể diễn ra bằng vài cách. Thông thường, tất cả các uranium được làm giàu bằng phương pháp khếch tán khí, ở đó khí uranium hexafluoride ( $\text{UF}_6$ ) được xả qua 2000 lớp thấm thấu. Các phân tử  $^{235}\text{UF}_6$  có xu hướng khếch tán qua các lớp thấm nhiều hơn so với  $^{238}\text{UF}_6$  vì nó có khối lượng nhỏ hơn. Ngày nay có phương pháp khác sử dụng lò khí ly tâm tốc độ cao để tách hai phân tử trên.

Nhiên liệu cho lò phản ứng nước nhẹ là các ống kín uranium oxide ( $\text{UO}_2$ ) nhỏ, dài và mỏng. Các thanh điều khiển bằng cadmium hoặc boron, là các chất hấp thụ neutron chậm hiệu quả, được trượt ra hoặc vào lõi lò phản ứng, có nhiệm vụ điều chỉnh tốc độ phản ứng dây chuyền. Trong lò phản ứng hạt nhân thông thường nhất, nước xung quanh các ống nhiên liệu ở lõi lò được giữ ở áp suất cao, vào khoảng 155 atm, để tránh quá trình sôi. Nước có vai trò vừa là môi trường trung hòa, vừa là nguồn nguội, được chuyển qua một bộ trao đổi nhiệt để tạo thành hơi làm chạy tuabin. Loại lò phản ứng này có thể chứa tới 90 tấn  $\text{UO}_2$  và hoạt động tới công suất 3400 MW tương đương với 1100MW điện. Nhiên liệu lò phản ứng phải được thay đổi sau vài năm vì lượng  $^{235}\text{U}$  giảm dần sau mỗi quá trình phân ứng.

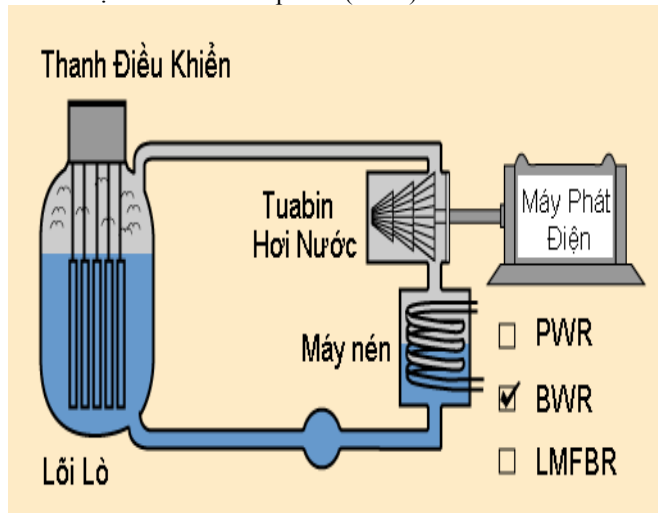
## 2. CÁC LOẠI LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN PHỔ BIẾN

a. Lò hơi nước: trong loại lò phản ứng này, nước được truyền qua lõi lò phản ứng, hoạt động như những dung dịch trung hòa và môi trường làm nguội, là nguồn hơi nước để làm quay tuabin. Điểm yếu của lò này là khả năng rò rỉ phóng xạ, lan vào nước, từ đó có thể lan sang tuabin cũng như các phần khác trong hệ thống. Lò BWR hoạt động ở điều kiện áp suất 70 atm, ở đó, nhiệt độ sôi của nước là 285°C. Môi trường nhiệt độ này làm cho hiệu suất Carnot chỉ đạt được 42%, và

\* E-mail: [bunhia@yahoo.com](mailto:bunhia@yahoo.com)

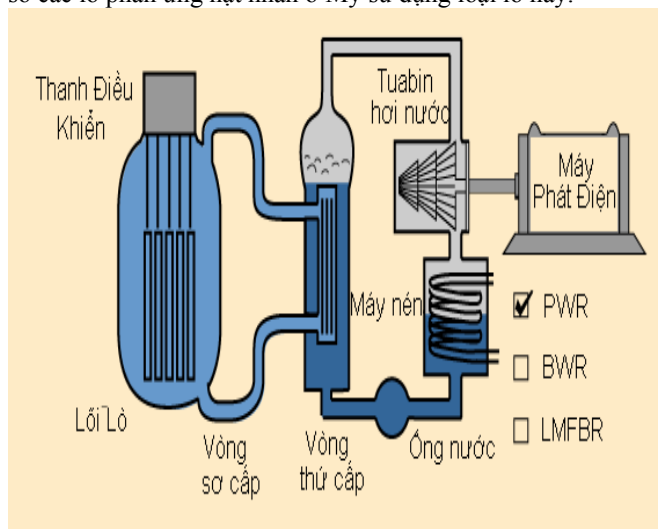


thực tế nguồn điện năng sinh ra chỉ có khoảng 32%, thấp hơn so với loại lò nước dưới áp suất (PWR).



Hình 1. Lò hạt nhân hơi nước.

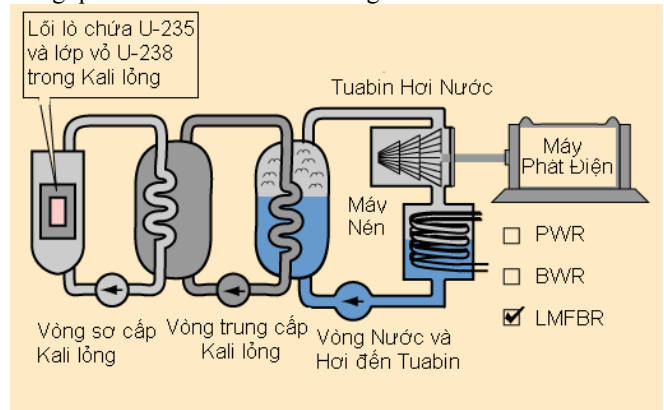
b. Lò nước áp suất: Trong loại lò này, nước đi qua lõi lò, hoạt động như là một dung dịch trung hòa và nguồn nguội, nhưng không chạy qua tuabin, mà được chứa vào trong một vòng áp suất đơn cấp. Vòng đơn cấp này tạo ra hơi nước ở trong vòng thứ cấp, sau đó mới đi vào và làm quay tuabin. Lợi thế của loại lò này là sự rò rỉ nhiên liệu sẽ không xảy ra ở hệ thống chứa chạy vào tuabin và máy nén. Một lợi thế khác đó là loại lò này hoạt động ở áp suất cao hơn, khoảng 160 atm, và nhiệt độ sôi của nước lúc này là 315°C. Điều này tạo ra hiệu suất Carnot cao hơn so với loại lò BWR. Song lò nước áp suất có cấu trúc phức tạp hơn, đồng nghĩa với giá thành cao hơn. Đa số các lò phản ứng hạt nhân ở Mỹ sử dụng loại lò này.



Hình 2. Lò hạt nhân nước áp suất.

c. Lò kim loại lỏng, phát sinh nhanh: Trong dạng lò này, phản ứng phóng xạ vừa tạo ra nhiệt để làm hơi nước, chạy tuabin, vừa tạo ra nguyên liệu phóng xạ từ những đồng vị không phóng xạ khác. Plutonium,  $^{239}\text{Pu}$ , là nhiên liệu thường được

dùng trong loại lò này, và hệ thống làm lạnh, cùng truyền nhiệt sử dụng chính là một kim loại lỏng như Kali, Liti. Kali là nguồn phong phú và thường được sử dụng nhất. Mô hình lò phát sinh này đòi hỏi phải trải qua quá trình làm giàu nhiên liệu  $^{235}\text{U}$ , thường lên tới 15 đến 30% so với lò phản ứng nước nhẹ. Nhiên liệu được bao quanh bởi một cái "chăn" tạo bởi Uranium không phóng xạ  $^{238}\text{U}$ . Không có dung dịch trung hòa được sử dụng do neutron nhanh có hiệu quả cao trong quá trình biến đổi  $^{238}\text{U}$  sang  $^{239}\text{Pu}$ .

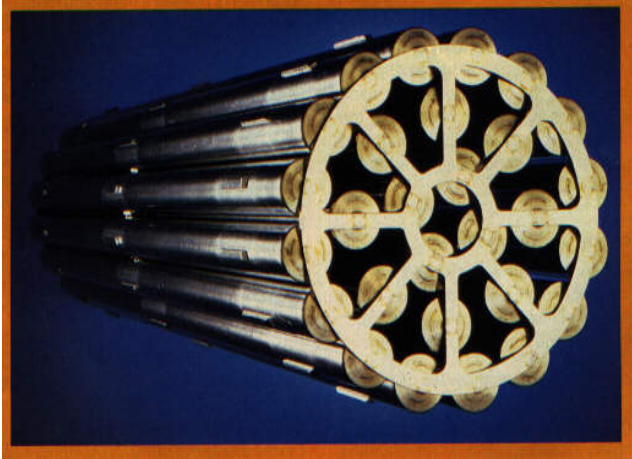


Hình 3. Lò hạt nhân kim loại lỏng, phát sinh nhanh.

Sử dụng nước làm nguồn nguội có thể làm chậm neutron nhưng so sử dụng dung dịch kali đã phá vỡ quá trình trung hòa và tạo ra hiệu suất truyền nhiệt rất cao.

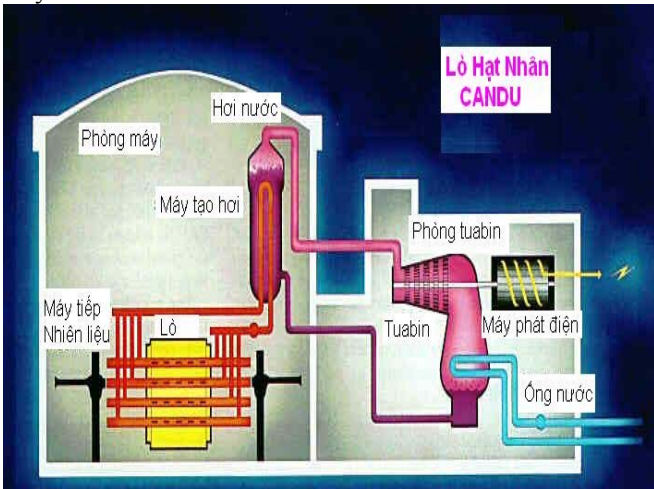
### 3. CANDU

Là tên viết tắt của CANada Deuterium Uranium, đây là mẫu lò phản ứng do Canada thiết kế, sử dụng Nước Nặng ở Áp Suất Cao. Nước nặng ở đây là deuterium oxit, làm dung dịch trung hòa cũng chính là nguồn lạnh, và nhiên liệu sử dụng là uranium tự nhiên. Đặc điểm nổi trội của CANDU thể hiện ở nhiên liệu sử dụng, môi trường trung hòa cũng như cấu trúc của lõi lò. CANDU có hiệu suất hoạt động cao nhất trong các lò phản ứng hiện tại sử dụng uranium, nó dùng ít hơn khoảng 15% uranium so với loại lò nước dưới áp suất cho mỗi MW điện tạo ra. Sử dụng uranium tự nhiên có nguồn cung cấp được mở rộng và quá trình thanh lọc cũng dễ dàng hơn. Tất cả các nước đều có thể sản xuất được nguồn nhiên liệu rẻ tiền này, tất nhiên phải có mỏ uranium tự nhiên. Vì sử dụng nước nặng, nên nhiên liệu không cần phải qua quá trình làm giàu. Các lò CANDU có thể được cấp nhiên liệu thông qua hệ thống bình nhiên liệu phóng xạ thấp, bao gồm cả các ống đã qua sử dụng ở lò phản ứng nước nhẹ. Điều này hạn chế sự phụ thuộc của nguồn uranium nếu xảy ra quá trình khan hiếm hay giá cả leo thang. Nước nặng Deuterium oxide cps hiệu suất lớn bởi vì khả năng hấp thụ neutron chậm cao và thích hợp với tất cả các hệ thống lò thương mại đương thời. Bằng việc duy trì phản ứng dây chuyền sử dụng nhiên liệu uranium tự nhiên. Nước nặng có thời gian hoạt động được cao hơn cả thời gian sống của dự án và có thể tái sử dụng.



Hình 4. Bundle (cuộn nhiên liệu)

Một điểm nổi trội nữa của CANDU đó chính là thiết kế của lõi lò. Lõi lò chứa rất nhiều các ống nhiên liệu nhỏ, chứ không phải là một bình áp suất lớn. Nó cho phép nạp nhiên liệu ngay cả khi máy đang hoạt động với hiệu suất cao. Khả năng di chuyển được của các thanh nhiên liệu trong các ống áp suất cho phép khả năng đốt cháy đạt hiệu quả tối ưu trong lò phản ứng. Và điều quan trọng nữa thời gian sống của lò có thể được kéo dài, vì các thành phần chính trong lõi lò có thể được thay thế mỗi khi cần thiết.



Hình 5. Mô hình hệ thống lò CANDU

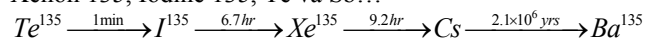
Lò phản ứng CANDU do Công Ty Năng Lượng Nguyên Tử Canada thiết kế (Atomic Energy of Canada Limited), đây là một tập đoàn liên bang, có vai trò thiết kế, mở rộng thị trường, và xây dựng các dự án. Có tới trên 150 công ty con khác của Canada tham gia thiết kế các thành phần cho hệ thống của CANDU. AECL có vai trò hợp nhất, trong khi đa số các lợi nhuận lại thuộc về các công ty tư nhân.

Tất cả các lò CANDU có cùng một thiết kế cơ bản, tuy nhiên một số tổ máy (units) có thể có sự cải biên. Điện năng đầu ra thường vào khoảng 125 MWe đến 900 MWe, phụ thuộc chính vào số lượng các thanh nhiên liệu trong lõi lò. Công ty năng lượng Ontario có xu hướng sử dụng cùng một mẫu thiết kế

cho một nhà máy nhiều tổ máy, trong khi các tổ máy thương mại bán cho các công ty khác của Canada lại có những mẫu riêng, phụ thuộc vào yêu cầu của khách hàng. Tất cả các tổ máy CANDU bán ra nước ngoài đều bởi AECL, ngoại trừ những tổ máy trước đó, bán cho Ấn Độ và Pakistan, mẫu CANDU 6 với điện năng 700 MWe và CANDU 9 với điện năng 900 MWe. Hiện AECL đang thiết kế để cho ra thế hệ lò phản ứng mới mang tên CANDU- ACR (Advanced CANDU Reactor, lò phản ứng CANDU nâng cao). Loại lò này có kích cỡ compact, gọn hơn, chỉ bằng 1/3 mẫu trước đó, trong khi cũng tạo ra nguồn điện năng như nhau. Nâng cao hiệu suất nhiệt thông qua các tuabin hơi nước áp suất cao (13 MPa áp suất sơ cấp, 7 MPa áp suất thoát ra, trong khi mẫu hiện tại là 10MPa và 5 MPa). Giảm 1/4 nguồn nước nặng, vì thế giảm giá thành xây dựng cũng như thiết kế các hệ thống chứa phóng xạ. Với việc sử dụng uranium giàu (1,65%), để kéo dài tuổi thọ của nhiên liệu lên 3 lần so với uranium tự nhiên, và giảm lượng phế thải đi 2/3 lần so với trước. Tăng công suất của mỗi channel (kênh) nhiên liệu từ 6MW lên đến gần 7MW. Với những bước tiến trên, giá thành của lò ACR có thể giảm đi tới 40% so với mẫu lò phản ứng CANDU đương thời.

#### 4. BÀI TOÁN NHIỄM XẠ XENON

a. Lò hạt nhân CANDU sử dụng nhiên liệu phóng xạ là uranium tự nhiên (quặng uranium, chứa 0,7% uranium). Sau khi phản ứng hạt nhân diễn ra, các sản phẩm của phản ứng bao gồm Năng lượng, ở dạng nhiệt được dẫn ra bởi nguồn lạnh làm quay tuabin; các neutron, khoảng 2 đến 3 neutron được tạo ra trong một phản ứng. Các neutron này bị hấp thụ bởi các nguyên tố khác, cũng như bản thân hệ thống lò. Một số bị rò ra bên ngoài lõi, và một số bị mất bởi quá trình trung hòa của nước nặng. Tuy nhiên, ít nhất 1 neutron phải còn dư để duy trì phản ứng dây chuyền. Các nguyên tố sản phẩm như Xenon 135, Iodine 135, Te và Sb...



Iodine-135 có hệ số phân rã là 0,1035/giờ và biến đổi thành Xenon -135. Do đó, Xenon-135 là sản phẩm của phản ứng hạt nhân cũng như thông qua phân rã của I-135. Tuy nhiên, số lượng chính bắt nguồn từ sự phân rã của I-135. Xenon-135 có hệ số phân rã là 0,0753/giờ sau đó biến đổi thành Cesium-135. Một đặc điểm quan trọng của đồng vị Xenon-135 đó là khả năng hấp thụ neutron rất lớn. Nó hấp thụ neutron và biến đổi sang đồng vị Xenon-136 (là một đồng vị có khả năng hấp thụ neutron yếu). Nếu có quá nhiều Xenon được tạo ra, thì nó sẽ phá vỡ sự cân bằng của neutron, hấp thụ quá nhiều neutron, dẫn đến sự bẽ gãy của phản ứng dây chuyền, kết quả, lò phản ứng hạt nhân không hoạt động được. Khi lò phản ứng ở trạng thái cân bằng, lượng Xenon tạo ra bằng chính lượng Xenon bị biến đổi sang các nguyên tố khác. Vậy điều gì sẽ xảy ra khi chúng ta tắt lò phản ứng hạt nhân đi? Ngay sau khi tắt lò phản ứng hạt nhân, nồng độ Xenon sẽ được tăng lên, do quá trình biến đổi từ Iodine, và do sự thiếu hụt của neutron để biến đổi

Xenon sang nguyên tố khác. Mà nguồn tạo I-135 cũng dần hết (không có phản ứng hạt nhân), nên chỉ có một lượng giới hạn nguyên tố này trong lõi. Sau cùng, lượng Xenon sẽ bị giảm đi, do sự giảm dần của lượng Iodine.

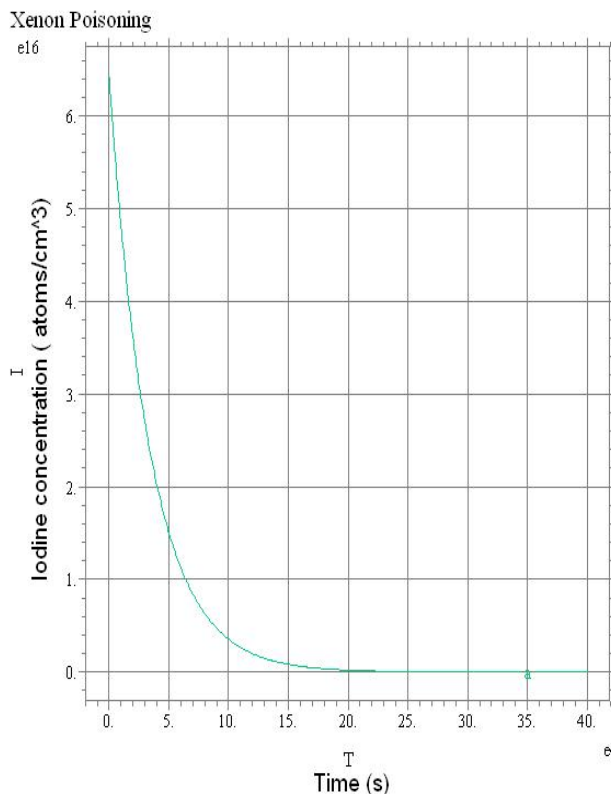
b. FLEXPDE code

```
{
This problem dealing with Xenon poisoning,
a major contribution to the sequence of events leading to the
Chernobyl nuclear disaster.
}
TITLE ' Xenon Poisoning' { The problem identification }
COORDINATES cartesian2 { Coordinate system,2D, }
VARIABLES { System variables }
I { Iodine concentration }
Xe { Xenon concentration }
DEFINITIONS { Parameter definitions }
React = - 1.04944* Xe { Reactivity equation }
lambda1 = 2.9*10^(-5) {Decay constant of Iodine }
lambda2= 2.1*10^(-5) { Decay constant of Xenon }
I_0 = 6.43*10^16 { Initial value }
Xe_0 = 2.34*10^15 { Initial value }
INITIAL VALUES
I = I_0 { Initial concentration of Iodine }
Xe = Xe_0 { Initial concentration of Xenon }
EQUATIONS { ODE's, one for each variable }
I: dt(I) + lambda1*I = 0
{ Differential equation for Iodine }
Xe: dt(Xe) - lambda1*I + lambda2*Xe = 0 { Differential
equation for Xenon }
BOUNDARIES { The domain definition }
REGION 1 { Simply domain for this problem }
START(0,0) { Walk the domain boundary }
LINE TO (1,0) TO (1,1) TO (0,1) TO CLOSE
TIME 0 TO 400000 by 20 { time dependent, in hours }
PLOTS { save result displays }
plots
for time = 400000 { Run from 0 to 400000 }
{ Plot the solution: }

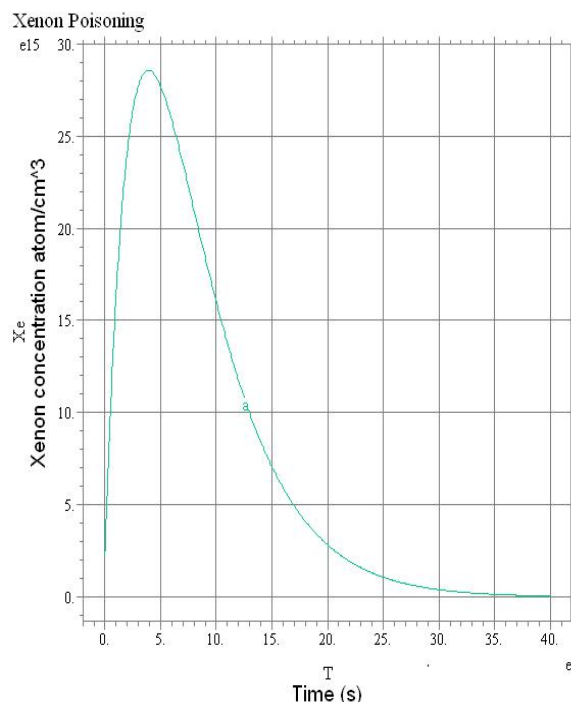
history(Xe) at (0.8,0.93) { Because of time
dependent, a history of event is required }
history(I) at (0.8, 0.9)
history(React) at (0.8, 0.93)
END { End of command }
```

c. Kết quả

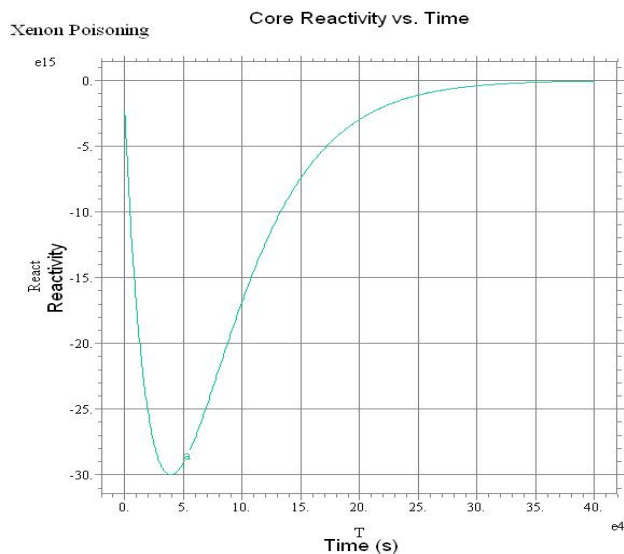
Đồ thị biểu diễn nồng độ của Iodine và Xenon theo thời gian.



Hình 6.. Nồng độ Iodine theo thời gian



Hình 7. Nồng độ Xenon đạt giá trị cực đại 10,4 giờ sau khi lò hạt nhân ngừng hoạt động.



Hình 8. Quá trình phản ứng ở lõi lò theo thời gian

## 5. KẾT LUẬN

Lò hạt nhân là một thiết bị ở đó các phản ứng dây chuyền hạt nhân được xảy ra, được điều khiển và giữ ở một tốc độ nhất định, khác với bom nguyên tử, nơi mà phản ứng dây chuyền chỉ xảy ra trong một phần nhỏ của một giây và không thể điều khiển được. Từ thập niên 50 của thế kỷ trước, lò phản ứng hạt nhân đã được đưa vào sử dụng, làm nguồn cung cấp điện năng chính cho nhiều quốc gia như Pháp, Bỉ, Đài Loan, cũng như được sử dụng trong lĩnh vực hàng hải và quân sự. Lò hạt nhân có thể được phân loại theo phản ứng hạt nhân, theo môi trường trung hòa, theo nguồn lạnh, hoặc theo thể hệ. Nó cũng có thể được phân loại thể kích cỡ cũng như công nghệ sử dụng, như loại lò PWR, BWR, PHWR, hay LMFBR. Lò hạt nhân CANDU thuộc thể hệ thứ hai, sử dụng công nghệ Nước nặng dưới áp suất. Thay vì đưng trong một bình áp suất đơn, như lò PWR, nhiên liệu được chứa ở trong hàng trăm các ống áp suất. Lò này sử dụng uranium tự nhiên và thiết kế theo

dạng lò neutron nhiệt. Đa số các lò CANDU được sử dụng ở Canada, tuy nhiên một số khác được xuất khẩu sang Argentina, Trung Quốc, Ấn Độ, Pakistan, Rumani và Hàn Quốc. Giá thành lắp đặt trung bình của một tổ máy CANDU vào khoảng 1 tỷ đô la, chưa tính đến phí vận hành, tiền nhiên liệu, bảo hiểm cũng như tiền chuyên trở và xử lý rác thải hạt nhân. Một trong những bài toán hay được nhắc đến trong phản ứng hạt nhân xảy ra trong CANDU đó là Xenon Poissoning. Nhiễm xạ Xenon được coi là nguyên nhân chính trong một chuỗi các sự kiện dẫn đến tai nạn khủng khiếp nhất trong lịch sử năng lượng hạt nhân, thảm họa Chernobyl. Nghiên cứu các sản phẩm của phản ứng hạt nhân, như Samarium, Xenon, sẽ giúp chúng ta dự đoán được tốc độ phản ứng, cũng như ảnh hưởng của chúng đến quá trình vận hành của lò hạt nhân nói riêng, và an toàn hạt nhân nói chung.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] **Nuclear Reactor**, Concepts of Modern Physics by Arthur Beiser, page 454.
- [2] **Fission-production Poisoning**, Nuclear Engineering Handbook by Etherington, 8-27 to 8-29.
- [3] **CANDU**, [http://www.candu.org/candu\\_reactors.html](http://www.candu.org/candu_reactors.html), accessed June 10.
- [4] **Xenon Poisoning**, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/nucene/xenon.html>, accessed June 10.
- [5] **Types of Nuclear Reactors**, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/nucene/reactor.html#c1>, accessed June 10.
- [6] **Canadian Nuclear Society Response**, <http://www.cns-snc.ca/media/McKayAug2003/McKay2003Aug20.html>, accessed June 10.

# **Sử dụng năng lượng mặt trời, thật giản**

## **đi: đun nước!**

Bài toán lớn đặt ra hiện nay là phải đầu tư phát triển các nguồn năng lượng xanh; năng lượng tái tạo đồng thời đẩy mạnh tiết kiệm năng lượng.

Vietnamnet mở ra tuyến bài về nội dung trên, bắt đầu với vấn đề khởi động phong trào đun nước bằng năng lượng mặt trời...

Năng lượng mặt trời (NLMT) là nguồn năng lượng thiên nhiên quý giá và vô tận. Khai thác tối đa nguồn NLMT là một mắt xích quan trọng trong chiến lược của thế giới hiện nay với những định hướng: Phát triển các nguồn năng lượng nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế ngày càng tăng. Đồng thời nỗ lực giảm mạnh sự phát thải khí "nhà kính" CO<sub>2</sub> nhằm ngăn chặn mối hiểm họa biến đổi khí hậu toàn cầu.

Một "Chương trình thiết bị đun nước nóng năng lượng mặt trời năm 2009" đã được khởi động, do Điện lực Việt Nam (EVN) và Văn phòng Tiết kiệm Năng lượng - Bộ Công Thương đã tổ chức với sự tham dự của đại diện lãnh đạo các cơ quan chức năng Bộ Công Thương, Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN), các công ty điện lực tham gia chương trình, các nhà cung cấp thiết bị trong cả nước.

Mục tiêu của chương trình này, như thông báo trên Tạp chí Công nghiệp, gồm những điểm lớn sau đây.

Thúc đẩy nghiên cứu, sản xuất, nhập khẩu và sử dụng các thiết bị gia nhiệt nước trong sinh hoạt và dịch vụ bằng năng lượng mặt trời và các dạng năng lượng khác cho các hộ gia đình và các tòa nhà (trung tâm thương mại, nhà chung cư, bệnh viện, trường học, các trụ sở cơ quan Nhà nước);

Mô tả ảnh.

Một loại thiết bị đun nước bằng năng lượng mặt trời

Phổ biến, triển khai mạnh mẽ thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời góp phần tiết kiệm điện và bảo vệ môi trường, vận động cộng đồng nâng cao nhận thức, thúc đẩy sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, đặc biệt trong những tháng cao điểm nắng nóng, năm 2008 và những tháng đầu năm nay.

EVN đã xây dựng và thực hiện hiệu quả 900 mô hình thí điểm về sử dụng thiết bị đun nước nóng bằng NLMT. Trong đó, Công ty Điện lực 2 thực hiện 200 mô hình, Công ty Điện lực TP. Hồ Chí Minh (300 mô hình), Công ty Điện lực Đồng Nai (200 mô hình) và Công ty TNHH MTV Điện lực Đà Nẵng (200 mô hình).

Để thực hiện kế hoạch của Bộ Công Thương giao, năm 2009, EVN sẽ triển khai tổ chức các lớp tập huấn về lắp đặt, vận hành và bảo dưỡng thiết bị nước nóng NLMT cho các cán bộ thuộc các đơn vị điện lực; phối hợp với các hoạt động truyền thông quảng bá, tạo dựng thị trường phát triển ứng dụng thiết bị NLMT; đồng thời, giao cho các đơn vị thành viên lắp đặt 1.000 mô hình thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời (NLMT) cho các

hộ khách hàng.

Trong đó, Công ty Điện lực 2 sẽ thực hiện 200 mô hình, Công ty Điện lực 3 (250 mô hình), Công ty Điện lực TP. Hồ Chí Minh (300 mô hình), Công ty Điện lực Đồng Nai (150 mô hình) và Công ty TNHH MTV Điện lực Đà Nẵng (100 mô hình). Mỗi hộ gia đình khi tham gia chương trình lắp đặt thí điểm thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời sẽ được hỗ trợ tối đa 01 triệu đồng từ chương trình.

"Chương trình thiết bị đun nước nóng năng lượng mặt trời năm 2009" sẽ nâng cao nhận thức, thay đổi thói quen sử dụng điện, thúc đẩy các hoạt động sử dụng điện tiết kiệm và hiệu quả, góp phần tích cực bảo vệ môi trường trong toàn xã hội.

Cuộc vận động đó có ý nghĩa to lớn về mặt kinh tế - xã hội. Trong chiến lược to lớn của toàn thế giới nhằm khai thác, sử dụng các nguồn năng lượng xanh, năng lượng tự nhiên, như mặt trời, gió, thủy triều v.v.. Chương trình "đun nước nóng năng lượng mặt trời" đang khởi động là một mắt xích giản đơn nhất, hiệu quả nhất, dễ phổ cập nhất hiện nay

# Thorium - năng lượng hạt nhân an toàn

Các chuyên gia quốc tế đang tham dự một hội nghị tại Canberra để thảo luận tiềm năng sử dụng thorium để thay thế cho việc sản xuất năng lượng phụ thuộc vào nhiên liệu như than đá và uranium.

## Trữ lượng thorium dồi dào

Ông Phil Joyce, Tổng Giám đốc Trung tâm Phân phối Miền nam, cho biết thorium là một khoáng chất có trữ lượng dồi dào được tìm thấy ở trong cát khoáng sản ở khắp nơi trên thế giới. Nguyên tố này cũng tồn tại trong các khối đá và là một trong những nguyên tố phóng xạ có thể sử dụng để sản xuất năng lượng sạch có trữ lượng dồi dào nhất hiện nay.

Theo thống kê của Tổ chức Nghiên cứu Địa chất Australia, nước này có trữ lượng thorium chiếm khoảng 18% trữ lượng trên toàn thế giới, tương đương với khoảng 250 – 450 ngàn tấn.

Theo quan điểm của Australia, thorium sẽ trở thành nguyên liệu chính trong sản xuất năng lượng. Một tấn thorium có thể sản xuất sản lượng điện tương đương với 3,5 tấn than. Đây là một nguyên liệu quý. Một khi người dân Australia và toàn thế giới biết rằng thorium là một nguyên liệu thay thế hiệu quả trong sản xuất năng lượng sạch, Australia sẽ có một môi trường hoàn toàn khác biệt với hiện nay.

Theo ông Joice, so với uranium, thorium an toàn hơn nhiều. Lò phản ứng muối nấu chảy sử dụng thorium không tan chảy bởi thorium không tự phân rã. Thorium chỉ phân rã khi có nơ-tron hoặc bị các nơ-tron tấn công. Như



vậy, nếu hiện tượng tấn công của nơ-tron hướng vào phân tử thorium bị chặn, phản ứng thực sẽ ngừng. Trong lò phản ứng hạt nhân sử dụng uranium, khi ngoài tầm kiểm soát, các kỹ thuật viên cần duy trì độ làm mát. Lò phản ứng uranium sẽ tan chảy nếu không được làm mát. Tuy nhiên, hiện tượng tan chảy trong lò phản ứng thorium ít có nguy cơ xảy ra.

### **Quản lý chất thải**

Trên lý thuyết, thorium lưu giữ một nửa phóng xạ trong khoảng thời gian một vài trăm năm và điều đó có ảnh hưởng lớn tới thế hệ tương lai. Vậy vấn đề chất thải thorium có cần được quan tâm hay không?

Theo ông Joyce, hiện có hai vấn đề chính. Thứ nhất lò phản ứng thorium đốt cháy gần như 100% nguyên liệu trong khi lò phản ứng uranium chỉ đốt cháy khoảng 7%. Hệ thống hiệu quả hơn thải ra ít chất thải hơn. Đương nhiên lò phản ứng thorium vẫn có chất thải nhưng điều khác biệt là nó sẽ phân hủy trong vòng 300 năm trong khi uranium phân hủy sau hàng chục ngàn năm. Như vậy, chất thải thorium dễ quản lý hơn.

### **Nhiều nước quan tâm**

Nhiều nước trên thế giới đang quan tâm tới việc sử dụng thorium như một nguyên liệu thay thế uranium. Nếu theo dõi trên twitter và các trang mạng xã hội, lượng truy cập các thông tin liên quan tới thorium tăng mạnh. Mỹ đang xem xét lựa chọn sử dụng thorium. Australia đang tổ chức một hội nghị và thảo luận về vấn đề này. Các nước Mỹ, Nhật Bản, Trung Quốc và Ấn Độ đang cố gắng tìm ra một nguồn nguyên liệu an toàn hơn thay thế uranium

Ông Joyce hi vọng ngành công nghiệp sử dụng thorium sẽ phát triển nhanh chóng. Mục tiêu Hội nghị tại Canberra là nhằm xác định cách thức và phương tiện có thể trợ giúp các đối tác kiểm tra thông tin trong quá trình phát triển công nghệ này. Sau khi hoàn thành nghiên cứu trong vài năm tới, các nhà khoa học Australia sẽ công bố thông tin và dữ liệu về thorium trên khắp thế giới

# Ứng dụng năng lượng mặt trời phục vụ sinh hoạt

Để tiết kiệm nguồn nhiên liệu, nâng cao chất lượng đời sống, sinh hoạt của bộ đội, Bộ Quốc phòng chỉ đạo các cơ quan, đơn vị đẩy mạnh nghiên cứu **thiết kế**, xây dựng các công trình ứng dụng **năng lượng mặt trời** hợp lý, hiệu quả sử dụng cao.

Cục Khoa học-Công nghệ-Môi trường Bộ Quốc phòng đã chủ trì phối hợp, quản lý đầu tư cho các đơn vị toàn quân. 5 năm qua, đã có hàng chục công trình ứng dụng **năng lượng mặt trời** hoàn thành, đưa vào khai thác hiệu quả. Ứng dụng **năng lượng** mặt trời phục vụ sinh hoạt Viết bình luận Lưu bài này

Cục Khoa học-Công nghệ-Môi trường Bộ Quốc phòng chủ trì nghiên cứu, triển khai công nghệ ứng dụng **năng lượng** mặt trời cho các đơn vị ở đảo Mê, đảo Ne, đảo Cồn Cỏ thuộc Quân khu 4. Công trình bao gồm lắp đặt hệ thống pin thu nạp năng lượng mặt trời, gồm 80 tấm pin, công suất thu nạp mỗi tấm đạt 45W/h. Các thiết bị dễ sử dụng, bảo đảm thấp sáng cho bộ đội. Cơ quan cục chủ động quản lý, chỉ đạo các đơn vị toàn quân khảo sát, lập thiết kế, xây dựng công trình công nghệ ứng dụng năng lượng mặt trời bằng ngân sách Bộ Quốc phòng đầu tư, bảo đảm tiến độ, chất lượng. Phòng Khoa học-Công nghệ-Môi trường Binh chủng Đặc công phối hợp với ngành Tài nguyên-Môi trường địa phương xây dựng các công trình ứng dụng năng lượng mặt trời để đun nước nóng phục vụ bộ đội. Đến nay, đã xây dựng được công trình ứng dụng năng lượng mặt trời công suất từ 500 lít đến 1.500

lít nước nóng mỗi ngày tại Trường Sĩ quan Đặc công và Đoàn đặc công 5. Phòng Khoa học-Công nghệ-Môi trường Binh chủng Tăng-Thiết giáp phối hợp với Phân viện Công nghệ mới và **bảo vệ** môi trường (Viện Khoa học và Công nghệ quân sự) lắp đặt hệ thống **điện** mặt trời công suất 0,5kW/h và hệ thống đun nước nóng công suất 750 lít/ngày tại Trường Sĩ quan Tăng-Thiết giáp.

Phòng Khoa học-Công nghệ-Môi trường Trường Sĩ quan Lục quân 2 phối hợp với Công ty công nghệ Trường Long xây dựng các hệ thống đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời lắp đặt tại 6 cơ quan, đơn vị học viên. Ban Doanh trại, Phòng Hậu cần Học viện Lục quân đã khảo sát, lắp 28 giàn năng lượng mặt trời công suất 5.500 lít nước nóng mỗi ngày và đang triển khai lắp đặt 10 giàn thu năng lượng mặt trời, công suất đạt 300 lít nước nóng mỗi ngày phục vụ cán bộ, học viên, góp phần nâng cao sức khỏe bộ đội

Chiều rộng của nó vào khoảng 20 cm khi nó được phóng ra. Trong quá trình di chuyển, chiều rộng của tia laser tăng liên tục. Máy phóng được đặt dưới đất và chịu sự điều khiển trực tiếp hoặc từ xa của một người.

Đích đến của tia laser là những phi cơ không người lái. Chúng vận hành theo chế độ tự động và được trang bị pin mặt trời. Khoảng cách từ điểm phóng tới điểm đích vào khoảng một km.

Vào thời điểm tia laser tới pin mặt trời, cường độ của nó mạnh hơn **ánh sáng** mặt trời khoảng 10 lần. Tuy nhiên, mắt người không thể thấy nó.

Khi tia laser tiếp xúc với pin mặt trời, những photon trong tia laser được chuyển thành **điện** theo cách thức mà pin mặt trời biến ánh sáng thành điện. Nhưng do tia laser chỉ có một bước sóng ánh sáng duy nhất nên quá trình

chuyển đổi nó thành điện hiệu quả hơn nhiều so với việc chuyển đổi ánh sáng mặt trời – vốn có nhiều bước sóng – thành điện. Ánh sáng mặt trời (hay ánh sáng trắng) được tạo nên bởi nhiều ánh sáng đơn sắc. Mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng riêng.

# Ứng dụng năng lượng mặt trời vào nuôi tôm

Năng lượng mặt trời (NLMT) từ lâu đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực và mang lại nhiều lợi ích thiết thực, bởi đó là nguồn **năng lượng** sạch. Mới đây, Tập đoàn Solar Air LLC của Mỹ đã giới thiệu một ứng dụng mới của NLMT trong nuôi tôm. Cụ thể là ứng dụng NLMT để tạo oxy cho mô hình nuôi tôm công nghiệp, thay thế máy chạy bằng dầu diesel.

Ứng dụng NLMT trong thời gian gần đây được các hộ nuôi tôm ở 2 tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau áp dụng. Ở Bạc Liêu, ứng dụng được áp dụng tại trang trại nuôi tôm sú của ông Võ Hồng Ngoãn (xã Vĩnh Trạch Đông, thị xã Bạc Liêu). Kết quả cho thấy, việc ứng dụng NLMT để nuôi tôm là một giải pháp **bảo vệ** môi trường ao nuôi, giảm chi phí sản xuất, tăng lợi nhuận cho người nuôi.

Theo tập đoàn Solar Air LLC, hệ thống tạo khí oxy bằng NLMT sẽ giúp giảm thiểu sự ô nhiễm và các chất gây bẩn trong ao hồ nuôi trồng thủy sản.

Giải pháp này loại bỏ khả năng gây ô nhiễm từ các nguồn **năng lượng** khác như dầu diesel, khí nén... Khi sử dụng cho nuôi tôm công nghiệp thì hoàn toàn không sử dụng hệ thống quạt vận hành bằng dầu diesel hoặc **điện**, qua đó sẽ giảm được chi phí sản xuất cho người nuôi tôm.

Theo tính toán của nhà sản xuất, trên diện tích ao nuôi khoảng 0,5 ha, nếu

dùng máy chạy dầu diesel để vận hành dàn quạt, chi phí sản xuất trung bình mỗi vụ nuôi khoảng 30 triệu đồng. Còn nếu dùng hệ thống tạo khí oxy được ứng dụng bằng NLMT, chi phí sản xuất sẽ không đáng kể do không tốn chi phí nhiên liệu, máy và nhiều dụng cụ khác.

Ông Nguyễn Tân Tiến, người đại diện cho tập đoàn Solar Air LLC tại Việt Nam cho biết, nhà sản xuất sẽ bảo hành 20 năm đối với tấm thu NLMT; 5 - 10 năm đối với các linh kiện khác...

Tuy vậy, theo ông Võ Hồng Ngoãn, ngoài những ưu điểm trên thì việc ứng dụng NLMT để nuôi tôm vẫn còn nhiều điểm cần được nhà sản xuất nghiên cứu, cải thiện mới thích nghi được với mô hình nuôi tôm công nghiệp ở đồng bằng sông Cửu Long.

Cũng phải kể đến những vấn đề như nếu gặp thời tiết thất thường, mưa bão liên tục trong một thời gian dài thì liệu hệ thống này có nạp đủ năng lượng để hoạt động hay không? Nếu gặp sự cố về kỹ thuật trong lúc tôm gần thu hoạch thì sẽ xử lý ra sao...?.

Theo ông Tạ Minh Phú - Phó Giám đốc Sở NN&PTNT Bạc Liêu, đây là một hệ thống mới, chi phí đầu tư ban đầu khá cao so với khả năng của nhiều người nuôi tôm trong tỉnh hiện nay (trên 200 triệu đồng cho một hệ thống NLMT đủ sức phục vụ ao nuôi với diện tích 0,5 ha).

Mặc dù nhà sản xuất đã đưa ra phương thức bán trả góp với đề nghị khoảng 6 triệu đồng/tháng trong thời gian khoảng 3 năm, nhưng với nhiều nông dân thì đây vẫn còn là mức cao. Sở NN&PTN Bạc Liêu cũng khuyến cáo người

dân cần tính toán và cân nhắc kỹ trước khi đi đến quyết định đầu tư vào ứng dụng này



## Năng lượng hạt nhân ( phần I )

Bách khoa toàn thư mở Wikipedia



Nhà máy điện hạt nhân Ikata, lò phản ứng nước áp lực làm lạnh bằng chất lỏng trao đổi nhiệt thứ cấp với đại dương.



Trạm phát điện hơi nước Susquehanna, lò phản ứng hơi nước. Các lò phản ứng được đặt trong các tòa nhà bảo vệ hình chữ nhật phía trước các tháp làm lạnh.

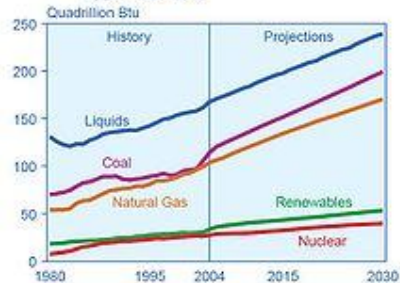


Ba loại tàu năng lượng hạt nhân, từ trên xuống là: du thuyền USS Bainbridge và USS Long Beach với USS Enterprise là hàng không mẫu hạm vận hành bằng năng lượng hạt nhân đầu tiên năm 1964. Các thủy thủ vẽ công thức  $E=mc^2$  của Einstein lên sàn tàu.

**Năng lượng hạt nhân** là một loại công nghệ hạt nhân được thiết kế để tách năng lượng hữu ích từ hạt nhân nguyên tử thông qua các lò phản ứng hạt nhân có kiểm soát. Phương pháp duy nhất được sử dụng hiện nay là phân hạch hạt nhân, mặc dù các phương pháp khác có thể bao gồm tổng hợp hạt nhân và phân rã phóng xạ. Tất cả các lò phản ứng với nhiều kích thước và mục đích sử dụng khác nhau<sup>[1]</sup> đều dùng nước được nung nóng để tạo ra hơi nước và sau đó được chuyển thành cơ năng để phát điện hoặc tạo lực đẩy. Năm 2007, 14% lượng điện trên thế giới được sản xuất từ năng lượng hạt nhân. Có hơn 150 tàu chạy bằng năng lượng hạt nhân và một vài tên lửa đồng vị phóng xạ đã được sản xuất.

## Sử dụng

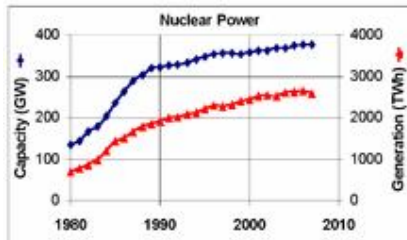
Figure 4. World Marketed Energy Use by Fuel Type, 1980-2030



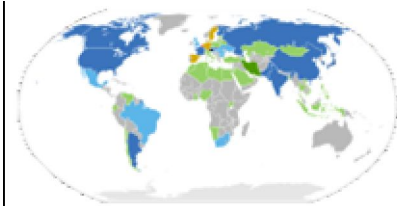
Sources: **History:** Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). **Projections:** EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2007).



Lịch sử và dự án sử dụng năng lượng trên thế giới phân theo nguồn năng lượng giai đoạn 1980-2030, Nguồn: International Energy Outlook 2007, Cục Thông tin Năng lượng Hoa Kỳ (EIA).



Công suất lắp đặt và phát điện từ năng lượng hạt nhân, 1980 - 2007 (EIA).



Hiện trạng sử dụng năng lượng hạt nhân toàn cầu. Nhấn vào hình để xem chú dẫn.

*Xem thêm: [Năng lượng hạt nhân theo quốc gia](#) và [Danh sách các lò phản ứng hạt nhân](#)*

Đến năm 2005, năng lượng hạt nhân cung cấp 2,1% nhu cầu năng lượng của thế giới và chiếm khoảng 15% sản lượng điện thế giới, trong khi đó chỉ tính riêng [Hoa Kỳ](#), [Pháp](#), và [Nhật Bản](#) sản lượng điện từ hạt nhân chiếm 56,5% tổng nhu cầu điện của ba nước này<sup>[2]</sup>. Đến năm 2007, theo báo cáo của [Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế \(IAEA\)](#) có 439 lò phản ứng hạt nhân đang hoạt động trên thế giới<sup>[3]</sup>, thuộc 31 quốc gia<sup>[4]</sup>.

Năm 2007, sản lượng điện hạt nhân trên thế giới giảm xuống còn 14%. Theo [IAEA](#), nguyên nhân chính của sự sụt giảm này là do một trận động đất xảy ra vào ngày 16 tháng 7 năm 2007 ở phía tây Nhật Bản, làm cho nước này ngưng tất cả 7 lò phản ứng của [nhà máy điện hạt nhân Kashiwazaki-Kariwa](#). Một vài nguyên nhân khác như "ngưng hoạt động bất thường" do thiếu nhiên liệu đã xảy ra ở Hàn Quốc và Đức. Thêm vào đó là sự gia tăng hệ số tải của các lò phản ứng để đáp ứng nhu cầu sử dụng chỉ diễn ra trong một thời gian ngắn (cao điểm)<sup>[5]</sup>.

Hoa Kỳ sản xuất nhiều năng lượng hạt nhân nhất cung cấp 19%<sup>[6]</sup> lượng điện tiêu thụ, trong khi đó tỷ lệ điện hạt nhân của Pháp là cao nhất trong sản lượng điện của nước này đạt 78% vào năm 2006<sup>[7]</sup>. Trong toàn [Liên minh châu Âu](#), năng lượng hạt nhân cung cấp 30% nhu cầu điện<sup>[8]</sup>. [Chính sách năng lượng hạt nhân](#) có sự khác biệt giữa các quốc gia thuộc Liên minh châu Âu, và một vài quốc gia khác như [Úc](#), [Estonia](#), và [Ireland](#), không có các trạm năng lượng hạt nhân hoạt động. Khi so sánh với các quốc gia khác thì Pháp có nhiều nhà máy điện hạt nhân, tổng cộng là 16 tổ hợp đang sử dụng.

Ở Hoa Kỳ, khi công nghiệp phát điện từ than và khí được quy hoạch đạt khoảng 85 tỷ đô la Mỹ vào năm 2013, thì các nhà máy phát điện hạt nhân được dự đoán đạt khoảng 18 triệu đô la Mỹ<sup>[9]</sup>.

Bên cạnh đó, một số tàu quân sự và dân dụng (như [tàu phá băng](#)) sử dụng [động cơ đẩy hạt nhân biển](#), một dạng của [động cơ đẩy hạt nhân](#)<sup>[10]</sup>. Một vài động cơ đẩy không gian được phóng lên sử dụng các [lò phản ứng hạt nhân](#) có đầy đủ chức năng: loạt tên lửa của Liên Xô [RORSAT](#) và [SNAP-10A](#) của Hoa Kỳ.

Trên phạm vi toàn cầu, việc hợp tác nghiên cứu quốc tế đang tiếp tục triển khai để nâng cao độ an toàn của việc sản xuất và sử dụng năng lượng hạt nhân như các nhà máy [an toàn bị động](#)<sup>[11]</sup>, sử dụng [phản ứng](#)

tổng hợp hạt nhân, và sử dụng nhiệt của quá trình như trong sản xuất hydro để lọc nước biển, và trong hệ thống sưởi khu vực.

## ***Lịch sử***

### **Nguồn gốc**

Phản ứng phân hạch hạt nhân được Enrico Fermi thực hiện hành công vào năm 1934 khi nhóm của ông dùng neutron bắn phá hạt nhân uranium<sup>[12]</sup>. Năm 1938, các nhà hóa học người Đức là Otto Hahn<sup>[13]</sup> và Fritz Strassmann, cùng với các nhà vật lý người Úc Lise Meitner<sup>[14]</sup> và Otto Robert Frisch cháu của Meitner<sup>[15]</sup>, đã thực hiện các thí nghiệm tạo ra các sản phẩm của urani sau khi bị neutron bắn phá. Họ xác định rằng các neutron tương đối nhỏ có thể cắt các hạt nhân của các nguyên tử urani lớn thành hai phần khá bằng nhau, và đây là một kết quả đáng ngạc nhiên. Rất nhiều nhà khoa học, trong đó có Leo Szilard là một trong những người đầu tiên nhận thấy rằng nếu các phản ứng phân hạch sinh ra thêm neutron, thì một phản ứng hạt nhân dây chuyền kéo dài là có thể tạo ra được. Các nhà khoa học tâm đắc điều này ở một số quốc gia (như Hoa Kỳ, Vương quốc Anh, Pháp, Đức và Liên Xô) đã đề nghị với chính phủ của họ ủng hộ việc nghiên cứu phản ứng phân hạch hạt nhân.

Tại Hoa Kỳ, nơi mà Fermi và Szilard di cư đến đây, những kiến nghị trên đã dẫn đến sự ra đời của lò phản ứng đầu tiên mang tên Chicago Pile-1, đạt được khối lượng tới hạn vào ngày 2 tháng 12 năm 1942. Công trình này trở thành một phần của dự án Manhattan, là một dự án xây dựng các lò phản ứng lớn ở Hanford Site (thành phố trước đây của Hanford, Washington) để làm giàu plutoni sử dụng trong các vũ khí hạt nhân đầu tiên được thả xuống các thành phố Hiroshima và Nagasaki ở Nhật Bản. Việc cố gắng làm giàu urani song song cũng được tiến hành trong thời gian đó.

Sau thế chiến thứ 2, mối đe dọa về việc nghiên cứu lò phản ứng hạt nhân có thể là nguyên nhân thúc đẩy việc phổ biến công nghệ và vũ khí hạt nhân nhanh chóng<sup>[cần dẫn nguồn]</sup>, kết hợp với những điều mà các nhà khoa học nghĩ, có thể là một đoạn đường phát triển dài để tạo ra bối cảnh mà theo đó việc nghiên cứu lò phản ứng phải được đặt dưới sự kiểm soát và phân loại chặt chẽ của chính phủ. Thêm vào đó, hầu hết việc nghiên cứu lò phản ứng tập trung chủ yếu vào các mục đích quân sự. Trên thực tế, không có gì là bí mật đối với công nghệ, và sau đó sinh ra một số nhánh nghiên cứu khi quân đội Hoa Kỳ từ chối tuân theo đề nghị của cộng đồng khoa học tại đất nước này trong việc mở rộng hợp tác quốc tế nhằm chia

sẽ thông tin và kiểm soát các vật liệu hạt nhân. Năm 2006, các vấn đề này đã trở nên khép kín với Hội Năng lượng Hạt nhân Toàn cầu.

Điện được sản xuất đầu tiên từ lò phản ứng hạt nhân thực nghiệm EBR-I vào ngày 20 tháng 12 năm 1951 tại Arco, Idaho, với công suất ban đầu đạt khoảng 100 kW (lò phản ứng Arco cũng là lò đầu tiên thí nghiệm về làm lạnh từng phần năm 1955). Năm 1952, một bản báo cáo của Hội đồng Paley (Hội đồng Chính sách Nguyên liệu của Tổng thống) cho Tổng thống Harry Truman đưa ra một đánh giá "trung đối bi quan" về năng lượng hạt nhân, và kêu gọi chuyển hướng nghiên cứu sang lĩnh vực năng lượng Mặt Trời<sup>[16]</sup>. Bài phát biểu tháng 12 năm 1953 của Tổng thống Dwight Eisenhower, nói về "nguyên tử vì hòa bình," nhấn mạnh việc khai thác nguyên tử để sản xuất điện và tạo một tiền lệ hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ Hoa Kỳ cho việc sử dụng năng lượng hạt nhân trên toàn cầu.

### Những năm trước đây

Tập tin:Calderhall.jpeg

Calder Hall nuclear power station in the United Kingdom was the world's first nuclear power station to produce electricity in commercial quantities.<sup>[17]</sup>



Trạm năng lượng nguyên tử Shippingport trên Shippingport, Pennsylvania là lò phản ứng thương mại đầu tiên ở Hoa Kỳ và được vận hành năm 1957.

Ngày 27 tháng 6 năm 1954, nhà máy điện hạt nhân Obninsk của Liên Xô trở thành nhà máy điện hạt nhân đầu tiên trên thế giới sản xuất điện hòa vào mạng lưới với công suất không tải khoảng 5 MW điện.<sup>[18][19]</sup>

Sau đó vào năm 1954, Lewis Strauss chủ tịch Ủy ban Năng lượng Nguyên tử Hoa Kỳ (U.S. AEC là tên gọi trước đây của Ủy ban Điều phối Hạt nhân Hoa Kỳ (*Nuclear Regulatory Commission*) và Bộ Năng lượng Hoa Kỳ) nói về điện trong tương lai sẽ "too cheap to meter"<sup>[20]</sup> (quá rẻ để sử dụng). U.S. AEC đã đưa ra một vài bằng chứng dè dặt đề cập đến vấn đề phân hạch hạt nhân lên Quốc Hội Hoa Kỳ chỉ trong vòng vài tháng

trước đó, quy hoạch rằng "các chi phí có thể bị cắt giảm ... [xuống] ... khoảng bằng với chi phí phát điện từ các nguồn truyền thống...". Strauss lúc đó có thể đang mập mờ đề cập đến sự hợp hạch hydro vốn là một bí mật vào thời điểm đó hơn là sự phân hạch urani, nhưng dù gì chẳng nữa ý định của Strauss đã được làm sáng tỏ bởi cộng đồng với lời hứa giá năng lượng rất rẻ từ phân hạch hạt nhân. Sự thất vọng đã gia tăng sau đó khi các nhà máy điện hạt nhân không cung cấp năng lượng đủ để đạt được mục tiêu "too cheap to meter."<sup>[21]</sup>

Năm 1955 "Hội nghị Geneva đầu tiên" của Liên Hiệp Quốc tập hợp phần lớn các nhà khoa học và kỹ sư bàn về khám phá công nghệ. Năm 1957 EURATOM thành lập Cộng đồng Kinh tế châu Âu (bây giờ là Liên minh châu Âu). Cũng cùng năm này cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế cũng được thành lập.

Nhà máy năng lượng nguyên tử thương mại đầu tiên trên thế giới, Calder Hall tại Sellafield, England được khai trương vào năm 1956 với công suất ban đầu là 50 MW (sau này nâng lên 200 MW).<sup>[17][22]</sup> Còn nhà máy phát điện thương mại đầu tiên vận hành ở Hoa Kỳ là lò phản ứng Shippingport (Pennsylvania, tháng 12 năm 1957).

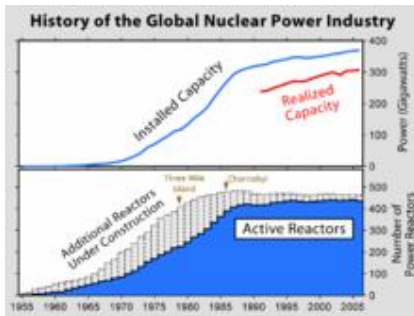
Một trong những tổ chức đầu tiên phát triển năng lượng hạt nhân là Hải quân Hoa Kỳ, họ sử dụng năng lượng này trong các bộ phận đẩy của tàu ngầm và hàng không mẫu hạm. Nó được ghi nhận là an toàn hạt nhân, có lẽ vì các yêu cầu nghiêm ngặt của đô đốc Hyman G. Rickover. Hải quân Hoa Kỳ vận hành nhiều lò phản ứng hạt nhân hơn các đội quân khác bao gồm cả quân đội Liên Xô,<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> mà không có các tình tiết chính được công khai. Tàu ngầm chạy bằng năng lượng hạt nhân đầu tiên USS Nautilus (SSN-571) được hạ thủy tháng 12 năm 1954<sup>[23]</sup>. Hai tàu ngầm của Hoa Kỳ khác là USS Scorpion và USS Thresher đã bị mất trên biển. Hai tàu này bị mất do hỏng các chức năng hệ thống liên quan đến các lò phản ứng. Những vị trí này được giám sát và không ai biết sự rò rỉ xảy ra từ các lò phản ứng trên boong.

Quân đội Hoa Kỳ cũng có chương trình năng lượng hạt nhân bắt đầu từ năm 1954. Nhà máy điện hạt nhân SM-1, ở Ft. Belvoir, Va., là lò phản ứng đầu tiên ở Hoa Kỳ sản xuất điện hòa vào mạng lưới thương mại (VEPCO) tháng 4 năm 1957, *trước* Shippingport.

Enrico Fermi và Leó Szilárd vào năm 1955 cùng nhận Bằng sáng chế Hoa Kỳ số 2.708.656 về lò phản ứng hạt nhân, được cấp rất muộn cho công trình của họ đã thực hiện trong suốt dự án Manhattan.

## Năng lượng hạt nhân ( phần II )

### Sự phát triển



Lịch sử sử dụng năng lượng hạt nhân (trên) và số lượng các nhà máy điện hạt nhân hoạt động.

Công suất lắp đặt hạt nhân tăng tương đối nhanh chóng từ dưới 1 gigawatt (GW) năm 1960 đến 100 GW vào cuối thập niên 1970, và 300 GW vào cuối thập niên 1980. Kể từ cuối thập niên 1980 công suất toàn cầu tăng một cách chậm chạp và đạt 366 GW năm 2005. Giữa khoảng thời gian 1970 và 1990, có hơn 50 GW công suất đang trong quá trình xây dựng (đạt đỉnh trên 150 GW vào cuối thập niên 1970 đầu 1980) — năm 2005 có khoảng 25 GW công suất được quy hoạch. Hơn 2/3 các nhà máy hạt nhân được đặt hàng sau tháng 1 năm 1970 cuối cùng đã bị hủy bỏ.<sup>[23]</sup>



Hệ thống cung cấp năng lượng công cộng Washington Các nhà máy điện hạt nhân số 3 và 5 không bao giờ được hoàn thành.

Trong suốt thập niên 1970 và 1980 việc tăng chi phí (liên quan đến các giai đoạn xây dựng mở rộng do các thay đổi về mặt cơ chế và sự kiện tụng của các nhóm phản đối)<sup>[24]</sup> và giảm giá nhiên liệu hóa thạch làm cho các nhà máy năng lượng hạt nhân trong giai đoạn xây dựng không còn sức hấp dẫn. Vào thập niên 1980 (Hoa Kỳ) và 1990 (châu Âu), sự tăng trưởng tải lượng điện đạt ngưỡng và tự do hóa điện năng cũng bổ sung

thêm một lượng lớn công suất tối thiểu mới vốn đã trở nên không còn hấp dẫn nữa.

Cuộc khủng hoảng dầu hỏa năm 1973 tác động đến nhiều quốc gia nặng nhất là Pháp và Nhật Bản vốn là những nước phụ thuộc phần lớn vào lượng dầu hỏa để phát điện (tương ứng 39% ở Pháp và 73% ở Nhật) và đây cũng là động lực để các nước này đầu tư vào năng lượng hạt nhân<sup>[25][26]</sup>. Ngày nay, lượng điện từ năng lượng hạt nhân ở Pháp chiếm 80% và ở Nhật Bản là 30% trong sản lượng điện của các nước này.

Sự chuyên dịch của việc gia tăng sử dụng năng lượng hạt nhân trong cuối thế kỷ 20 xuất phát từ những lo sợ về các tai nạn hạt nhân tiềm ẩn như mức độ nghiêm trọng của các vụ tai nạn, bức xạ như mức độ ảnh hưởng của bức xạ ra cộng đồng, phát triển hạt nhân, và ngược lại, đối với chất thải hạt nhân vẫn còn thiếu các dự án chứa chất thải sau cùng. Những rủi ro trước mắt đối với sức khỏe và an toàn của dân chúng như tai nạn năm 1979 tại Three Mile Island và thảm họa Chernobyl năm 1986 là vấn đề quan trọng thúc đẩy việc ngừng xây dựng các nhà máy điện hạt nhân mới ở một số quốc gia<sup>[27]</sup>, mặc dù các tổ chức chính sách công cộng Brookings Institution đề nghị rằng các lò phản ứng hạt nhân mới không được đặt hàng ở Hoa Kỳ bởi vì việc nghiên cứu của Viện này bao gồm phần chi phí chiếm 15–30% tuổi thọ của nó so với các nhà máy điện chạy bằng than và khí thiên nhiên<sup>[28]</sup>.

Không giống như tai nạn Three Mile Island, thảm họa Chernobyl nghiêm trọng hơn nhiều đã không làm tăng thêm các điều lệ ảnh hưởng đến các lò phản ứng phương Tây kể từ khi các lò phản ứng Chernobyl, là lò phản ứng theo thiết kế RBMK, vẫn còn bàn cãi chỉ sử dụng ở Liên Xô, ví dụ như thiếu các tòa nhà chống phóng xạ "vững vàng".<sup>[29]</sup> Một số lò phản ứng kiểu này vẫn được sử dụng cho đến ngày nay. Tuy nhiên, các thay đổi cũng đã được thực hiện ở các khâu phản ứng (sử dụng urani được làm giàu thấp) và hệ thống điều khiển (ngăn chặn sự vô hiệu hóa hệ thống an toàn) để giảm khả năng xuất hiện các tai nạn tương tự.

Sau đó, tổ chức quốc tế về nâng cao độ nhận thức an toàn và sự phát triển chuyên nghiệp trong vận hành các chức năng liên quan đến hạt nhân được thành lập với tên gọi WANO; World Association of Nuclear Operators.

Ngược lại, các nước như Ireland, New Zealand và Ba Lan đã cấm các chương trình hạt nhân trong khi Úc (1978), Thụy Điển (1980) and Ý (1987) (bị ảnh hưởng bởi Chernobyl) đã thực hiện trưng cầu dân ý bỏ phiếu chống lại năng lượng hạt nhân.



## **Kinh tế**

*Bài chi tiết: [Kinh tế và nhà máy điện hạt nhân mới](#)  
[Xem thêm tranh cãi về năng lượng hạt nhân.](#)*

Đặc điểm kinh tế của các nhà máy hạt nhân mới thường bị ảnh hưởng bởi chi phí đầu tư ban đầu. Tuy vậy, sẽ mang lại nhiều lợi nhuận hơn khi vận hành chúng càng lâu dài càng có thể cho đến khi chúng có khuynh hướng giảm công suất<sup>[30]</sup>. Việc so sánh giá trị kinh tế của nhà máy hạt nhân so với các nguồn khác được đề cập ở bài chi tiết về [tranh cãi về năng lượng hạt nhân](#).

## **Triển vọng**



 [Nhà máy điện hạt nhân Diablo Canyon](#) ở San Luis Obispo County, California, Hoa Kỳ

*[Xem thêm: Chính sách năng lượng hạt nhân và Giảm thiểu sự ấm lên toàn cầu](#)*

Năm 2007, [Watts Bar 1](#), đã hòa vào mạng lưới ngày 7 tháng 2 năm 1996, là lò phản ứng hạt nhân thương mại cuối cùng của Hoa Kỳ hòa vào lưới điện. Đây là một "dấu hiệu" của một chiến dịch thành công trên toàn cầu nhằm từng bước loại bỏ năng lượng hạt nhân. Tuy nhiên, thậm chí ở Hoa Kỳ và ở châu Âu, việc đầu tư nghiên cứu và [chu trình nguyên liệu hạt nhân](#) vẫn tiếp tục, và theo dự đoán của một số chuyên gia về công nghiệp hạt nhân<sup>[31]</sup> cho rằng [khủng hoảng điện năng](#) sẽ làm giá nhiên liệu hóa thạch sẽ tăng, sự [ấm lên toàn cầu](#) và phát thải kim loại nặng từ việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch, các công nghệ mới như các nhà máy [an toàn thụ động](#), và an ninh năng lượng quốc gia sẽ làm sống lại nhu cầu sử dụng các nhà máy điện hạt nhân.

Theo [Tổ chức Hạt nhân Thế giới](#), nhìn trên góc độ toàn cầu trong suốt thập niên 1980 cứ trung bình 17 ngày là có một lò phản ứng hạt nhân mới đưa vào hoạt động, và tỷ lệ đó có thể sẽ tăng lên 5 ngày vào năm 2015.<sup>[32]</sup>

Một số quốc gia vẫn duy trì hoạt động phát triển năng lượng hạt nhân như Pakistan, Nhật Bản, Trung Quốc, và Ấn Độ, tất cả đều đang phát triển công nghệ nhiệt và neutron nhanh, Hàn Quốc (Nam Hàn) và Hoa Kỳ chỉ phát triển công nghệ nhiệt, Nam Phi và Trung Quốc đang phát triển các phiên bản Lò phản ứng modun đáy cuối (PBMR). Một số thành viên của Liên minh châu Âu thuyết phục thúc đẩy các chương trình hạt nhân, trong khi các thành viên khác vẫn tiếp tục cấm sử dụng năng lượng hạt nhân. Nhật Bản có một chương trình xây dựng hạt nhân còn hoạt động với một lò phản ứng mới được hòa vào mạng lưới năm 2005. Ở Hoa Kỳ, 3 côngxooxiom hưởng ứng vào năm 2004 về những thúc giục của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ trong chương trình năng lượng hạt nhân 2010 và được trao chi phí cho hoạt động này — Hành động chính sách năng lượng 2005 được ủy quyền bảo lãnh các khoản vay để xây dựng khoảng 6 lò phản ứng mới và cho phép Bộ Năng lượng xây dựng một lò phản ứng theo công nghệ Thế hệ IV lò phản ứng nhiệt độ rất cao để sản xuất cả điện năng và thủy điện. Vào đầu thế kỷ 21, năng lượng hạt nhân có một sức hấp dẫn đặc biệt đối với Trung Quốc và Ấn Độ theo công nghệ lò phản ứng breeder nhanh vì nguồn năng lượng này giúp họ phát triển kinh tế một cách nhanh chóng (xem thêm phát triển năng lượng). Trong chính sách năng lượng của Liên hiệp Vương quốc Anh cũng nêu rằng có sự sụt giảm cung cấp năng lượng trong tương lai, để bù đắp vào sự thiếu hụt đó hoặc là xây dựng các nhà máy năng lượng hạt nhân mới hoặc là kéo dài tuổi thọ của các nhà máy hiện tại. <sup>[[cần dẫn nguồn](#)]</sup>

Một trở ngại trong việc sản xuất các nhà máy điện hạt nhân là chỉ có 4 công ty toàn cầu (Japan Steel Works, China First Industries, OMX Izhora và Doosan Heavy Industries) có khả năng sản xuất các vỏ bọc <sup>[33]</sup>, bộ phận này có chức năng làm giảm rủi ro rò rỉ hạt nhân. Japan Steel Works chỉ có thể sản xuất 4 vỏ bọc lò phản ứng 1 năm, tuy nhiên sản lượng có thể tăng lên gấp đôi trong 2 năm tới. Các nhà sản xuất khác đang xem xét những lựa chọn khác nhau bao gồm cả việc tự làm các bộ phận của lò phản ứng cho riêng họ hoặc tìm kiếm cách khác để làm những bộ phận tương tự bằng cách sử dụng các phương pháp thay thế. <sup>[34]</sup> Các giải pháp khác bao gồm việc sử dụng các mẫu thiết kế không đòi hỏi các lớp vỏ bọc chịu áp suất riêng biệt như ở lò phản ứng CANDU cải tiến, Canada hoặc lò phản ứng nhanh làm lạnh bằng natri.

Các công ty khác có thể làm những xưởng luyện kim lớn đòi hỏi các vỏ bọc chịu áp suất như OMZ của Nga, là loại đang được nâng cấp có thể sản xuất từ 3 đến 4 vỏ bọc một năm; <sup>[35]</sup> Doosan Heavy Industries Hàn Quốc; <sup>[36][37]</sup> và Mitsubishi Heavy Industries đang tăng công suất sản xuất các vỏ bọc chịu áp lực và các bộ phận lò hạt nhân lớn khác lên gấp đôi. <sup>[38]</sup>

Sheffield Forgemasters của Anh đang đánh giá lợi nhuận của việc chế tạo các công cụ này đối với xưởng đúc vật liệu hạt nhân.

Theo báo cáo năm 2007 của tổ chức, European Greens, chống hạt nhân tuyên bố rằng "thậm chí nếu Phần Lan và Pháp xây dựng một lò phản ứng nước áp lực kiểu châu Âu (EPR), thì Trung Quốc đã khởi động xây dựng thêm 20 nhà máy và Nhật Bản, Hàn Quốc hoặc đông Âu sẽ thêm 1 hoặc hơn. Xu hướng chung trên toàn cầu về công suất năng lượng hạt nhân sẽ giảm trong vòng 2 đến 3 thập kỷ tới vì với khoảng thời gian dài từ hàng chục năm để xây dựng xong một nhà máy hạt nhân, nên về mặt thực tế thì khó có thể tăng sản lượng thậm chí duy trì vận hành các nhà máy hiện tại cho tới 20 năm tới, trừ khi tuổi thọ của các nhà máy có thể được tăng lên trên mức trung bình là 40 năm."<sup>[39]</sup> Thực tế, Trung Quốc lên kế hoạch xây dựng hơn 100 nhà máy,<sup>[40]</sup> trong khi ở Hoa Kỳ giấy phép của gần phân nửa các lò phản ứng đã được gia hạn đến 60 năm,<sup>[41]</sup> và các dự án xây mới 30 lò phản ứng đang được xem xét.<sup>[42]</sup> Hơn thế, U.S. NRC và Bộ Năng lượng Hòa Kỳ đã bước đầu đặt vấn đề cho phép gia hạn giấy phép lò phản ứng hạt nhân lên 60 năm, cấp lại cứ sau mỗi 20 năm nhưng phải chứng minh được độ an toàn, giảm tải phát thải chất không phải CO<sub>2</sub> từ các lò phản ứng hết tuổi thọ. Các lò này có thể góp phần vào cung cầu điện đang mất cân bằng nhằm phục vụ cho yêu cầu an toàn năng lượng Hoa Kỳ, nhưng có khả năng gia tăng phát thải khí nhà kính.<sup>[43]</sup> Năm 2008, IAEA dự đoán rằng công suất điện hạt nhân có thể tăng gấp đôi vào năm 2030, mặc dù nó không đủ để tăng tỷ lệ điện hạt nhân trong ngành điện.<sup>[44]</sup>

## **Công nghệ lò phản ứng hạt nhân**

*Bài chi tiết: Công nghệ lò phản ứng hạt nhân*



Nhà máy năng lượng hạt nhân Cattenom.

Cũng giống như một số trạm năng lượng nhiệt phát điện bằng nhiệt năng từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch, các nhà máy năng lượng hạt nhân biến đổi năng lượng giải phóng từ hạt nhân nguyên tử thông qua phản ứng phân hạch.

Khi một hạt nhân nguyên tử dùng để phân hạch tương đối lớn (thường là urani 235 hoặc plutoni-239) hấp thụ notron sẽ tạo ra sự phân hạch nguyên

tử. Quá trình phân hạch tách nguyên tử thành 2 hay nhiều hạt nhân nhỏ hơn kèm theo đông năng (hay còn gọi là sản phẩm phân hạch) và cũng giải phóng tia phóng xạ gamma và notron tự do.<sup>[45]</sup> Một phần notron tự do này sau đó được hấp thụ bởi các nguyên tử phân hạch khác và tiếp tục tạo ra nhiều notron hơn.<sup>[46]</sup> Đây là phản ứng tạo ra notron theo cấp số nhân.

Phản ứng dây chuyền hạt nhân này có thể được kiểm soát bằng cách sử dụng chất hấp thụ notron và bộ điều hòa notron để thay đổi tỷ lệ notron tham gia vào các phản ứng phân hạch tiếp theo.<sup>[46]</sup> Các lò phản ứng hạt nhân hầu hết có các hệ thống vận hành bằng tay và tự động để tắt phản ứng phân hạch khi phát hiện các điều kiện không an toàn.<sup>[47]</sup>

Hệ thống làm lạnh giải phóng nhiệt từ lõi lò phản ứng và vận chuyển nhiệt đến bộ phận phát điện từ nhiệt năng này hoặc sử dụng vào những mục đích khác. Đặc biệt chất làm lạnh nóng là nguồn nhiệt sẽ được dùng cho các lò nung, và hơi nước nén từ lò nung sẽ làm quay các tốc bin hơi nước vận hành các máy phát điện.<sup>[48]</sup>

Có nhiều kiểu lò phản ứng khác nhau sử dụng các nguyên liệu, chất làm lạnh và các cơ chế vận hành khác nhau. Một vài trong các mẫu này được thiết kế yêu cầu kỹ thuật. Lò phản ứng dùng trong các tàu ngầm hạt nhân và các các tàu hải quân lớn, ví dụ, thường sử dụng nhiên liệu urani được làm giàu rất cao. Việc sử dụng nguyên liệu urani làm giàu rất cao sẽ làm tăng mật độ năng lượng của lò phản ứng và gia tăng hệ số sử dụng của tải lượng nhiên liệu hạt nhân, nhưng giá của nó đắt và có nhiều rủi ro hơn so với các nguyên liệu hạt nhân khác.<sup>[49]</sup>

Một số kiểu lò phản ứng mới dùng cho các nhà máy điện hạt nhân, như các lò phản ứng hạt nhân thế hệ IV, là đối tượng nghiên cứu và có thể được sử dụng để thí nghiệm phát điện trong tương lai. Một vài trong số các kiểu mới này đang được thiết kế để đạt được các phản ứng phân hạch sạch hơn, an toàn hơn và ít rủi ro hơn đối với sự gia tăng nhanh chóng các vũ khí hạt nhân. Các nhà máy an toàn thụ động (như lò phản ứng ESBWR) đang được xây dựng<sup>[50]</sup> và các kiểu khác đang được thuyết phục.<sup>[51]</sup> Các lò phản ứng hợp hạch có thể có triển vọng trong tương lai nhằm giảm bớt hoặc loại bỏ những rủi ro liên quan đến phân hạch hạt nhân.<sup>[52]</sup>

## Tuổi thọ



**Chu trình nguyên liệu hạt nhân** bắt đầu khi urani được khai thác, làm giàu, và chế tạo thành nguyên liệu hạt nhân, (1) đưa đến nhà máy năng lượng hạt nhân. Sau khi sử dụng ở nhà máy, nguyên liệu đã qua sử dụng được đưa tới nhà máy tái xử lý (2) hoặc kho chứa cuối cùng (3). Trong quá trình tái xử lý 95% nguyên liệu đã sử dụng có thể được thu hồi để đưa trở lại nhà máy năng lượng (4).

*Bài chi tiết: [Chu trình năng lượng hạt nhân](#)*

Lò phản ứng hạt nhân là một phần trong chu trình năng lượng hạt nhân. Quá trình bắt đầu từ khai thác mỏ (xem [khai thác mỏ urani](#)). Các mỏ urani nằm dưới lòng đất, được khai thác theo phương thức lộ thiên, hoặc các mỏ đài tại chỗ. Trong bất kỳ trường hợp nào, khi quặng urani được chiết tách, nó thường được chuyển thành dạng ổn định và nén chặt như bánh vàng (yellowcake), và sau đó vận chuyển đến nhà máy xử lý. Ở đây, bánh vàng được chuyển thành urani hexaflorua, loại này sau đó lại được đem đi làm giàu để sử dụng cho các ngành công nghệ khác nhau. Urani sau khi được làm giàu chứa hơn 0,7% U-235 tự nhiên, được sử dụng để làm cần nguyên liệu trong lò phản ứng đặc biệt. Các cần nguyên liệu sẽ trải qua khoảng 3 chu trình vận hành (tổng cộng khoảng 6 năm) trong lò phản ứng, về mặt tổng quát chỉ có khoảng 3% lượng urani của nó tham gia vào phản ứng phân hạch, sau đó chúng sẽ được chuyển tới một hố nguyên liệu đã sử dụng, ở đây các đồng vị có tuổi thọ thấp được tạo ra từ phản ứng phân hạch sẽ phân rã. Sau khoảng 5 năm trong hố làm lạnh, nguyên liệu tiêu thụ nguội đi và giảm tính phóng xạ đến mức có thể xách được, và nó được chuyển đến các thùng chứa khô hoặc đem tái xử lý.

## Năng lượng hạt nhân ( phần III )

### Các nguồn nguyên liệu truyền thống

*Bài chi tiết: [Thị trường urani](#) và [Phát triển năng lượng hạt nhân](#)*

Urani là một nguyên tố khá phổ biến trong vỏ Trái Đất cũng giống như kẽm hoặc germani, và phổ biến gấp khoảng 35 lần so với bạc. Urani là thành phần trong hầu hết các đá và bụi. Thực tế rằng urani quá phân tán là một trở ngại bởi vì khai thác mỏ urani chỉ đạt hiệu quả kinh tế khi nó tập trung hàm lượng cao. Cho đến ngày nay, giá urani có thể thu lợi nhuận đạt khoảng 130 USD/kg, và lượn urani đủ để cung cấp cho các nhà máy hoạt động "ít nhất một thế kỷ" với tốc độ tiêu thụ như hiện nay.<sup>[53][54]</sup> Điều này tương ứng với một mức tài nguyên chắc chắn cao hơn mức bình thường cho hầu hết các khoáng vật. Điểm giống nhau cơ bản với các khoáng vật kim loại khác đó là giá tăng gấp đôi từ mức được kỳ vọng trong hiện tại có thể tạo ra mức tăng gấp 10 lần đối với tài nguyên đã cân nhắc. Tuy nhiên, giá năng lượng hạt nhân chiếm phần lớn trong công trình nhà máy năng lượng. Vì vậy, đóng góp của nguyên liệu vào giá điện toàn cầu chỉ là một phần tương đối nhỏ, thậm chí giá nhiên liệu leo thang có ảnh hưởng tương đối nhỏ đến giá thành phẩm. Ví dụ, giá urani tăng gấp đôi trên thị trường có thể tăng chi phí nguyên liệu đối với các lò phản ứng nước nhẹ lên 26% và giá điện khoảng 7%, trong khi đó việc tăng gấp đôi giá khí thiên nhiên có thể góp phần làm tăng thêm 70% vào giá điện. Ở mức giá nguyên liệu cao, việc khai thác các nguồn khí trong đá granit và dưới biển sẽ mang lại lợi nhuận.<sup>[55][56]</sup>

Các lò phản ứng nước nhẹ hiện tại ít bị ảnh hưởng lớn từ nguyên liệu hạt nhân, vì quá trình phân hạch chỉ sử dụng rất ít đồng vị hiếm urani-235. Tái xử lý hạt nhân có thể sử dụng lại từ nguồn chất thải của lò này và đạt hiệu quả cao hơn đối với những lò được thiết kế sử dụng những nguồn nguyên liệu phổ biến.<sup>[57]</sup>

### Breeding

*Bài chi tiết: [Phản ứng Breeder](#)*

Ngược lại với lò phản ứng nước nhẹ hiện nay sử dụng urani-235 (chiếm 0,7% tổng lượng urani tự nhiên), các lò phản ứng fast breeder sử dụng urani-238 (chiếm 99,3% urani tự nhiên). Người ta tính toán rằng lượng urani-238 đủ để sử dụng cho các nhà máy hạt nhân đến 5 tỷ năm.<sup>[58]</sup>

Công nghệ breeder đã được sử dụng cho một số lò phản ứng, nhưng chi phí xử lý nguyên liệu cao đòi hỏi giá urani vượt hơn 200 USD/kg.<sup>[59]</sup> Tháng 12 năm 2005, chỉ có một lò phản ứng loại này hoạt động là lò BN-

600 ở Beloyarsk, Nga. Công suất điện đầu ra của nó là 600 MW — Nga cũng đã có kế hoạch xây thêm một lò khác tên BN-800, ở Beloyarsk. Tương tự, lò phản ứng Monju của Nhật Bản đã được lên kế hoạch để khởi công nhưng đã bị ngừng từ năm 1995, trong khi đó cả Trung Quốc và Ấn Độ cũng dự định xây các lò phản ứng kiểu này.

Một loại lò thay thế khác có thể sử dụng urani-233 sinh ra từ thori làm nguyên liệu phân hạch trong chu trình nguyên liệu thori. Thori phổ biến hơn urani khoảng 3,5 lần trong vỏ Trái Đất, và có đặc điểm phân bố khác nhau. Nguồn nguyên liệu này sẽ làm tăng lượng nguyên liệu phân hạch lên đến 450%.<sup>[60]</sup> Không giống quá trình biến đổi U-238 thành plutoni, các lò phản ứng fast breeder không cần quy trình này — nó có thể thể hiện một cách đầy đủ hơn so với các nhà máy truyền thống. Ấn Độ đã thấy công nghệ này, khi mà họ có nguồn thori dồi dào hơn urani.

## Tổng hợp

Những người ủng hộ năng lượng hợp hạch đề nghị nên sử dụng deuterium hoặc triti là các đồng vị của hidro, làm nguyên liệu và trong một vài kiểu lò phản ứng hiện nay cũng dùng lithi và boron. Năng lượng đầu ra của chúng bằng với năng lượng đầu ra hiện tại trên toàn cầu và nó sẽ không tăng thêm trong tương lai, và các nguồn tài nguyên lithi đã được phát hiện hiện tại có thể cung cấp cho ít nhất 3000 năm nữa, lithi từ nước biển khoảng 60 triệu năm, và quá trình tổng hợp phức tạp hơn chỉ sử dụng deuteri khai thác từ nước biển có thể cung cấp nguyên liệu cho 150 tỉ năm.<sup>[61]</sup> Mặc dù quá trình này chưa trở thành thực tế nhưng các chuyên gia tin rằng tổng hợp hạt nhân là một nguồn năng lượng đầy hứa hẹn trong tương lai vì nó tạo ra các chất thải phóng xạ có thời gian sống ngắn, phát thải cacbon ít.

## Nước

*Xem thêm: Nước#Sử dụng trong công nghiệp và Tác động môi trường của năng lượng hạt nhân*

Cũng giống như tất cả các dạng nhà máy phát điện sử dụng tuốc bin hơi nước, các nhà máy điện hạt nhân sử dụng rất nhiều nước để làm lạnh. Sellafield, nhà máy này không còn sản xuất điện, sử dụng lượng nước tối đa là 18.184,4 m<sup>3</sup> một ngày và 6.637,306 m<sup>3</sup> nước được xử lý từ nước thải một năm để tạo hơi nước (số liệu từ Environment Agency).<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> Đối với hầu hết các nhà máy điện, 2/3 năng lượng tạo ra từ nhà máy điện hạt nhân trở thành nhiệt không có ích (xem chu trình Carnot), và lượng nhiệt đó được mang ra khỏi nhà máy ở dạng nước nóng (chúng vẫn không bị nhiễm phóng xạ). Nước giải phóng nhiệt bằng cách

đưa vào các tháp làm lạnh ở đó hơi nước bốc lên và đọng sương rồi rơi xuống (mây) hoặc thả trực tiếp vào nguồn nước như ao làm lạnh, hồ, sông hay đại dương.<sup>[62]</sup> Trong trường hợp có hạn hán sẽ là một khó khăn đối với các nhà máy do nguồn cung cấp nước làm lạnh bị cạn kiệt.<sup>[63][64]</sup>

Nhà máy điện hạt nhân Palo Verde gần Phoenix, Arizona là nhà máy phát điện hạt nhân duy nhất không nằm gần nguồn nước lớn. Thay vào đó, nó sử dụng nước thải đã qua xử lý từ các đô thị lân cận để làm nước làm lạnh, với lượng nước thải khoảng 76.000.000 m<sup>3</sup> mỗi năm.<sup>[cần dẫn nguồn]</sup>

Giống như các nhà máy năng lượng truyền thống, các nhà máy năng lượng hạt nhân tạo ra một lượng lớn nhiệt thừa, nó bị thải ra khỏi bộ phận ngưng tụ sau khi qua tuốc bin hơi nước. Bộ phận phát điện kép của các nhà máy có thể tận dụng nguồn nhiệt này theo như đề xuất của Oak Ridge National Laboratory (ORNL) trong quá trình cộng năng lượng<sup>[65]</sup> để tăng hệ số sử dụng nhiệt. Ví dụ như sử dụng hơi nước từ các nhà máy năng lượng để sản xuất hidro.<sup>[66]</sup>

## **Chất thải phóng xạ**

*Xem thêm về nội dung này tại Chất thải phóng xạ.*

Việc lưu giữ và thải chất thải hạt nhân an toàn vẫn còn là một thách thức và chưa có một giải pháp thích hợp. Vấn đề quan trọng nhất là dòng chất thải từ các nhà máy năng lượng hạt nhân là nguyên liệu đã qua sử dụng. Một lò phản ứng công suất lớn tạo ra 3 mét khối (25–30 tấn) nguyên liệu đã qua sử dụng mỗi năm.<sup>[67]</sup> Nó bao gồm urani không chuyển hóa được cũng như một lượng khá lớn các nguyên tử thuộc nhóm Actini (hầu hết là plutoni và curi). Thêm vào đó, có khoảng 3% là các sản phẩm phân hạch. Nhóm actini (urani, plutoni, và curi) có tính phóng xạ lâu dài, trong khi đó các sản phẩm phân hạch có tính phóng xạ ngắn hơn.<sup>[68]</sup>

## **Chất thải phóng xạ cao**

*Xem thêm: Chất thải phóng xạ cao*

Nguyên liệu đã qua sử dụng có tính phóng xạ rất cao và phải rất thận trọng trong khâu vận chuyển hay tiếp xúc với nó.<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> Tuy nhiên, nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng sẽ giảm khả năng phóng xạ sau hàng ngàn năm. Có khoảng 5% cần nguyên liệu đã phản ứng không thể sử dụng lại được nữa, vì vậy ngày nay các nhà khoa học đang thí nghiệm để tái sử dụng các cần này để giảm lượng chất thải. Trung bình, cứ sau 40 năm, dòng phóng xạ giảm 99,9% so với thời điểm loại bỏ nguyên liệu đã sử dụng, mặc dù nó vẫn còn phóng xạ nguy hiểm.<sup>[57]</sup>



Cần nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng được chứa trong các bồn nước chống phóng xạ. Nước có chức năng làm lạnh đối với các sản phẩm phân hạch vẫn còn phân rã và che chắn tia phóng xạ ra môi trường. Sau vài chục năm các bồn chứa trở nên lạnh hơn, nguyên liệu ít phóng xạ hơn sẽ được chuyển đến nơi chứa khô, ở đây nguyên liệu được chứa các thùng bằng thép và bê tông cho đến khi độ phóng xạ của nó giảm một cách tự nhiên ("phân rã") đến mức an toàn đủ để tiếp tục thực hiện các quá trình xử lý khác. Việc chứa tạm thời này kéo dài vài năm, vài chục năm thậm chí cả ngàn năm tùy thuộc vào loại nguyên liệu. Hầu hết các chất thải phóng xạ của Hoa Kỳ hiện tại được chứa ở các vị trí tạm thời có giám sát, trong khi các phương pháp thích hợp cho việc thải vĩnh cửu vẫn đang được bàn luận.

Cho đến năm 2007, Hoa Kỳ thải ra tổng cộng hơn 50,000 tấn nguyên liệu đã qua sử dụng từ các lò phản ứng hạt nhân.<sup>[69]</sup> Phương pháp chứa dưới lòng đất ở núi Yucca ở Hoa Kỳ đã được đề xuất là cách chôn cất thải vĩnh viễn. Sau 10.000 năm phân rã phóng xạ, theo tiêu chuẩn Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ, nguyên liệu hạt nhân đã qua sử dụng sẽ không còn là mối đe dọa đối với sức khỏe và an toàn của cộng đồng.<sup>[cần dẫn nguồn]</sup>

Lượng chất thải có thể được giảm thiểu bằng nhiều cách, đặc biệt là tái xử lý. Lượng chất thải còn lại sẽ có độ phóng xạ ổn định sau ít nhất 300 năm ngay cả khi loại bỏ các nguyên tố trong nhóm actini, và lên đến hàng ngàn năm nếu chưa loại bỏ các nguyên tố trên. {{Fact}} Trong trường hợp tách tất cả các nguyên tố trong nhóm actini và sử dụng các lò phản ứng **fast breeder** để phá hủy bằng sự biến tổ một vài nguyên tố không thuộc nhóm actini có tuổi thọ dài hơn, chất thải phải được cách ly với môi trường vài trăm năm, cho nên chất thải này được xếp vào nhóm có tác động lâu dài. Các lò phản ứng hợp hạch có thể làm giảm số lượng chất thải này.<sup>[70]</sup> Người ta cũng tranh luận rằng giải pháp tốt nhất đối với chất thải hạt nhân là chứa tạm thời trên mặt đất cho đến khi công nghệ phát triển thì các nguồn chất thải này sẽ trở nên có giá trị trong tương lai.

Theo một tin tức trên chương trình năm 2007 phát trên 60 Minutes, năng lượng hạt nhân làm cho nước Pháp có không khí sạch nhất trong các quốc gia công nghiệp, và có giá điện rẻ nhất trong toàn châu Âu.<sup>[71]</sup> Pháp tái xử lý chất thải hạt nhân của họ để giảm lượng chất thải và tạo ra nhiều năng lượng hơn.<sup>[72]</sup> Tuy nhiên, các bài báo vẫn tiếp tục chỉ trích như "Ngày nay chúng ta tích trữ các thùng chứa chất thải bởi vì các nhà khoa học hiện tại không biết cách nào để giảm thiểu hoặc loại bỏ chất độc hại, nhưng *có lẽ* 100 năm nữa *có lẽ* các nhà khoa học sẽ... Chất thải hạt nhân là một vấn đề của nhà nước rất khó giải quyết và cũng là vấn đề chung không quốc gia

nào có thể giải quyết được. Viễn cảnh hiện tại, đang đi theo gót chân Asin của ngành công nghiệp hạt nhân ... Nếu Pháp không thể giải quyết được vấn đề này, hãy cầu Mandil, sau đó nói rằng 'Tôi không thấy chúng ta có thể tiếp tục chương trình hạt nhân của mình như thế nào.'<sup>[72]</sup> Xa hơn nữa, việc tái xử lý sẽ lại có những chỉ trích khác như theo Hiệp hội Các vấn đề nhà Khoa học quan tâm (*Union of Concerned Scientists*).<sup>[73]</sup>

### **Chất thải phóng xạ thấp**

*Xem thêm: Chất thải phóng xạ thấp*

Ngành công nghiệp hạt nhân cũng tạo ra một lượng lớn các chất thải phóng xạ cấp thấp ở dạng các công cụ bị nhiễm như quần áo, dụng cụ cầm tay, nước làm sạch, máy lọc nước, và các vật liệu xây lò phản ứng. Ở Hoa Kỳ, Ủy ban điều phối hạt nhân (*Nuclear Regulatory Commission*) đã cố gắng xét lại để cho phép giảm các vật liệu phóng xạ thấp đến mức giống với chất thải thông thường như thải vào bãi thải, tái sử dụng...  
.<sup>[cần dẫn nguồn]</sup> Hầu hết chất thải phóng xạ thấp có độ phóng xạ rất thấp và người ta chỉ quan tâm đến chất thải phóng xạ liên quan đến mức độ ảnh hưởng lớn của nó.<sup>[74]</sup>

### **Chất thải phóng xạ và chất thải công nghiệp độc hại**

Ở các quốc gia có năng lượng hạt nhân, chất thải phóng xạ chiếm ít hơn 1% trong tổng lượng chất thải công nghiệp độc hại, là các chất độc hại trừ khi chúng phân hủy hoặc được xử lý khi đó thì trở nên ít độc hơn hoặc hoàn toàn không độc.<sup>[57]</sup> Nhìn chung, năng lượng hạt nhân tạo ra ít chất thải hơn so với các nhà máy điện chạy bằng nhiên liệu hóa thạch. Các nhà máy đốt than đặc biệt tạo ra nhiều chất độc hại và một lượng tro phóng xạ mức trung bình do sự tập trung các kim loại xuất hiện trong tự nhiên và các vật liệu phóng xạ có trong than. Ngược lại với những điều mà người ta cho là đúng từ trước đến, năng lượng than thực tế tạo ra nhiều chất thải phóng xạ thải vào môi trường hơn năng lượng hạt nhân. Tính bình quân lượng ảnh hưởng đến dân số từ các nhà máy sử dụng cao gấp 100 lần so với các nhà máy hạt nhân.<sup>[75]</sup>

### **Tái xử lý**

*Xem thêm: Tái xử lý hạt nhân*

Việc tái xử lý có khả năng thu hồi đến 95% từ urani và plutoni còn lại trong nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng, để trộn vào hỗn hợp nguyên liệu oxit mới. Công đoạn này làm giảm lượng phóng xạ có thời gian phân rã lâu tồn tại trong chất thải, khi tạo ra các sản phẩm phân hạch có thời gian sống ngắn, thể tích của nó giảm đến hơn 90%. Tái xử lý nguyên liệu hạt

nhân dân dụng từ các lò phản ứng năng lượng đã được thực hiện trên phạm vi rộng ở Anh, Pháp và (trước đây) Nga, sắp tới là Trung Quốc và có thể là Ấn Độ, và Nhật Bản đang thực hiện việc mở rộng quy mô trên toàn nước Nhật. Việc xử lý hoàn toàn là không thể thực hiện được bởi vì nó đòi hỏi các lò phản ứng breeder, là loại lò chưa có giá trị thương mại. Pháp được xem là quốc gia khá thành công trong việc tái xử lý chất thải này, nhưng hiện tại chỉ thu hồi được khoảng 28% (về khối lượng) từ nguyên liệu sử dụng hàng năm, 7% trên toàn nước Pháp và 21% ở Nga.<sup>[76]</sup>

Không giống các quốc gia khác, Hoa Kỳ đã dừng tái xử lý dân dụng từ năm 1976 đến năm 1981 cũng là một phần trong luật chống phát triển hạt nhân của quốc gia này, kể từ đó vật liệu được tái xử lý như plutoni có thể được dùng trong các vũ khí hạt nhân: tuy nhiên, tái xử lý hiện nay lại được cho phép tiến hành.<sup>[77]</sup> Thậm chí, hiện tại nguyên liệu hạt nhân đã sử dụng tất cả được xử lý như chất thải.<sup>[78]</sup>

Tháng 2 năm 2006, một sáng kiến mới ở Hoa Kỳ do *Global Nuclear Energy Partnership* thông báo. Đó là sự cố gắng của quốc tế để tái xử lý nguyên liệu theo cách làm cho sự phát triển hạt nhân không thể thực hiện được, trong khi sản xuất năng lượng hạt nhân đang có ích đối với các quốc gia đang phát triển.<sup>[79]</sup>

## Tách Urani

*Bài chi tiết: Tách urani*

Việc làm giàu urani tạo ra hàng tấn urani đã tách ra (DU), bao gồm U-238 đã tách hầu hết đồng vị U-235 để phân hạch. U-238 là kim loại thô có giá trị kinh tế — ví dụ như sản xuất máy bay, khiên chống phóng xạ, và vỏ bọc vì nó có tỷ trọng lớn hơn chì. Urani đã tách cũng được sử dụng trong đạn dược như đầu đạn DU, vì khuynh hướng của urani là vỡ dọc theo các dải băng cắt đoạn nhiệt.<sup>[80][81]</sup>

Một vài ý kiến cho rằng U-238 có thể gây ra các vấn đề về sức khỏe trong nhóm người tiếp xúc một cách quá mức với vật liệu này, như các đội xe chuyên chở và người dân sống trong các khu vực xung quanh nơi có lượng lớn đạn dược bằng DU được sử dụng như khiên, bom, đạn, đầu đạn hạt nhân. Vào tháng 1 năm 2003 Tổ chức Y tế Thế giới công bố một báo cáo rằng sự ô nhiễm từ đạn dược DU ở mức độ địa phương đến vài chục mét từ các vị trí gây ảnh hưởng và phóng xạ nhiễm vào thực vật và nguồn nước địa phương là *cực kỳ thấp*. Báo cáo cũng nêu rằng lượng DU sau khi đi vào theo đường tiêu hóa sẽ thải ra ngoài khoảng 70% sau 24 giờ và 90% sau vài ngày.<sup>[82]</sup>

## **Tranh luận về sử dụng năng lượng hạt nhân**

*Bài chi tiết: [Tranh cãi về năng lượng hạt nhân](#)*

Các đề xuất sử dụng năng lượng hạt nhân thì cho rằng năng lượng hạt nhân là một nguồn năng lượng bền vững làm giảm phát thải cacbon và gia tăng an ninh năng lượng do giảm sự phụ thuộc vào nguồn dầu mỏ nước ngoài.<sup>[83]</sup> Các đề xuất cũng nhấn mạnh rằng các rủi ro về lưu giữ chất thải phóng xạ là rất nhỏ và có thể giảm trong tương lai gần khi sử dụng công nghệ mới nhất trong các lò phản ứng mới hơn, và những ghi nhận về vận hành an toàn ở phương Tây là một ví dụ khi so sánh với các loại nhà máy năng lượng chủ yếu khác.

Các ý kiến chỉ trích thì cho rằng năng lượng hạt nhân là nguồn năng lượng chứa đựng nhiều tiềm năng nguy hiểm và phải giảm tỷ lệ sản xuất năng lượng hạt nhân, đồng thời cũng tranh luận rằng liệu các rủi ro có thể được giảm thiểu bằng công nghệ mới không. Những ý kiến ủng hộ đưa ra quan điểm rằng năng lượng hạt nhân không gây ô nhiễm môi trường không khí, đối ngược hoàn toàn với việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch và cũng là nguồn năng lượng có triển vọng thay thế nhiên liệu hóa thạch. Các ý kiến ủng hộ cũng chỉ ra rằng năng lượng hạt nhân chỉ là theo đuổi của các nước phương Tây để đạt được sự độc lập về năng lượng. Còn các ý kiến chỉ trích thì cho rằng vấn đề là ở chỗ lưu giữ chất thải phóng xạ như ô nhiễm phóng xạ do các tai họa, và những bất lợi của việc phát triển hạt nhân và sản xuất điện tập trung.

Các tranh cãi về kinh tế và an toàn được xem là hai mặt của vấn đề tranh luận.