

Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam” (IEEP)

KHÓA ĐÀO TẠO DOANH NGHIỆP TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP

Hà Nội, 17 - 18/03/2026



CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO DOANH NGHIỆP VỀ TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG HƠI TRONG CÔNG NGHIỆP

Từ ngày 17/03/2026 đến 18/03/2026

Tại Khách sạn Adonis, 55 Quang Trung, phường Hai Bà Trưng, TP Hà Nội

Ngày 1

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.15	Đăng ký học viên	
8.15-8.20	Giới thiệu đại biểu tham dự	Văn phòng Dự án UNIDO (VPDA)
8.20-8.30	Phát biểu khai mạc	Bộ Công Thương/ Đại diện VPDA
8.30-10.00	Phần 1: Những khái niệm cơ bản: - Hơi nước trong công nghiệp - Phương pháp tiếp cận hệ thống - Các thành phần trong hệ thống hơi	Chuyên gia trong nước
10.00-10.15	Nghỉ giữa giờ	
10.15-12.00	Phần 2: Công cụ đánh giá hệ thống hơi (Steam System Scoping Tool- SSST) - Các cơ hội tối ưu hóa hệ thống hơi - Công cụ SSST - Bài tập thực hành	Chuyên gia trong nước
12.00-13.30	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.30-15.30	Phần 3: Phần mềm đánh giá năng lượng MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ - Giới thiệu các chức năng, khai báo các thông tin cơ bản - Sử dụng các công cụ tính nhanh	Chuyên gia trong nước
15.30-15.45	Nghỉ giữa giờ	
15.45-17.00	Phần 3: Phần mềm đánh giá năng lượng MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (tiếp theo) - Các bước mô hình hóa một hệ thống hơi cơ bản	Chuyên gia trong nước

Ngày 2

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-9.00	Hỏi đáp Tổng kết lại kiến thức của Ngày 1	Chuyên gia trong nước và học viên
9.00-10.30	Phần 4: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Sinh hơi - Các loại hình buồng đốt, nhiên liệu, nguyên lý của quá trình cháy tối ưu và việc điều khiển cháy - Tối ưu hóa vận hành lò hơi & chuyển đổi nhiên liệu	Chuyên gia trong nước
10.30-10.45	Nghỉ giữa giờ	
10.45-12.00	Phần 4 (tiếp theo): Xác định hiệu suất lò hơi, phân tích các loại hình tổn thất nhiệt và cơ hội tiết kiệm năng lượng cho hệ thống sản xuất hơi.	Chuyên gia trong nước
12.00-13.30	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.30-15.00	Phần 5: Tối ưu hóa Hệ thống hơi - Phân phối hơi - Rò rỉ hơi nước - Tổn thất do truyền nhiệt qua vật liệu cách nhiệt - Tối ưu hóa hệ thống phân phối hơi	Chuyên gia trong nước
15.00-15.15	Nghỉ giữa giờ	
15.15-16.45	Phần 6: Tối ưu hóa Hệ thống hơi - Sử dụng hơi và thu hồi nước ngưng - Hệ tiêu thụ sử dụng hơi - Hệ thống thu hồi nước ngưng - Các cơ hội tiết kiệm năng lượng trong khu vực sử dụng hơi và thu hồi nước ngưng	Chuyên gia trong nước
16.45-17.00	Đánh giá và phản hồi về khóa học	VPDA



Tối ưu hóa hệ thống hơi công nghiệp (SSO) – Đào tạo doanh nghiệp trong 2 ngày

Được phát triển bởi:

Riyaz Papar, P.E., CEM, Fellow – ASME, ASHRAE; C2A Sustainable Solutions, USA

Greg Harrell, Ph.D., P.E.; Energy Management Services, USA

Mục tiêu đào tạo

- Giúp ngành công nghiệp đánh giá được hệ thống hơi và đạt được mức tiết kiệm năng lượng và chi phí thông qua việc
 - Vận hành và điều khiển thích hợp
 - Bảo trì hệ thống
 - Quy trình sử dụng hơi nước phù hợp
 - Đồng phát và
 - Ứng dụng các công nghệ tiên tiến
- Giới thiệu và giải thích chức năng của các công cụ phần mềm đánh giá sự tối ưu hóa hệ thống hơi nước công khai của DOE Hoa Kỳ

Phần 1: Những khái niệm cơ bản:

- Hơi nước trong công nghiệp
- Phương pháp tiếp cận hệ thống
- Các thành phần trong hệ thống hơi

Phần_1_3

Mức sử dụng năng lượng điển hình trong các nhà máy dựa trên dữ liệu DOE/EIA MECS

Chi tiết các hạng mục:

-  **Gia nhiệt quy trình (34%)**
Nhiệt lượng trực tiếp dùng để nấu chảy, nung, luyện kim hoặc xử lý vật liệu (ví dụ: lò nung xi măng, luyện thép).
-  **Nhiên liệu lò hơi & CHP (28%)**
Đốt nhiên liệu tạo hơi nước hoặc nước nóng phục vụ quy trình hóa học, hoặc phát điện tại chỗ.
-  **Động cơ máy móc (18%)**
Điện năng chạy động cơ, máy bơm, quạt thông gió và hệ thống khí nén trên dây chuyền lắp ráp.
-  **Nguyên liệu thô (15%)**
Sử dụng khí đốt hoặc dầu mỏ không để đốt, mà làm khối xây dựng hóa học (nhựa, phân bón).
-  **HVAC & Chiếu sáng (2%)**
Năng lượng dùng để thắp sáng và điều hòa không khí cho tòa nhà nhà máy.
-  **Khác (3%)**
Các hoạt động sử dụng năng lượng quy mô nhỏ hoặc không xác định khác.

Tiêu thụ năng lượng điển hình của nhà máy công nghiệp

Lưu ý: Không bao gồm tổn thất ngoài hiện trường

Nguồn: DOE/EIA Monthly Energy Review tháng 2-2026

*Số liệu mang tính chất tham khảo tương đối, được tổng hợp từ các báo cáo trung bình của ngành sản xuất.

Phần_1_4

Hơi nước là gì ?

- Nước sôi vẫn tiếp tục cung cấp nhiệt sẽ hóa hơi. Hơi nước ở các áp suất khác nhau sẽ có nhiệt độ khác nhau.
- Hơi nước khi ngưng tụ sẽ tỏa ra nhiệt lượng đúng bằng nhiệt lượng cần thiết để nó hóa hơi.
- Hơi nước bão hòa khi ở một áp suất nhất định có nhiệt độ không đổi trong suốt quá trình ngưng tụ.
- Hơi nước có thể dẫn truyền bằng đường ống từ nơi sản xuất đến nơi sử dụng.
- Hơi nước quá nhiệt có thể có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ hơi bão hòa và thường được sử dụng để quay tua bin để có công cơ học.



H₂O

Phần_1_5

Nhiệt động lực học hơi nước

- Các trạng thái nhiệt động của một chất nguyên chất
 - Quá lạnh
 - Chất lỏng (Nước)
 - Nhiệt độ và áp suất độc lập
 - Hàm lượng năng lượng $\propto$ Nhiệt độ
 - Bão hòa
 - Lỏng / 2 pha / Hơi
 - Nhiệt độ và áp suất phụ thuộc
 - $0 \leq \text{Độ khô} \leq 1$
 - Quá nhiệt
 - Hơi (Hơi nước)
 - Nhiệt độ và áp suất độc lập
 - Hàm lượng năng lượng $\propto$ Nhiệt độ & Áp suất



Phần_1_6

Tính chất nhiệt động của hơi nước

- P – Áp suất (bar, atm, kPa, MPa)
- T – Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)
 - Nhiệt độ tuyệt đối (K)
- X – Độ khô
- ρ – Khối lượng riêng (kg/m^3)
- V – Thể tích riêng (m^3/kg)
- H – Entanpy (kJ, kcal)
 - h – Entanpy riêng (kJ/kg, kcal/kg)
- S – Entropy (kJ/K, kcal/K)
 - s – Entropy riêng (kJ/kg-K, kcal/kg-K)
- C_p – Nhiệt dung riêng ở áp suất không đổi (kJ/kg-K, kcal/kg-K)
- C_v – Nhiệt dung riêng ở thể tích không đổi (kJ/kg-K, kcal/kg-K)
- V_s – Vận tốc âm thanh (m/s)
- μ – Độ nhớt (Pa.s)
- K – Độ dẫn nhiệt (W/m-K)

Các đặc tính này có thể tra được từ nhiều nguồn sách, Internet, bảng tiêu chuẩn v.v.

Phần_1_7

Tại sao lại sử dụng hơi?

- Cực kỳ hiệu quả như một nguồn gia nhiệt – nhiệt độ không đổi, có hệ số truyền nhiệt (ngưng tụ) cao nhất
- Cực kỳ hiệu quả về chi phí để phân phối đến điểm sử dụng
- Có thể điều khiển rất chính xác
- Một cách thức truyền năng lượng rất linh hoạt – có thể được sử dụng để gia nhiệt cũng như phát điện
- Công nghệ và những ứng dụng được thử nghiệm và chứng minh ở quy mô lớn cũng như quy mô nhỏ
- Mang lại lợi ích đáng kể cho hệ thống!

Phần_1_8



Hệ tiêu thụ hơi lớn

- Hóa dầu
- Lọc dầu
- Lâm sản (Bột giấy & Giấy)
- Thực phẩm & nước giải khát
- Nhựa
- Cao su
- Dệt
- Dược phẩm
- Cơ sở lắp ráp

Phần_1_9



Hệ tiêu thụ hơi vừa

- Sưởi ấm thương mại cỡ lớn
- Nhà máy bia
- Giặt là
- Lò bánh
- Nấu nướng
- Chế tạo kim loại
- Hệ thống làm lạnh lớn

Hệ tiêu thụ nhỏ

- Điện tử
- Phòng sơn
- Hệ thống làm ấm

Phần_1_10

Phương pháp tiếp cận hệ thống

- Giải pháp để vận hành và bảo trì hệ thống thiết bị nhà máy hiệu quả về mặt chi phí
- Lưu tâm đến toàn bộ hệ thống, không chỉ riêng từng thiết bị
- Phân tích cả phía cung và cầu của hệ thống và cách chúng tác động qua lại
- Hầu hết các hệ thống công nghiệp sẽ cần Phương pháp tiếp cận hệ thống để phân tích thích hợp
- Sẽ mang đến cơ hội tiết kiệm năng lượng và chi phí cao hơn đáng kể so với việc “phân tích cấp độ thành phần”

Phần_1_11

Phương pháp tiếp cận hệ thống

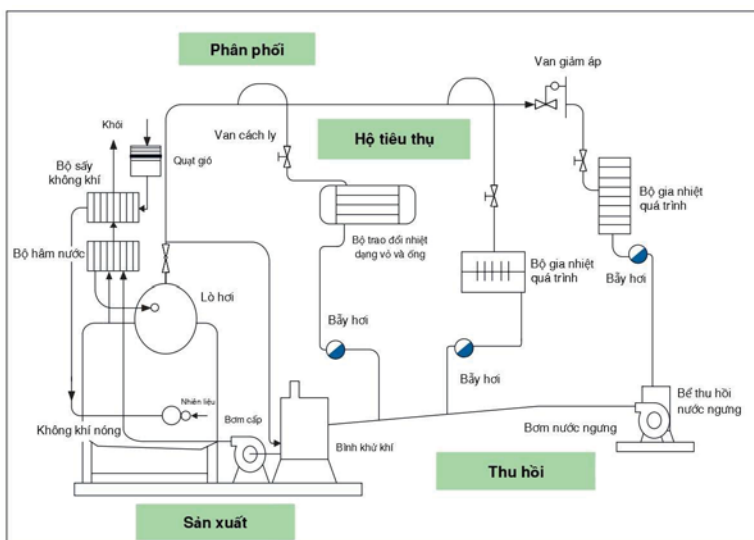
- **Thiết lập** các điều kiện hiện tại của hệ thống, các thông số vận hành và mức sử dụng năng lượng của hệ thống
- **Khảo sát** cách thức toàn bộ hệ thống hiện đang hoạt động
- **Xác định** các lĩnh vực tiềm năng có thể cải thiện hoạt động của hệ thống
- **Phân tích** tác động của những cải tiến tiềm năng đối với hệ thống nhà máy
- **Thực hiện** các cải tiến hệ thống đáp ứng các tiêu chí tài chính và vận hành của nhà máy
- Tiếp tục **theo dõi** hiệu suất tổng thể của hệ thống

Phần_1_12

Tối ưu hóa hệ thống hơi công nghiệp

- Cần tuân theo Phương pháp tiếp cận Hệ Thống
- Tập trung vào cách quản lý năng lượng của hệ thống hơi nước trong nhà máy
- Nhu cầu hơi nước công nghiệp thay đổi theo thời gian và cách vận hành của hệ thống hơi nước cần được tối ưu hóa liên tục
- Phải tuân thủ Best Practices (thực hành tốt nhất) trong quá trình thiết kế, cung ứng, vận hành và bảo trì
- Hiểu biết về các nguyên tắc cơ bản, công cụ và tài nguyên sẵn có là chìa khóa cho chương trình SSO

Phần_1_13



Hệ thống hơi nước tổng quan

Nguồn: US DOE Steam Best Practices Program
 (chương trình thực hành hơi tốt nhất của bộ năng lượng Hoa Kỳ)

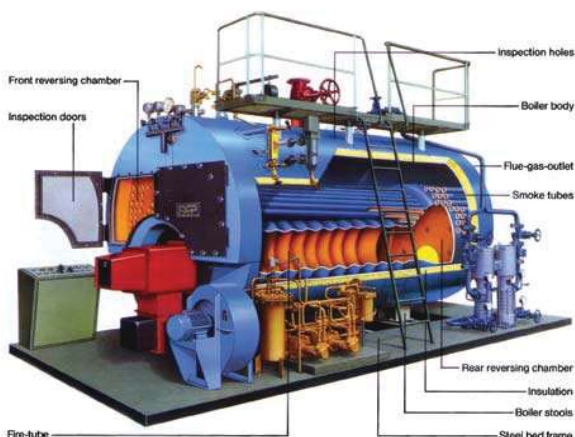
Phần_1_14

Các thành phần trong hệ thống hơi

- **Sinh hơi**
 - Lò hơi
 - Thiết bị phụ trợ của lò hơi
 - Thiết bị xử lý nước
 - Bình khử khí
 - Bơm cấp
 - Thiết bị lưu trữ và xử lý nhiên liệu
- **Phân phối**
 - Đường ống hơi
 - Trạm giảm áp
- **Thiết bị sử dụng cuối cùng**
 - Tuabin hơi nước
 - Bộ trao đổi nhiệt
 - Hệ thống vòi phun hơi trực tiếp
 - Cột chưng cất phân đoạn
 - Thiết bị bay hơi, v.v.
- **Thu hồi**
 - Bẫy hơi
 - Hệ thống thu và hồi nước ngưng
 - Bơm nước ngưng

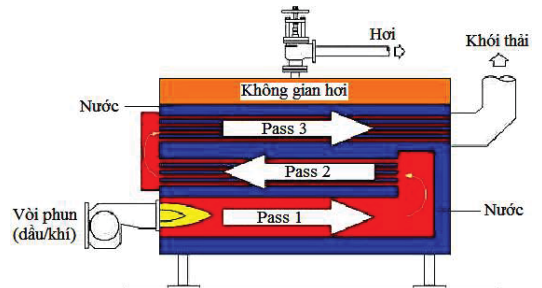
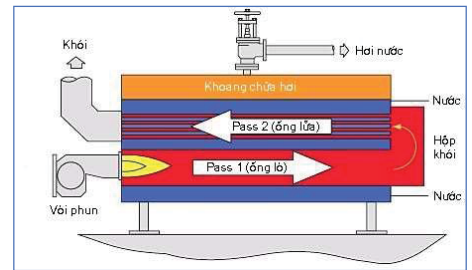
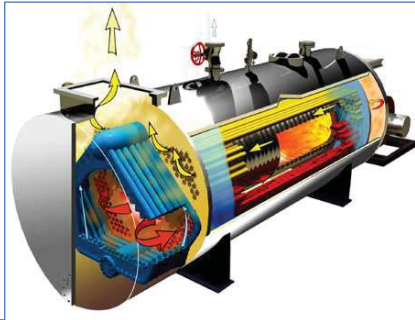
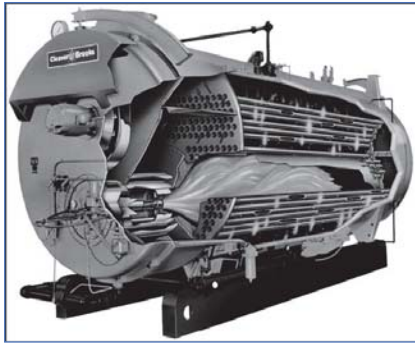
Phần_1_15

Lò hơi ống lò ống lửa



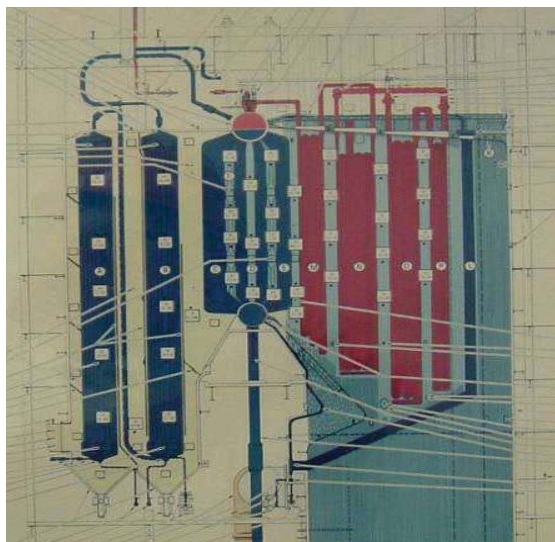
- Nước bên ngoài ống; khói, lửa đi trong ống.
- Áp suất hơi giới hạn
 - Tối đa 20 bar
- Lưu lượng hơi giới hạn
 - Tối đa 1.200 BHp (20 tấn/h)
- Sản lượng hơi bão hòa
- Có lợi thế về hiệu suất so với loại lò hơi ống nước – đó là tổn thất nhiệt ở vỏ lò ở mức tối thiểu
- Có lợi thế về cấu trúc lò gọn, hiệu quả

Phần_1_16



Lò hơi ống lửa



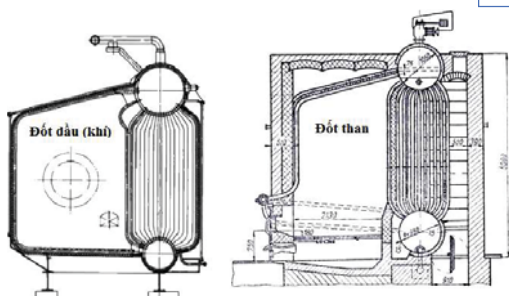
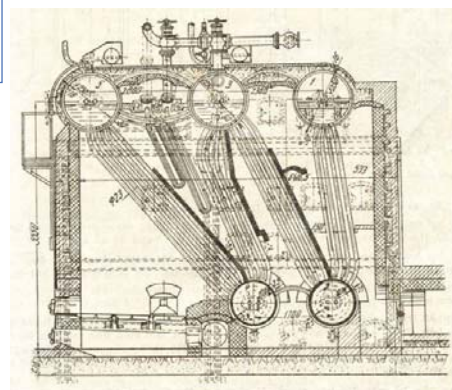
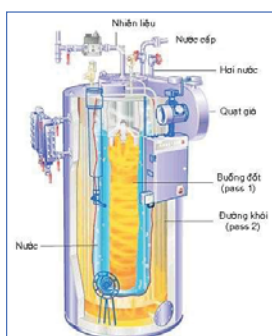


Lò hơi ống nước

- Áp suất vận hành dao động từ áp suất khí quyển đến vượt mức 250 bar
- Sản lượng hơi dao động từ 2 tấn/giờ đến 5.000 tấn/giờ
- Sản lượng hơi bão hòa hoặc quá nhiệt
- Được xây dựng tại công trường hoặc ngoại vi
- Nhiều loại hình khác nhau
- Cũng có các loại hình làm sẵn cỡ nhỏ hiện có trên thị trường!

Phần_1_19

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



Phần_1_20

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Lò hơi ống nước



Phần_1_21

Lò hơi & Các thiết bị phụ trợ

- Quạt – Tùy theo dạng đường đi của khí có
 - Quạt thổi (quạt gió)
 - Quạt hút (quạt khói)
 - Quạt cân bằng
- Bộ sấy không khí
- Bộ hâm nước / Bộ hâm nước kiểu ngưng
- Van lưu lượng nhiên liệu và điều khiển quá trình cháy
- Kiểm soát không khí thừa
- Cảm biến
- Thiết bị thổi bụi – dùng hơi hoặc khí nén
- Thiết bị kiểm soát ô nhiễm



Phần_1_22

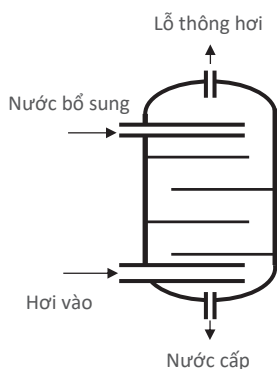


Phần_1_23

Thiết bị lưu trữ và xử lý nhiên liệu

- Chủ yếu dùng cho nhiên liệu rắn và lỏng
 - Thiết bị chính
 - Thiết bị hỗ trợ / dự phòng

Bình khử khí



- Loại bỏ oxy hòa tan khỏi nước bổ sung và nước ngưng
- Tính toán vận của lò hơi
- Một vài loại khác nhau
 - Kiểu phun
 - Kiểu đĩa
- Có thể kết hợp với bộ gia nhiệt nước cấp và bể chứa
- Luôn có một lỗ thông hơi

Phần_1_24



Bơm

- Nước cấp (BFW)
- Nước ngưng
- Nước bổ sung
- Các nhu cầu phụ trợ khác

Phần_1_25



Thiết bị xử lý nước

- Xử lý nước lò hơi bằng phương pháp hóa học là cực kỳ quan trọng
- Tính toàn vẹn của lò hơi
- Phụ thuộc vào áp suất lò hơi và chất lượng nước
- Một vài phương án khác
 - Làm mềm nước
 - Khử kiềm
 - Khử khoáng
 - Thẩm thấu ngược
 - Làm sạch nước ngưng
 - Xử lý hóa chất

Phần_1_26



Đường ống hơi

- Vận chuyển hơi đến hệ tiêu thụ cuối cùng
- Giá đỡ ống
- Ống góp áp lực
- Van cách ly
- Van an toàn
- Điểm xả nước ngưng, v.v.

Phần_1_27



Trạm giảm áp

- Còn được gọi là Van xả
- Kiểm soát lưu lượng hơi
- Cân bằng áp suất ống góp
- Vận hành dựa trên 1 vòng phản hồi
- Luôn phải có 1 đường nối tắt trong trường hợp khẩn cấp và sửa chữa

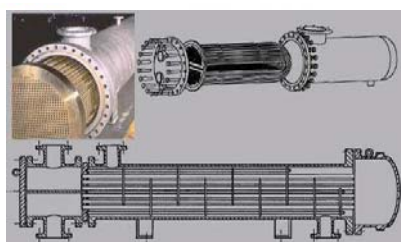
Phần_1_28



Tua-bin hơi

- Thiết bị chuyển đổi năng lượng nhiệt thành năng lượng trực
- Có thể tạo ra điện năng thông qua máy phát điện
- Có thể truyền động các thiết bị cơ khí – quạt, máy bơm, máy nén, chiller, v.v.
- Nhiều phân loại khác nhau
 - Đối áp
 - Có cửa trích
 - Ngưng tụ
 - Kết hợp của những loại trên

Phần_1_29



Bộ trao đổi nhiệt

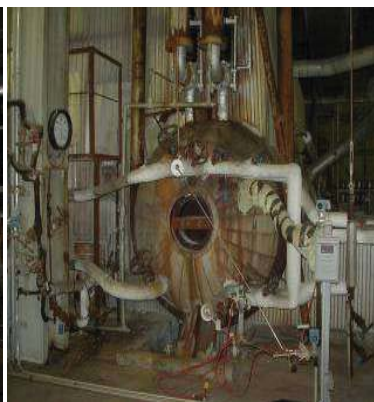
- Nhiều phân loại khác nhau
 - Dạng ống vỏ
 - Dạng tấm / Khung
 - Ống lồng ống
 - Dạng xoắn ốc, v.v.
- Dựa trên các ứng dụng
- Hơi nước truyền nhiệt năng cho lưu chất quá trình và ngưng tụ
- Theo tiêu chuẩn công nghiệp về thiết kế và ứng dụng

Phần_1_30

Thiết bị sử dụng cuối khác



Gia nhiệt thực phẩm



Nồi nấu



Giặt, Sấy & Hoàn thiện



Bình đun nước nóng

Phần_1_31

Thiết bị sử dụng cuối khác

- Thiết bị bốc hơi
- Nồi đun lại (Nồi chưng cất)
- Chưng cất phân đoạn
- Tái định hình
- Bộ sấy
- Ejector hơi
- Vòi phun hơi
- Máy nén nhiệt



Phần_1_32



Bẫy hơi

- Ngăn hơi thoát ra mà chưa truyền nhiệt
- Một số loại bẫy hơi khác:
 - Bẫy hơi nhiệt tĩnh (Bẫy hơi lưỡng kim)
 - Bẫy hơi cơ học
 - Bẫy hơi nhiệt động (Bẫy hơi đồng tiền)
 - Bẫy hơi dạng phao
- Ứng dụng – Rất quan trọng
- Quản lý bẫy hơi

Phần_1_33



Bình bốc hơi (flash tank)

- Thu hồi hơi flash từ nước ngưng
- Loại bỏ các vấn đề tiềm ẩn của nước ngưng hồi về
 - Hiện tượng thủy kích
 - Áp ngược
 - Dòng 2 pha
- Xả đáy ở bình bốc hơi làm giảm nhiệt độ nước trước khi thải ra cống

Phần_1_34



Hệ thống thu hồi nước ngưng

- Sơ cấp / Thứ cấp
- Dẫn động bằng bơm / Áp suất
- Bơm – Điều khiển bằng điện hoặc hơi nước
- Đưa nước ngưng có nhiệt lượng cao về lò hơi

Phần_1_35

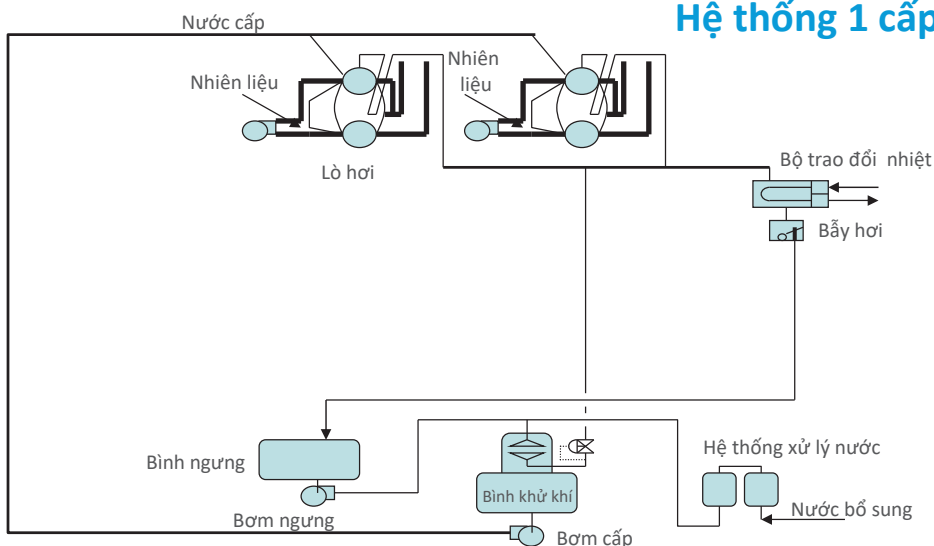


Bình ngưng

- Là 1 bể chứa chung
- Thường đặt ở 1 độ cao nhất định để đạt được các yêu cầu về sức hút của bơm
- Có thể kết hợp với bình khử khí, bộ gia nhiệt nước cấp và bình chứa

Phần_1_36

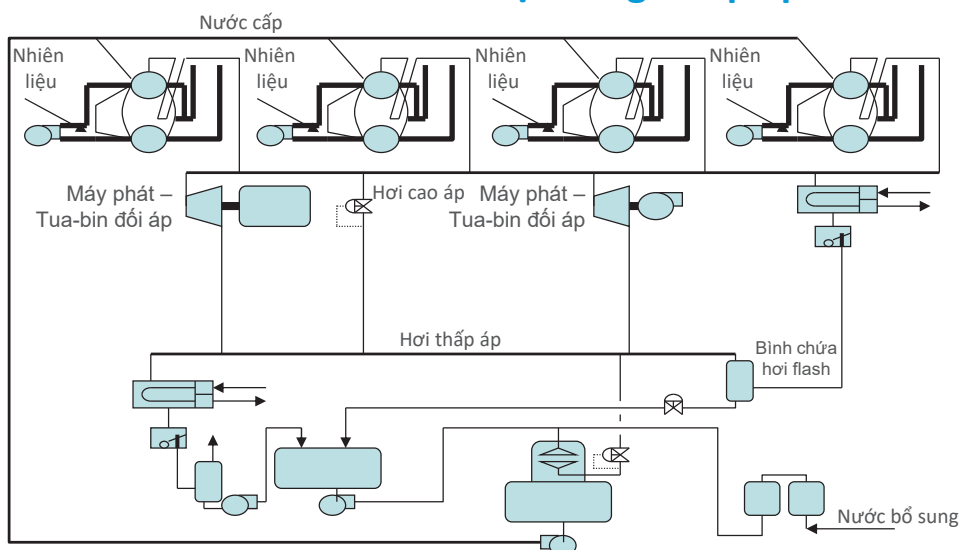
Hệ thống 1 cấp áp suất



Phần_1_37

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

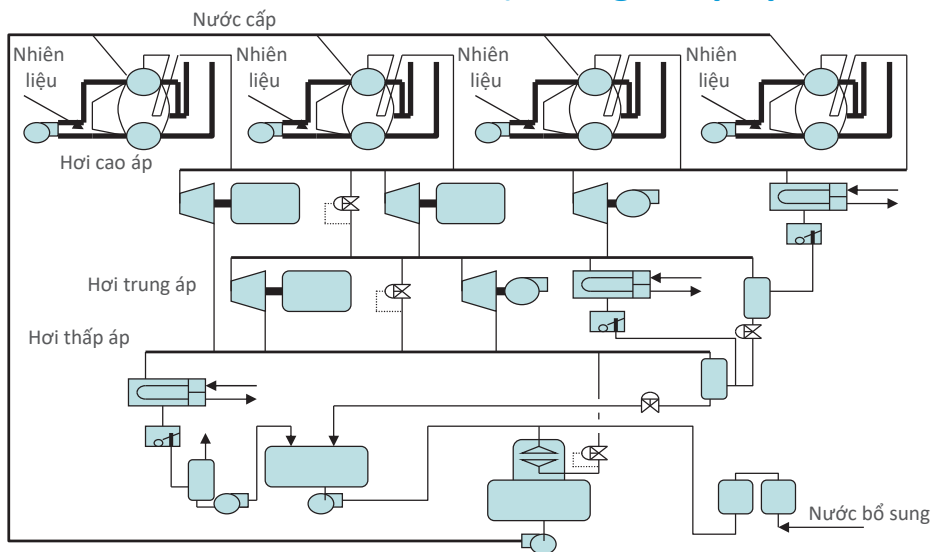
Hệ thống 2 cấp áp suất



Phần_1_38

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

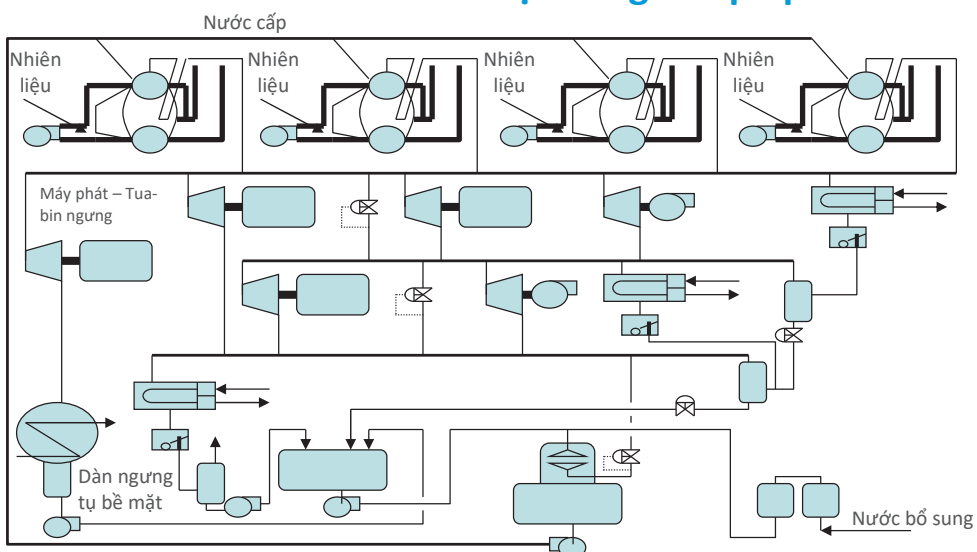
Hệ thống 3 cấp áp suất



Phần_1_39

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Hệ thống 3 cấp áp suất



Phần_1_40

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Sử dụng Phương pháp Tiếp cận Hệ thống để tối ưu hóa hệ thống hơi nước
2. Có 4 khu vực chính trong hệ thống hơi nước – Sản xuất, Phân phối, Hộ tiêu thụ & Thu hồi
3. Cần có sự hiểu biết về các định luật nhiệt động lực học, truyền nhiệt, dòng chất lưu và đặc tính hơi nước để phân tích hệ thống hơi nước
4. Hơi nước được sử dụng trong ngành công nghiệp để thực hiện nhiều nhiệm vụ khác nhau và là phương tiện hiệu quả nhất để truyền năng lượng và sinh công làm quay trục (hoặc năng lượng)

- Các cơ hội tối ưu hóa hệ thống hơi
- Công cụ đánh giá hệ thống hơi (SSST)
- Bài tập thực hành trên SSST



Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

Thực hành tốt nhất thông dụng của khu vực sản xuất

- Giảm không khí thừa
- Lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt
- Làm sạch bề mặt trao đổi nhiệt của lò hơi
- Cải thiện việc xử lý nước để giảm lượng nước xả đáy lò hơi
- Thu hồi năng lượng từ quá trình xả đáy lò hơi
- Gia tăng/Khôi phục vật liệu chịu lửa của lò hơi
- Giảm thiểu số lượng lò hơi vận hành
- Tối ưu hóa lưu lượng hơi xả của bình khử khí

Thực hành tốt nhất thông dụng của khu vực Phân phối

- Sửa chữa các điểm rò rỉ hơi
- Giảm thiểu việc xả hơi
- Đảm bảo rằng đường ống, van, phụ kiện và bình chứa của hệ thống hơi được cách nhiệt tốt
- Cô lập dòng hơi khỏi các đường ống không sử dụng
- Giảm lưu lượng qua các trạm giảm áp
- Giảm sụt áp ở các ống góp
- Xả nước ngưng khỏi các ống góp hơi

Thực hành tốt nhất thông dụng của khu vực Hộ tiêu thụ

- Giảm lượng hơi sử dụng theo quy trình
 - Nâng cao hiệu quả của quá trình
 - Chuyển nhu cầu dùng hơi sang một nguồn nhiệt thải
- Giảm áp suất hơi cần thiết cho quy trình, đặc biệt là trong các hệ thống đồng phát
- Cải thiện hơi thấp áp (hoặc nhiệt thải) để cung cấp cho nhu cầu của quy trình
- Tích hợp quy trình dẫn đến tối ưu hóa năng lượng tổng thể của nhà máy

Thực hành tốt nhất thông dụng của khu vực Thu hồi nước ngưng

- Thực hiện chương trình quản lý và bảo trì bẫy hơi hiệu quả
- Thu hồi nước ngưng càng nhiều càng tốt
- Thu hồi nước ngưng có lượng nhiệt cao
- Thu hồi nước ngưng cao áp nhanh để tạo hơi áp suất thấp

Mục tiêu quản lý hệ thống hơi công nghiệp:

Giảm thiểu nhu cầu sử dụng hơi, tổn thất năng lượng, phát thải khí nhà kính

Quan trọng nhất
**NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY CỦA VIỆC VẬN HÀNH &
GIẢM CHI PHÍ VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI!!**

Phần_2_7

Bài học đánh giá thị trường hơi Hoa Kỳ

- Ước tính tiết kiệm nhiên liệu – các dự án riêng lẻ – **dao động từ 0,6% đến 5,2%**
- Thời gian hoàn vốn ước tính nhìn chung rất hấp dẫn
 - Kéo dài từ **2 đến 34 tháng**
 - Hầu hết dưới **2 năm**
- Tiềm năng tiết kiệm hơi trong các ngành công nghiệp mục tiêu – **hơn 12% lượng nhiên liệu sử dụng**

Phần_2_8

Các lĩnh vực đầy hứa hẹn có thể tiết kiệm năng lượng và chi phí dùng hơi?

Sử dụng Công cụ đánh giá hệ thống hơi (SSST) của US DOE để đánh giá ban đầu

SSST có tích hợp đơn vị IP và SI

Công cụ đánh giá hệ thống hơi của US DOE - SSST

- SSST là một bảng câu hỏi dựa trên phần mềm được thiết kế để nâng cao nhận thức về các lĩnh vực quản lý hệ thống hơi
- Chia thành các khu vực tập trung điển hình của hệ thống hơi
- Cung cấp cho người dùng điểm số biểu thị mức độ quản lý và đóng vai trò hướng dẫn về thông tin hữu ích
- Công cụ để xác định các lĩnh vực cơ hội cải tiến tiềm năng
- Sẽ KHÔNG định lượng các cơ hội tiết kiệm năng lượng

Người dùng SSST dự kiến

- Nhà máy sản xuất công nghiệp
 - Giám đốc nhà máy
 - Quản lý nhà máy
 - Kỹ sư vận hành nhà máy
- Cũng có thể được sử dụng bởi nhà máy, tổ chức thương mại

Phần_2_11

Hai định dạng SSST có sẵn

- Bảng tính Excel (Phiên bản 1.0d)
 - Khả năng liên kết giữa các nhà máy
 - Bảng tính – Nhìn và Cảm nhận
 - Nhập dữ liệu thủ công
 - Có sẵn hệ đơn vị SI / Mét

Phần_2_12

Tổ chức SSST

- Giới thiệu
- Dữ liệu cơ bản của hệ thống hơi
- Cấu hình hệ thống hơi
- Hoạt động vận hành hệ thống tổng thể
- Quy trình vận hành gian (phân xưởng) lò hơi
- Hoạt động vận hành phân phối, hệ tiêu thụ cuối và thu hồi
- Kết quả tóm tắt
- Bước tiếp theo

Phần_2_13

Lấy dữ liệu đầu vào cho SSST

- Nguồn dữ liệu:
 - Các phép đo thực tế
 - Nhật ký vận hành được lưu trữ trên máy tính hoặc in ấn
 - Thông tin quy trình từ:
 - Kỹ sư nhà máy/hệ thống phụ trợ/bảo trì
 - Người vận hành lò hơi
- 26 câu hỏi – thời gian dự kiến: 30 phút (tối đa)

Phần_2_14

Những bước sử dụng SSST

- Tải chương trình
- Mở SSST bằng cách nhấp đúp chuột vào biểu tượng trên màn hình
- Xem lại các phần SSST để xác định dữ liệu đầu vào cần thiết
- Lấy dữ liệu đầu vào
- Tùy chọn điền phần dữ liệu cơ bản của hệ thống hơi
- Chèn các lựa chọn trả lời vào phần SSST

Phần_2_15

Những bước sử dụng SSST (Tiếp)

- Trên màn hình kết quả tóm tắt, ghi chú điểm đạt được ở các phần chính
- So sánh điểm đạt được với điểm của các nhà máy tương tự
- Xác định và ưu tiên các cơ hội cải tiến hệ thống hơi
- Sử dụng các nguồn lực được xác định trong phần “các bước tiếp theo” để hỗ trợ triển khai cải tiến hệ thống hơi

Phần_2_16

Phiếu ghi điểm SSST – Kết quả

- Tình trạng của hệ thống của bạn là gì?
- Cho phép xác định các cơ hội cải tiến tiềm năng và các khu vực trọng tâm

Tóm tắt kết quả Công cụ xác định phạm vi	Số điểm tối đa	Số điểm điển hình
CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI	90	63%
HOẠT ĐỘNG VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI	140	69%
QUY TRÌNH VẬN HÀNH GIAN LÒ HƠI	80	63%
PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU HÓA PHÂN PHỐI, HỘ TIÊU THỤ CUỐI, THU HỒI	30	58%
TỔNG ĐIỂM BẢNG CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ	340	222,0
TỔNG ĐIỂM BẢNG CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ	100%	65%

Phần_2_17

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Diễn giải kết quả tóm tắt

- Tổng số điểm có thể đạt được: 340 điểm
- Điểm trung bình được báo cáo với kết quả từ hơn 150 đánh giá năng lượng:
 - Cấu hình hệ thống hơi: 62%
 - Vận hành toàn bộ hệ thống hơi: 69%
 - Quy trình vận hành gian lò hơi: 62%
 - Quy trình phân phối hơi, hộ tiêu thụ cuối và thu hồi nhiệt: 58%
 - Tổng điểm trung bình được báo cáo: 65%

Diễn giải kết quả

- Sự thay đổi đáng chú ý về điểm số các hạng mục
 - Hiệu suất tốt nhất trong hạng mục vận hành toàn bộ hệ thống hơi (69%)
 - Hiệu suất kém nhất trong hạng mục phân phối hơi, hệ tiêu thụ cuối và thu hồi nhiệt (58%)
 - Nhìn chung, điểm số khiêm tốn cho thấy cơ hội đáng kể để cải thiện hệ thống hơi
 - SSST có thể được dùng để cải tiến xu hướng

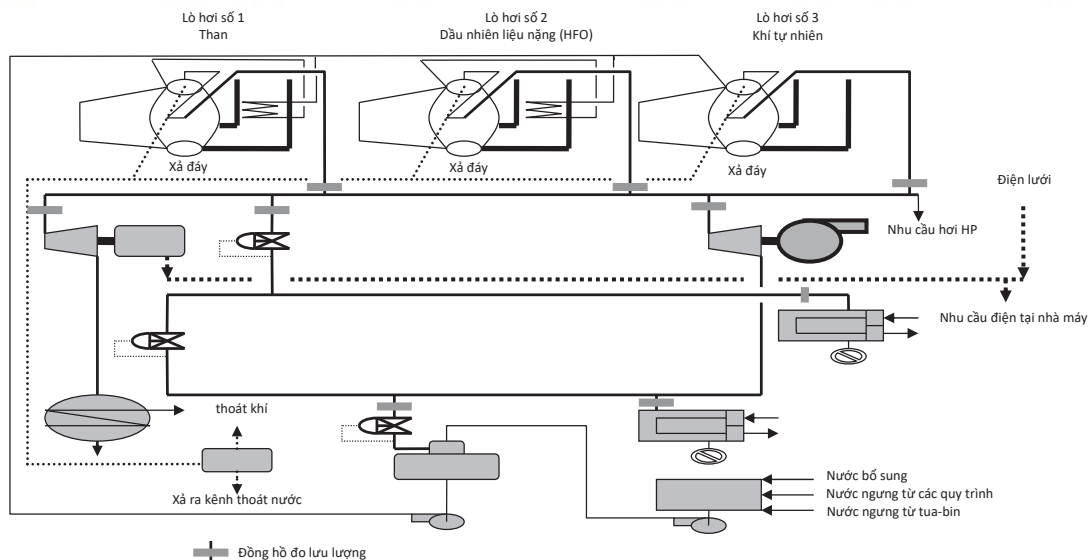
Phần_2_19

Bài tập thực hành SSST

- Bạn đã được giao nhiệm vụ đánh giá hệ thống hơi tại một nhà máy giấy và bột giấy
- Giám đốc Kỹ thuật & Kỹ sư Kỹ thuật của nhà máy sẵn sàng cung cấp thông tin cho bạn về nhà máy
- Mở SSST và nhập dữ liệu có sẵn của nhà máy
- Xác định dữ liệu còn thiếu và quyết định khu vực thích hợp trong nhà máy cho dữ liệu này
- Liệt kê các cơ hội cải tiến hệ thống hơi mà bạn muốn nghiên cứu

Phần_2_20

Ví dụ về hệ thống



Phần_2_21

Bài tập thực hành SSST (Tiếp)

- Nhà máy (và hệ thống hơi) vận hành 24 giờ/ngày, 365 ngày/năm
- Có 3 loại lò hơi: đốt than, đốt HFO and đốt khí tự nhiên
- Lò hơi đốt than và đốt HFO được vận hành ở phụ tải cơ bản (cố định) trong khi lò hơi đốt khí tự nhiên đáp ứng được với sự thay đổi của phụ tải
- Phụ tải trung bình thông thường tương ứng với ~ 65-70% tổng công suất khả dụng
- Trang thiết bị đo của lò hơi được giới hạn ở áp suất ống góp và sản lượng hơi

Phần_2_22

Bài tập thực hành SSST (Tiếp)

- Chi phí nhiên liệu cho lò hơi hàng tháng (than, HFO và khí tự nhiên) được theo dõi nhưng không liên quan đến sản lượng hơi hoặc mức độ sản xuất
- Hiệu suất cháy của lò hơi được đo đặc 6 tháng/lần bằng thiết bị đo cầm tay
- Bề mặt trao đổi nhiệt bên ngoài ống thường sạch sẽ
- Bề mặt trao đổi nhiệt bên trong ống phải được vệ sinh khoảng 3 năm/lần
- Có bộ hâm nước trong lò hơi đốt than và lò hơi HFO

Phần_2_23

Bài tập thực hành SSST (Tiếp)

- Việc xả đáy cho tất cả các lò hơi được người vận hành thực hiện thủ công dựa trên TDS (Tổng chất rắn hòa tan) và các phép đo độ dẫn điện được thực hiện 1 lần/ngày
- Một nhà thầu bên ngoài cung cấp dịch vụ xử lý nước lò hơi dựa trên các chuyển thăm nhà máy hàng tháng
- Không có vấn đề gì với việc điều chỉnh áp suất lò hơi, mực nước trong bao hơi hay chất lượng hơi

Phần_2_24

Bài tập thực hành SSST (Tiếp)

- Không chắc chắn về số lượng bể hơi trong nhà máy; bể hơi đã không được kiểm tra trong một thời gian do cắt giảm nhân viên bảo trì; nhưng bể hơi vẫn sẽ được kiểm tra và sửa chữa/thay thế nếu quá trình sản xuất bị ảnh hưởng
- Các bộ phận trong hệ thống hơi được kiểm tra và bảo dưỡng chỉ khi người vận hành hệ thống báo cáo sự cố
- Lượng nước ngưng thu hồi trung bình khoảng 50% dựa trên lượng nước bổ sung

Phần_2_25

Bài tập thực hành SSST (Tiếp)

- Trong quá trình kiểm tra toàn bộ nhà máy, có những nhận xét sau:
 - Trong các khu vực thiết bị phụ trợ, hầu hết các đường ống phân phối hơi và các bộ phận của hệ thống đường ống như được cách nhiệt tốt.
 - Có một số đoạn ống hơi và van bị thiếu lớp cách nhiệt ở khu vực còn lại của nhà máy.
- Không có bằng chứng cho hiện tượng búa nước xảy ra
- Không có kế hoạch quản lý rò rỉ tại nhà máy và quan sát thấy một vài điểm rò rỉ hơi nhỏ

Phần_2_26

Hướng dẫn thực hành SSST

- Đối với thông tin nhà máy được cung cấp sẵn, hãy nhập dữ liệu đầu vào cho SSST và đưa ra điểm số cho từng phần SSST và danh sách tóm tắt
- Đối với tất cả các câu hỏi mà dữ liệu đầu vào không có sẵn hoặc không đầy đủ, hãy nêu rõ cách bạn sẽ có được thông tin cần thiết trong chuyến thăm nhà máy của mình
- Dựa trên kết quả phân tích SSST của bạn, hãy phát triển danh sách các hành động ưu tiên để đạt được mục tiêu bảo toàn năng lượng trong nhà máy

Phần_2_27

Kết quả bài tập thực hành SSST

TÓM TẮT KẾT QUẢ TỪ CÔNG CỤ XÁC ĐỊNH PHẠM VI HỆ THỐNG HƠI

	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI	90	36
HOẠT ĐỘNG VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI	140	70
QUY TRÌNH VẬN HÀNH GIAN LÒ HƠI	80	49
PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU HÓA VIỆC PHÂN PHỐI, HỘ TIỂU THỤ CUỐI, THU HỒI	30	22
TỔNG ĐIỂM BẢNG CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ	340	177
TỔNG ĐIỂM BẢNG CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ (%)		52,1%
Ngày hoàn thiện bảng câu hỏi		6/6/2011

Phần_2_28

Kết quả bài tập thực hành SSST

CÂU HỎI XÁC ĐỊNH PHẠM VI	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
1. CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI		
CHI PHÍ HƠI		
SC1: Tính chi phí nhiên liệu để sinh hơi	10	5
SC2: Xu hướng chi phí nhiên liệu để sinh hơi	10	5
TIÊU CHUẨN HƠI/SẢN PHẨM		
BM1: Đo lường tiêu chuẩn hơi nước/sản phẩm	10	0
BM2: Xu hướng tiêu chuẩn hơi/sản phẩm	10	0
ĐO LƯỜNG HỆ THỐNG HƠI		
MS1: Đo/Ghi các thông số năng lượng tới hạn của hệ thống hơi	30	21
MS2: Cường độ đo lưu lượng hơi	20	5
ĐIỂM CỦA CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI	90	36

Phần_2_29

Kết quả bài tập thực hành SSST

2. QUY TRÌNH VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI		
BẢO DƯỠNG BẦY HƠI		
ST1: Thực hành bảo dưỡng bầy hơi	40	8
KẾ HOẠCH XỬ LÝ NƯỚC		
WT1: Xử Lý Nước - Đảm Bảo Chức Năng	10	5
WT2: Làm sạch cầu cạn lò hơi bên trong/bên ngoài ống	10	5
WT3: Đo TDS lò hơi, tốc độ xả đáy phía trên/dưới	10	5
BẢO ÔN HỆ THỐNG		
IN1: Bảo ôn - Nhà máy lò hơi	10	10
IN2: Bảo ôn - Phân phối/Hệ tiêu thụ cuối/Thu hồi	20	14
RÒ RỈ HƠI		
LK1: Rò rỉ hơi - Mức độ nghiêm trọng	10	8
HIỆN TƯỢNG BÚA NƯỚC		
WH1: Búa nước - Mức độ thường xuyên	10	10
DUY TRÌ VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI HIỆU QUẢ		
MN1: Khảo sát thiết bị quan trọng của nhà máy hơi nước	20	5
ĐIỂM CỦA QUY TRÌNH VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI	140	70

Phần_2_30

Kết quả bài tập thực hành SSST

3. QUY TRÌNH VẬN HÀNH NHÀ MÁY LÒ HƠI

HIỆU SUẤT LÒ HƠI

BE1: Đo lường hiệu suất lò hơi - Tần suất

10

5

BE2: Đo nhiệt độ khí thải, O₂, CO

15

9

BE3: Kiểm soát không khí dư của lò hơi

10

7

THIẾT BỊ THU HỒI NHIỆT

HR1: Thiết bị thu hồi nhiệt lò hơi

15

3

TẠO HƠI KHÔ

DS1: Kiểm tra chất lượng hơi

10

10

VẬN HÀNH LÒ HƠI TỔNG QUÁT

GB1: Điều khiển xả đáy lò hơi tự động

5

0

GB2: Tần suất báo động mức cao/thấp của lò hơi

10

10

GB3: Tần suất dao động áp suất hơi của lò hơi

5

5

ĐIỂM CỦA QUY TRÌNH VẬN HÀNH NHÀ MÁY LÒ HƠI

80

49

Phần_2_31

Kết quả bài tập thực hành SSST

4. QUY TRÌNH PHÂN PHỐI, HỘ TIÊU THỤ CUỐI VÀ THU HỒI

GIẢM THIỂU LƯU LƯỢNG HƠI QUA PRV

PR1: Các phương án giảm áp suất hơi

10

10

THU HỒI VÀ TẬN DỤNG NƯỚC NGỪNG CÓ SẴN

CR1: Thu hồi và tận dụng nước ngưng có sẵn

10

6

SỬ DỤNG NƯỚC NGỪNG CAO ÁP ĐỂ TẠO HƠI THẤP ÁP

FS1: Thu hồi và tận dụng hơi flash có sẵn

10

6

ĐIỂM CỦA QUY TRÌNH PHÂN PHỐI, HỘ TIÊU THỤ CUỐI VÀ THU HỒI

30

22

Phần_2_32

Các bước tiếp theo của bài tập thực hành SSST

- Cấu hình hệ thống hơi
 - Tính toán chi phí hơi và xu hướng
 - Tương quan chi phí hơi với sản xuất và tiêu chuẩn
- Thực hành vận hành hệ thống hơi
 - Tích hợp kế hoạch quản lý bể hơi
 - Khảo sát bảo ôn hệ thống hơi trong nhà máy
 - Điều tra nguyên nhân gây ra hiện tượng đóng cấu cặn bên trong ống
 - Đánh giá nhu cầu kiểm tra định kỳ thiết bị của hệ thống hơi

Các bước tiếp theo của bài tập thực hành SSST

- Thực hành vận hành nhà máy lò hơi
 - Tính toán và khuynh hướng của từng lò hơi và khuynh hướng & hiệu suất sinh hơi toàn bộ nhà máy
 - Kiểm tra thiết bị kiểm soát không khí dư và thiết bị đo tại hiện trường
 - Khảo sát bộ hâm nước
 - Nghiên cứu việc thu hồi năng lượng nhiệt từ xả lò
 - Cải thiện việc kiểm soát xả đáy lò hơi
- Phân phối, Hộ tiêu thụ cuối & Thu hồi
 - Tối ưu hóa tuabin đối áp
 - Cải thiện việc thu hồi nước ngưng và thu hồi hơi flash

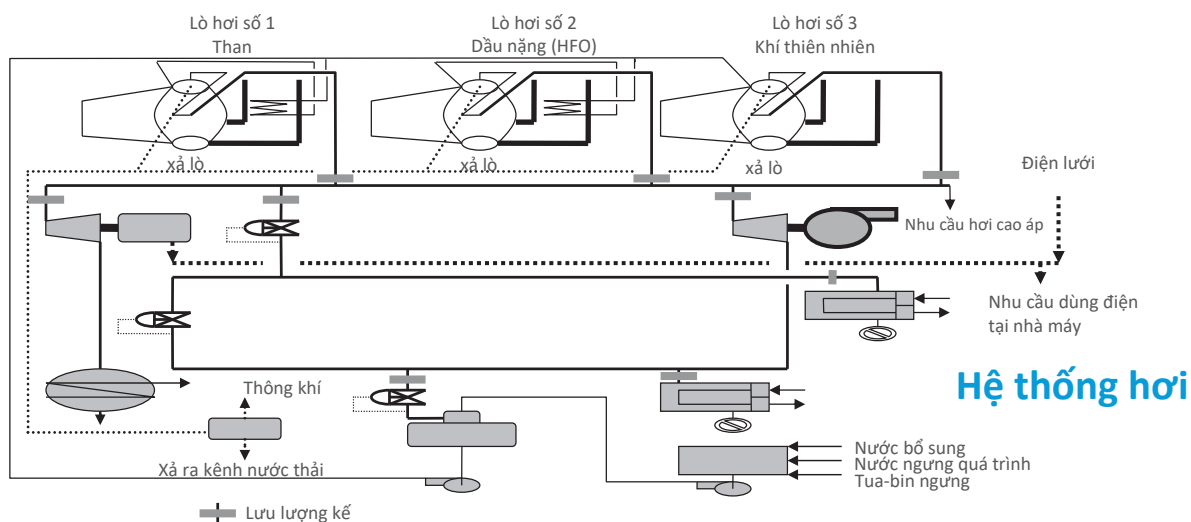
Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Sử dụng phương pháp tiếp cận hệ thống (phân tích chênh lệch, so sánh với BestPractices) để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng tiềm năng có thể áp dụng trong hệ thống hơi
2. Công cụ đánh giá hệ thống hơi (SSST) của DOE Hoa Kỳ có thể được sử dụng để xác định những cơ hội cải tiến này
3. Nó hoàn toàn “miễn phí”
4. SSST cũng có thể được sử dụng làm bảng câu hỏi tiếp nhận để thu thập thông tin sơ bộ ở cấp độ nhà máy
5. Nó chứa 26 câu hỏi và không mất quá 30 phút để hoàn thành

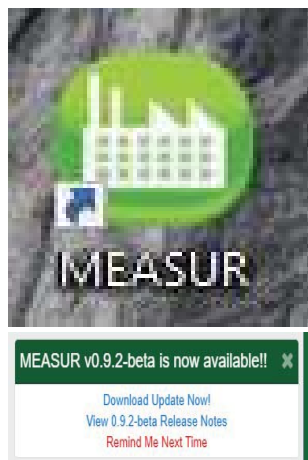
Phần 3: Công cụ MEASUR của US DOE (MEASUR):

- Tổng quan về MEASUR của US DOE
- Công cụ MEASUR
- Đánh giá MEASUR
- Tác động đến chi phí tiện ích
- Hiệu suất lò hơi
- Bài tập thực hành

Phần_3_1



Phần_3_2



Công cụ MEASUR của US DOE

- Công cụ MEASUR
 - Phần mềm đánh giá năng lượng sản xuất để giảm tiện ích
 - Đang trong giai đoạn Beta vì US DOE liên tục bổ sung các tính năng mới liên tục
- Tải xuống miễn phí từ trang web DOE Hoa Kỳ – MEASUR
 - <https://www.energy.gov/eere/amo/measur>
 - Tìm kiếm US DOE MEASUR trên internet
 - Tải xuống và cài đặt – tạo lối tắt trên màn hình nền
 - Tự động kiểm tra các bản cập nhật và cho phép bạn tải xuống phiên bản cập nhật để bạn có sẵn phiên bản mới nhất mỗi khi bạn chạy nó

Phần_3_3

Công cụ MEASUR của US DOE

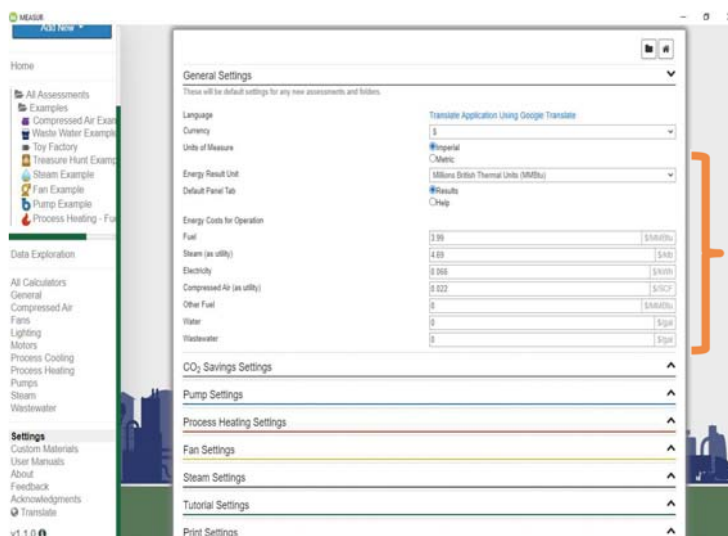
- Công cụ MEASUR
 - Hiện cũng có sẵn **TRỰC TUYẾN!**
 - Ra mắt vào tháng 8 năm 2022
 - <https://measur.ornl.gov>
- Mọi thứ phải giống hệt với phiên bản đã tải xuống
- Một số thử nghiệm và kiểm tra bổ sung đang diễn ra

Phần_3_4

Công cụ MEASUR của US DOE (Tiếp)



Phần_3_5



Cài đặt

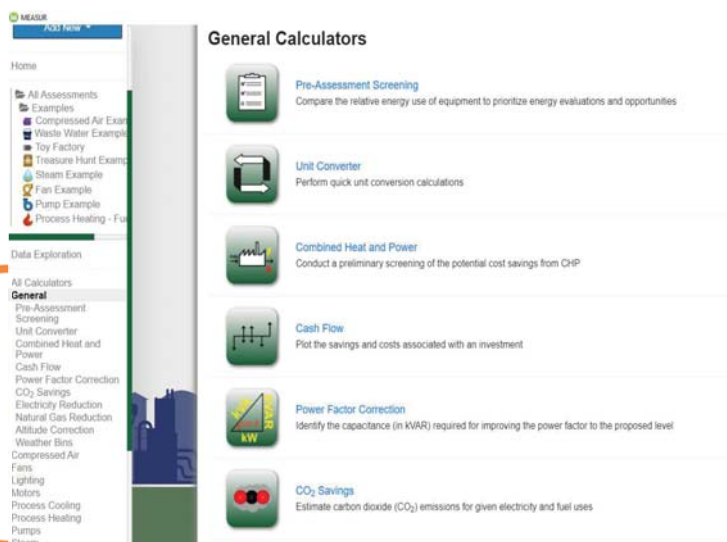
- Mục đầu tiên phải kiểm tra
- Đặt tất cả các giá trị mặc định của đơn vị, chi phí, nếu có thông tin

Phần_3_6

Những ưu tiên của US DOE MEASUR

- Người dùng có sự linh hoạt hoàn toàn để chọn (IP) mặc định hoặc chọn đơn vị tùy chỉnh cho các tham số
- Nói chung, đô la Mỹ là loại tiền tệ để giao dịch nhất nhưng vẫn có sẵn một số loại tiền tệ khác
- HELP luôn ở bên

Phần_3_7

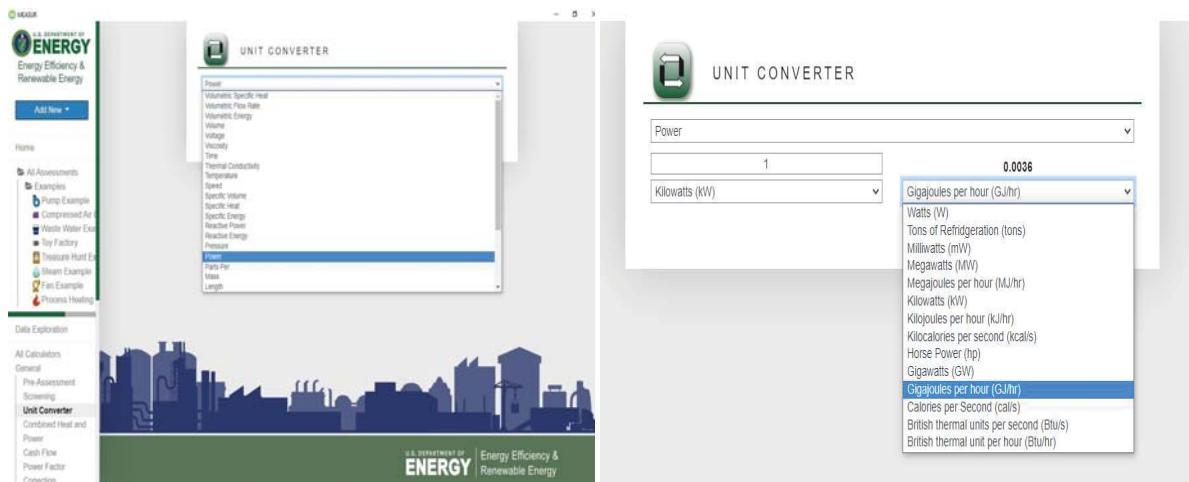


Phần_3_8

Tất cả các công cụ

- MEASUR có nhiều công cụ
- Các công cụ thông thường có tính cắt ngang và KHÔNG dành riêng cho hệ thống

Công cụ thông thường – Bộ chuyển đổi đơn vị



Phần_3_9

Công cụ tính hơi

Steam Calculators



Steam Properties
Calculate the properties of steam, via IAPWS R7-97



Saturated Properties
Calculate the properties of saturated steam, via IAPWS R7-97



Steam Reduction
Quantify the energy savings associated with reducing steam use



Stack Loss
Determine the amount of heat lost in the boiler stack gas



Boiler
Determine the amount of fuel energy required to produce steam in boiler



Steam Turbine
Calculate the energy generated or steam outlet conditions for a steam turbine



Pipe Insulation
Quantify the energy savings associated with insulating hot pipes



Tank Insulation
Quantify the energy savings associated with insulating hot tanks



Boiler Blowdown Rate
Calculate the blowdown rate of a boiler



Desuperator
Determine the required water and steam flows for a required feedwater mass flow



Flash Tank
Determine the mass flows and properties of any resulting outlet gas and/or liquid for given inlet conditions



PRV
Calculate the properties of steam after a pressure drop with optional desuperheating

Phần_3_10



Header

Calculate the combined steam properties of multiple steam inlets



Heat Loss

Calculate the energy (heat) loss and outlet steam properties given inlet steam conditions and a % heat loss



Vent Steam to Heat Water

Estimate energy savings when vent steam is used to heat water using a steam to liquid heat exchanger.



Heat Recovery From Condensing Heat Exchanger

Estimate energy savings when stack waste heat is recovered using condensing heat exchanger to heat boiler feed water.



Feedwater Economizer

Estimate energy savings when stack waste heat is recovered using non-condensing heat exchanger to heat boiler feed water.

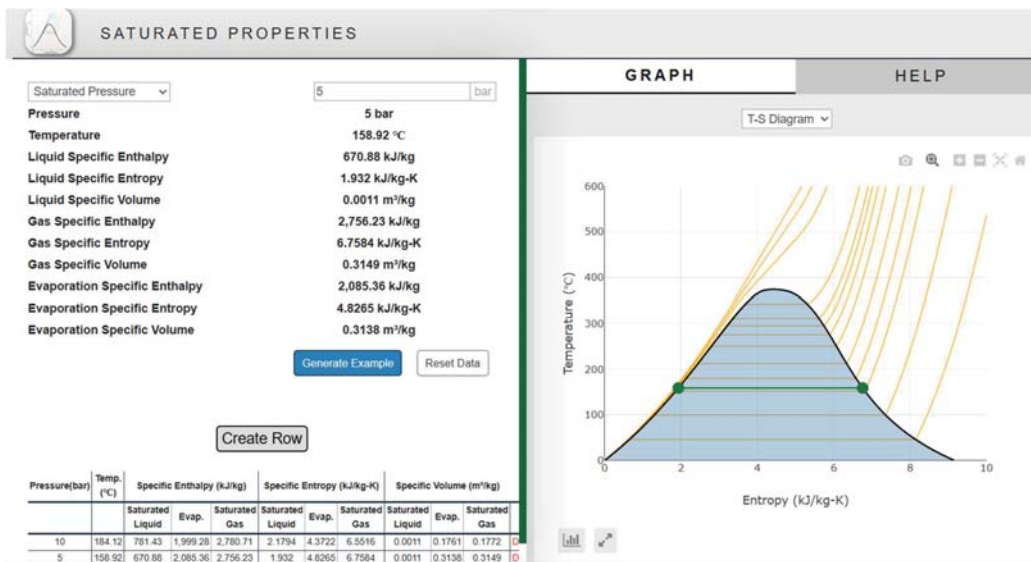
Công cụ tính hơi

- Những công cụ này đưa ra một phân tích nhanh chóng
- Định lượng cấp độ 1

Phần_3_11



Phần_3_12



Phần_3_13

STACK LOSS

Type of fuel: Gas

Fuel: Typical Natural Gas - US

Stack Gas Temperature: °C

Ambient Air Temperature: 15.555555555555557 °C

Percent Oxygen Or Excess Air? Excess Air

Excess Air: %

Stack Loss: 0.00 %

Boiler Combustion Efficiency: 0.00 %

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

CREATE FUEL

Start with existing material: Typical Wood

Substance Name: Typical Wood (mod)

Carbon	32.8	%
Hydrogen	3.5	%
Inert Ash	1.1	%
Moisture	45.6	%
Nitrogen	0.4	%
O ₂	16.3	%
Sulphur	0.3	%

Heating Value: 15,759.208 kJ/kg

Difference: 0 %

Type of fuel: Solid/Liquid

Fuel: Typical Wood (mod)

Stack Gas Temperature: 120 °C

Ambient Air Temperature: 30 °C

Percent Oxygen Or Excess Air? Oxygen in Flue Gas

O₂ in Flue Gas: 12 %

Excess Air: 119.33 %

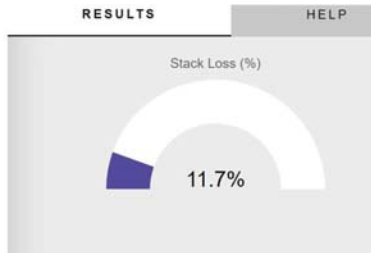
Ash Discharge Temperature: 600 °C

Unburned Carbon in Ash: 15 %

Stack Loss: 11.7 %

Boiler Combustion Efficiency: 88.3 %

[Generate Example](#) [Reset Data](#)



Phần_3_14


BOILER

Deaerator Pressure

Combustion Efficiency
[Calculate Efficiency](#)

Blowdown Rate

Steam

Pressure

Known Variable

Quality Value

Steam Mass Flow

RESULTS

HELP

Blowdown Rate	1 %		
Boiler Energy	23.5 GJ/hr		
Combustion Efficiency	88.3 %		
Fuel Energy	26.7 GJ/hr		

	Feedwater	Blowdown	Steam
Pressure (bar)	0.1	10	10
Temperature (°C)	102.6	184.1	184.1
Saturated	Liquid	Liquid	Gas
Mass Flow (t/hr)	10.1	0.1	10
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	430.2	781.4	2,780.7
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	1.337	2.179	6.552
Energy Flow (GJ/hr)	4.3	0.1	27.8

Phần_3_15


STEAM TURBINE

Solve For

Inlet Steam

Pressure

Known Variable

Temperature Value

Turbine Properties

Selected Turbine Property

Mass Flow

Generator Efficiency

Outlet Steam

Pressure

Known Variable

Quality Value

RESULTS

HELP

Isentropic Efficiency	88.1 %		
Energy Out	48 GJ/hr		
Generator Efficiency	99 %		
Power Out	12,548.9 kW		

	Inlet	Outlet Ideal	Outlet
Pressure (bar)	100	10	10
Temperature (°C)	450	184.1	184.1
Phase	Gas	0.97	Gas
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,240.7	2,718.4	2,780.7
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.415	6.415	6.552
Mass Flow (t/hr)	100	---	100
Energy Flow (GJ/hr)	324.1	---	278.1


STEAM TURBINE

Solve For

Inlet Steam

Pressure

Known Variable

Temperature Value

Turbine Properties

Selected Turbine Property

Power Out

Isentropic Efficiency

Generator Efficiency

Outlet Steam

Pressure

RESULTS

HELP

Isentropic Efficiency	88 %		
Energy Out	43.6 GJ/hr		
Generator Efficiency	99 %		
Power Out	12,000 kW		

	Inlet	Outlet Ideal	Outlet
Pressure (bar)	100	10	10
Temperature (°C)	450	184.1	184.3
Phase	Gas	0.97	Gas
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,240.7	2,718.4	2,781.1
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.415	6.415	6.552
Mass Flow (t/hr)	94.95	---	94.95
Energy Flow (GJ/hr)	307.7	---	264.1

Phần_3_16

PRV

RESULTS
HELP

Inlet
 Pressure bar
 Known Variable
 Temperature Value °C
 Mass Flow t/hr
 Outlet Pressure bar
 Without Desuperheating

	Steam In	Steam Out
Pressure (bar)	100	10
Temperature (°C)	450	389.6
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,240.7	3,240.7
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.415	7.387
Quality	Gas	Gas
Mass Flow (t/hr)	100	100
Energy Flow (GJ/hr)	324.1	324.1

PRV

RESULTS
HELP

Inlet
 Pressure bar
 Known Variable
 Temperature Value °C
 Mass Flow t/hr
 Outlet Pressure bar
 With Desuperheating

Feedwater
 Pressure barg
 Known Variable
 Temperature Value °C
 Desuperheating Temperature °C

	Steam In	Steam Out	Feedwater
Pressure (bar)	100	10	10
Temperature (°C)	450	185	160
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,240.7	2,783.1	675.9
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.415	6.557	1.942
Quality	Gas	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	100	121.71	21.71
Energy Flow (GJ/hr)	324.1	338.7	14.7

Copy Table

Phần_3_17

PIPE INSULATION

BASELINE

Annual Operating Hours hrs/yr
 Energy Source Type
 Heated or Chilled
 Utility Cost \$/GJ
 System Efficiency %
 Pipe Length m
 Pipe Diameter
 Average Wind Speed m/s
 Pipe Temperature °C
 Average Ambient Temperature °C
 Pipe Base Material
 Emissivity
 Insulation Material
 Insulation Thickness m
 Pipe Jacket Material
 Emissivity

MODIFICATION

Annual Operating Hours hrs/yr
 Energy Source Type
 Heated or Chilled
 Utility Cost \$/GJ
 System Efficiency %
 Pipe Length m
 Pipe Diameter
 Average Wind Speed m/s
 Pipe Temperature °C
 Average Ambient Temperature °C
 Pipe Base Material
 Emissivity
 Insulation Material
 Insulation Thickness m
 Pipe Jacket Material
 Emissivity

RESULTS
HELP

	Baseline	Modification
Heat Loss	11 GJ	7 GJ
Energy Cost	\$113	\$70
Annual Energy Savings		4 GJ
Annual Cost Savings		\$43

Copy Table

Phần_3_18



TANK INSULATION

Annual Operating Hours hrs/yr

Energy Source Type

Heated or Chilled

Utility Cost \$/GJ

System Efficiency %

Tank Height m

Tank Diameter m

Tank Thickness m

Internal Tank Temperature °C

Average Ambient Temperature °C

Tank Base Material

Emissivity

Conductivity

Insulation Material

Conductivity

Insulation Thickness m

Tank Jacket Material

Emissivity

Surface Temperature °C

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

MODIFICATION

Annual Operating Hours hrs/yr

Energy Source Type

Heated or Chilled

Utility Cost \$/GJ

System Efficiency %

Tank Height m

Tank Diameter m

Tank Thickness m

Internal Tank Temperature °C

Average Ambient Temperature °C

Tank Base Material

Emissivity

Conductivity

Insulation Material

Conductivity

Insulation Thickness m

Tank Jacket Material

Emissivity

Surface Temperature °C

RESULTS

HELP

	Baseline	Modification
Heat Loss	190,177 GJ	42,617 GJ
Energy Cost	\$1,901.77	\$426.17
Annual Energy Savings		147,56 GJ
Annual Cost Savings		\$1,475.60

[Copy Table](#)

Phần_3_19



BOILER BLOWDOWN RATE

BASELINE

Conductivity Readings

Feedwater Conductivity µS/cm

Blowdown Conductivity µS/cm

Boiler

Steam Flow t/hr

Steam Temperature °C

Boiler Efficiency %

[Calculate Efficiency](#)

Operations

Operating Hours hrs/yr

Fuel Cost \$/GJ

Water Cost \$/L

Makeup Water Temperature °C

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

MODIFICATION

Conductivity Readings

Feedwater Conductivity µS/cm

Blowdown Conductivity µS/cm

Boiler

Steam Flow t/hr

Steam Temperature °C

Boiler Efficiency %

[Calculate Efficiency](#)

Operations

Operating Hours hrs/yr

Fuel Cost \$/GJ

Water Cost \$/L

Makeup Water Temperature °C

RESULTS

HELP

	Baseline	Modification
Blowdown Rate (%)	6 %	3 %
Blowdown Rate (t/hr)	0.64	0.31
Feedwater Rate (t/hr)	10.64	10.31
Fuel Use	3,495 GJ	1,747 GJ
Makeup Water Use	1,352,948 m ³	655,552 m ³
Fuel Cost	\$14,711	\$7,356
Makeup Water Cost	\$12,804	\$6,204
Total Cost	\$27,515	\$13,559
Fuel Savings		\$7,356
Makeup Water Savings		\$6,600
Total Savings		\$13,955

[Copy Table](#)

Phần_3_20

DEAERATOR

Deaerator Pressure

0.5

bar

Vent Rate

10

%

Feedwater Mass Flow

10

t/hr

Water

Pressure

1

bar

Known Variable

Temperature

Temperature Value

105

°C

Steam

Pressure

0.5

bar

Known Variable

Quality

Quality Value

1

Generate Example

Reset Data

RESULTS

HELP

	Inlet Water	Steam	Vent Steam	Feedwater
Pressure (bar)	1	0.5	0.5	0.5
Temperature (°C)	105	111.6	111.6	111.6
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	440.3	2,693.5	2,693.5	468.2
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	1.363	7.22	7.22	1.436
Quality	Liquid	Gas	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	9.88	1.12	1	10
Energy Flow (GJ/hr)	4.3	3	2.7	4.7

Copy Table

FLASH TANK

Pressure

8

bar

Known Variable

Quality

Quality Value

0

Mass Flow

3

t/hr

Tank Pressure

2

bar

Generate Example

Reset Data

RESULTS

HELP

	Inlet	Steam Out	Liquid Out
Pressure (bar)	8	2	2
Temperature (°C)	175.4	133.7	133.7
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	743	2,725.1	562.1
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	2.095	6.99	1.673
Quality	Liquid	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	3	0.25	2.75
Energy Flow (GJ/hr)	2.2	0.7	1.5

Phần_3_21

HEAT LOSS

Pressure

10

bar

Known Variable

Quality

Quality Value

1

Mass Flow

10

t/hr

% Heat Loss

10

%

Generate Example

Reset Data

RESULTS

HELP

Percent Loss	10 %	
Heat Loss	2.8 GJ/hr	
	Inlet steam	Outlet Steam
Pressure (bar)	10	10
Temperature (°C)	184.1	184.1
Phase	Gas	0.9
Mass Flow (t)	10	10
Specific Enthalpy (kJ/kg)	2,780.7	2,502.6
Specific Entropy (kJ/kg-K)	6.552	5.943
Energy Flow (GJ/hr)	27.8	25

Phần_3_22

Operating Hours

8000 hrs/yr

Fuel

Typical Natural Gas - US

Add New Fuel

Higher Heating Value

40600 kJ/m³

Fuel Cost

5 \$/GJ

Fuel Temperature

20 °C

Flue Gas Temperature

200 °C

Percent Oxygen Or Excess Air?

Oxygen in Flue Gas

O₂ in Flue Gas

3 %

Excess Air

15.52 %

Combustion Air Temperature

28 °C

Ambient Air Temperature

28 °C

Moisture in Combustion Air

0.88 %

Calculate

Boiler Energy Rate Input

27170000 kJ/hr

Operating Conditions

Steam Quality

Saturated

Steam Pressure

10 bar

Feedwater Temperature

80 °C

Boiler Blowdown % of Feedwater

4 %

Heat Exchanger Effectiveness

0.2 %

Generate Example

Reset Data

RESULTS

HELP

Results

Flow Rate of Flue Gases	9,712 GJ/yr
Flow Rate of Steam	10,337 GJ/yr
Flow Rate of Feedwater	10,751 GJ/yr
Enthalpy of Steam	2,416 GJ/yr
Enthalpy of Feedwater	335 GJ/yr
Flue Gas Outlet Temperature	125 °C
Feedwater Outlet Temperature	97 °C

Annual Results

Energy Savings	8,145 GJ
Cost Savings	\$38,601

Copy Table

CALCULATE MOISTURE IN COMBUSTION AIR

Barometric Pressure (P_{atm})

101325 Pa

Specific Heat Ratio (γ)

1.4

Method to Establish Air Density

Wet Bulb Temperature

30 °C

Dry Bulb Temp (T_{db})

101325 Pa

Static Pressure (P_{st})

28 °C

Wet Bulb Temp (T_{wb})

0.88 %

Moisture in Combustion Air

Cancel

Submit

RESULTS

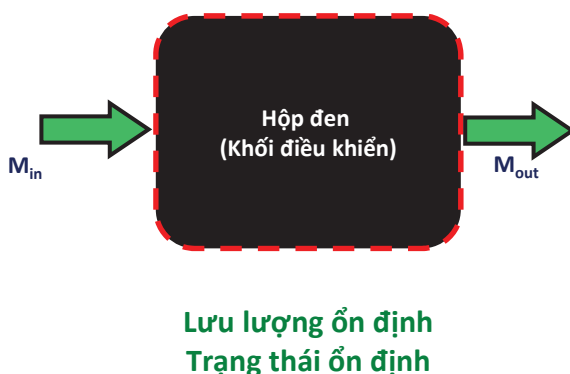
HELP

Psychrometric Data

Humidity Ratio	0.0089
Air Density (kg/m ³)	2.320
Dry Bulb (°C)	30
Relative Humidity (%)	66.8
Wet Bulb (°C)	26
Dew Point (°C)	23.2
Enthalpy (kJ/kg)	72
Specific Volume (m ³ /kg)	0.44
Barometric Pressure (Pa)	101325
Saturation Pressure (Pa)	4,246.14
Saturated Humidity Ratio	0.013
Absolute Pressure (Pa)	252,643.95
Degree of Saturation	0.663

Phần_3_23

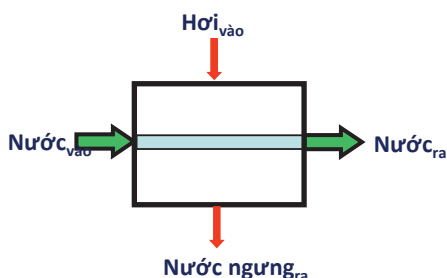
Bảo toàn khối lượng



- Định luật: Khối lượng không được tạo ra cũng như không bị mất đi trong khối điều khiển.
- Về mặt toán học,
 - Lưu lượng khối lượng vào = Lưu lượng khối lượng ra
- Phương trình
 - $\sum M_{in} = \sum M_{out}$
- Trạng thái của vật chất và lưu lượng thể tích có thể thay đổi

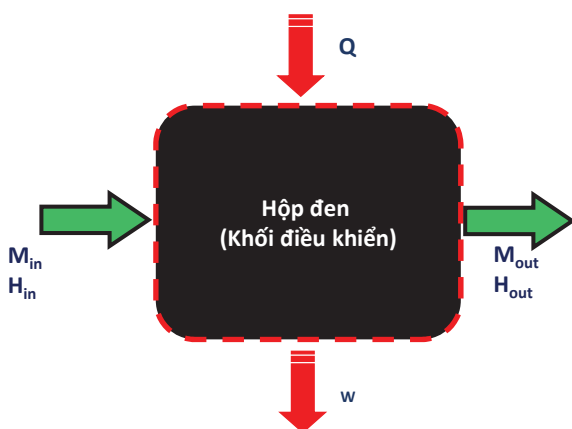
Phần_3_24

Ví dụ: F1



- Bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm được sử dụng để gia nhiệt cho nước bằng hơi.
- Lưu lượng nước đo được là 600l/phút
- Theo định luật bảo toàn khối lượng
- Phía nước: Lưu lượng nước vào = Lưu lượng nước ra = 600 l/phút
- Phía hơi: Lưu lượng hơi vào = Lưu lượng nước ngưng ra

Phần_3_25



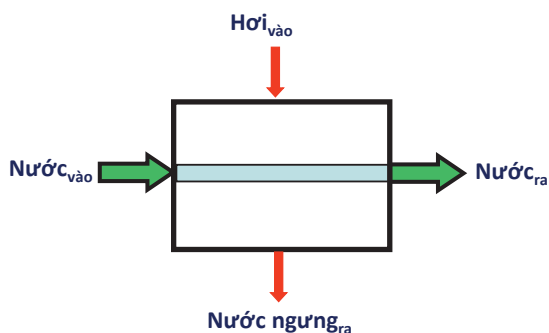
**Lưu lượng ổn định
Trạng thái ổn định**

Bảo toàn năng lượng

- Định luật: Năng lượng không được sinh ra cũng như không bị mất đi trong khối điều khiển. Nó chỉ có thể được chuyển đổi từ dạng này sang dạng khác.
- Về mặt toán học,
 - Dòng năng lượng vào + Nhiệt = Dòng năng lượng ra + Công
- Phương trình
 - $\sum M_{in} \cdot h_{in} + Q = \sum M_{out} \cdot h_{out} + W$

Phần_3_26

Ví dụ: F1



- Nhiệt độ nước vào = 25°C
- Nhiệt độ nước ra = 75°C
- Nhiệt dung riêng của nước = 4,183 kJ/kg-K
- Nhiệt truyền cho nước
 $= M_{\text{water}} \times C_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$

$$Q = \frac{600}{60} \times 4,186 \times (75 - 25) \text{ kW}$$

$$Q = 2.091 \text{ kW}$$

Phần_3_27

Ví dụ: F1

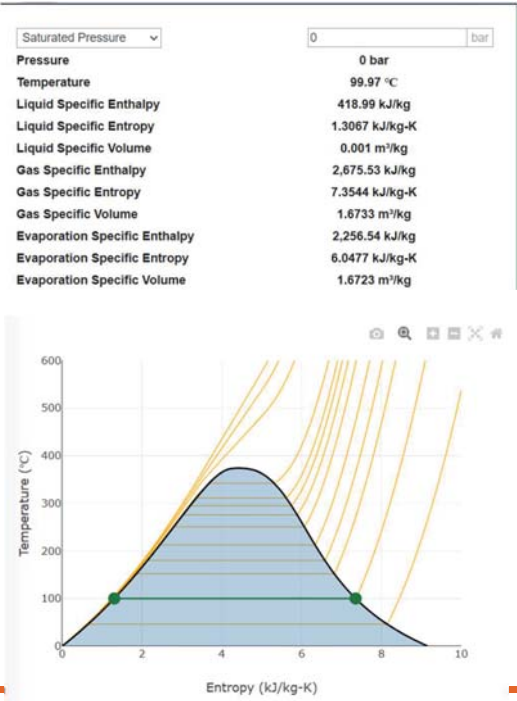
- Điều kiện hơi đầu vào: Hơi bão hòa ở áp suất khí quyển
- Điều kiện nước ngưng đầu vào: Bão hòa ở $T = 100^\circ\text{C}$
- Nhiệt lượng truyền cho hơi = $M_{\text{steam}} \times h_{\text{steam}} - M_{\text{condensate}} \times h_{\text{condensate}}$
- Không có công của trục được thực hiện trong khối điều khiển: $W = 0$
- Nhiệt lượng truyền **cho** nước = Nhiệt lượng **do** hơi nước truyền
- Bảo toàn khối lượng: $M_{\text{steam}} = M_{\text{condensate}}$

Phần_3_28

Ví dụ: F1

- $Q = M_{\text{steam}} \times (h_{\text{steam}} - h_{\text{condensate}})$
- Bảng thuộc tính hơi nước cung cấp thông tin về entanpy của hơi và nước ngưng
- h_{steam} – Hơi bão hòa (0 barg) = 2.676 kJ/kg
- $h_{\text{condensate}}$ – Nước ngưng bão hòa ở 100°C = 419 kJ/kg

$$Q = M_{\text{steam}} \times (2.676 - 419)$$
$$2.091 = M_{\text{steam}} \times (2.257)$$
$$M_{\text{steam}} = 0,927 \text{ kg/s} = 3.336 \text{ kg/h} = 3,34 \text{ Tấn/h}$$



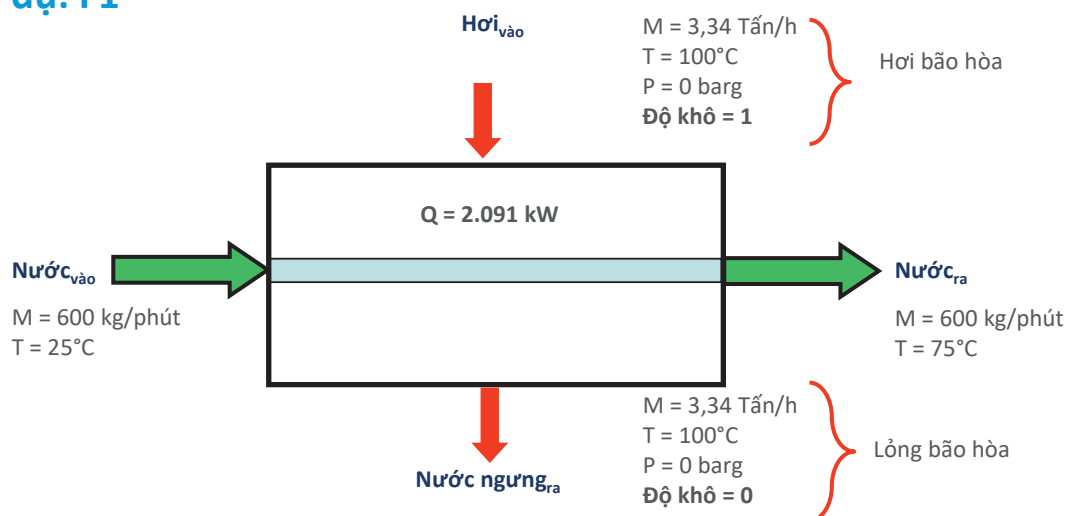
Ví dụ: F1

Pressure [bars]	t _{sat} [°C]	Quality	Enthalpy [kJ/kg]
0.5	81.3	0	340.4
0.5	81.3	1	2,645
1.013	100.0	0	419
1.013	100.0	1	2,676
1.5	111.4	0	467.1
1.5	111.4	1	2,693
2	120.2	0	504.7
2	120.2	1	2,707
2.5	127.4	0	535.4
2.5	127.4	1	2,717

Lỏng bão hòa

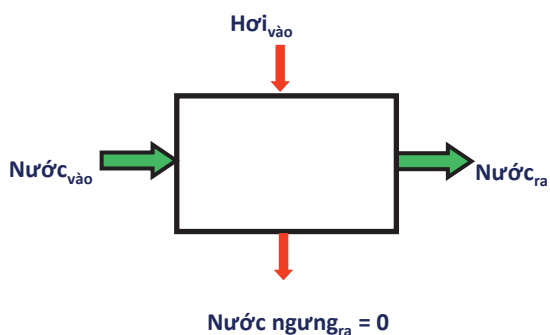
Hơi bão hòa
(Hơi khô)

Ví dụ: F1



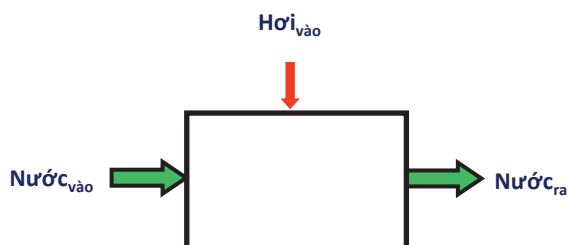
Phần_3_31

Ví dụ: F2



- Hơi được phun trực tiếp vào bình để gia nhiệt cho nước
- Lưu lượng nước yêu cầu (& đo lường) theo quy trình là 600 l/phút
- Lưu lượng khối lượng hơi không biết

Phần_3_32



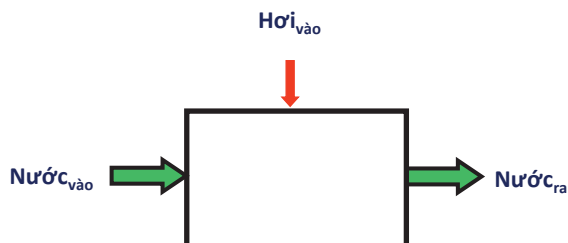
Ví dụ: F2

- Áp dụng Lưu lượng ổn định Trạng thái ổn định – **Bảo toàn khối lượng**
- Lưu lượng nước vào + Lưu lượng hơi vào = Lưu lượng nước ra

Ví dụ: F2

- Áp dụng Lưu lượng ổn định Trạng thái ổn định – **Bảo toàn khối lượng**
- Lưu lượng nước vào = M_{waterin} = Ấn số
 Lưu lượng hơi vào = M_{steam} = Ấn số
- Lưu lượng nước ra = M_{waterout}
 = 600 l/phút
 ~ 600 kg/phút
- $M_{\text{waterin}} + M_{\text{steam}} = M_{\text{waterout}}$ (Phương trình 1)

Ví dụ : F2



- Nhiệt độ nước đầu vào = 25°C
- Nhiệt độ nước đầu ra = 75°C
- Điều kiện hơi đầu vào: Hơi bão hòa ở áp suất khí quyển
- Không có công của trục được thực hiện trong khối điều khiển: $W = 0$
- Áp dụng Lưu lượng ổn định Trạng thái ổn định – **Bảo toàn năng lượng**

$$M_{\text{waterin}} \times h_{\text{waterin}} + M_{\text{steam}} \times h_{\text{steam}} = M_{\text{waterout}} \times h_{\text{waterout}} \quad (\text{Phương trình 2})$$

Ví dụ: F2

Pressure _i [bar]	Temperature _i [°C]	Quality _i	Enthalpy _i [kJ/kg]	Density _i [kg/m ³]
1.013	25.0	-100	104.8	997.1
1.013	75.0	-100	314	974.9
1.013	100.0	1	2,676	0.597

- Bảng thuộc tính hơi nước cung cấp thông tin về entanpy của hơi nước và nước quá lạnh
- h_{waterin} – Nước quá lạnh (25°C) = 104,8 kJ/kg
- h_{steam} – Hơi bão hòa ở 0 barg = 2.676 kJ/kg
- h_{waterout} – Nước quá lạnh (75°C) = 314 kJ/kg

Ví dụ: F2

- Phương trình 1 được viết lại thành

$$M_{waterin} + M_{steam} = M_{waterout}$$

$$M_{waterin} + M_{steam} = \frac{600}{60} \times \frac{974,9}{1.000}$$

$$M_{waterin} + M_{steam} = 9,75$$

$$M_{waterout} = 9,75 \frac{kg}{s}$$

Phần_3_37

Ví dụ: F2

- Phương trình 2 được viết lại thành

$$M_{waterin} \times (104,8) + M_{steam} \times (2.676) = M_{waterout} \times (314)$$

$$M_{waterin} \times (104,8) + M_{steam} \times (2.676) = 9,75 \times (314)$$

$$M_{waterin} \times (104,8) + M_{steam} \times (2.676) = 3.061,5$$

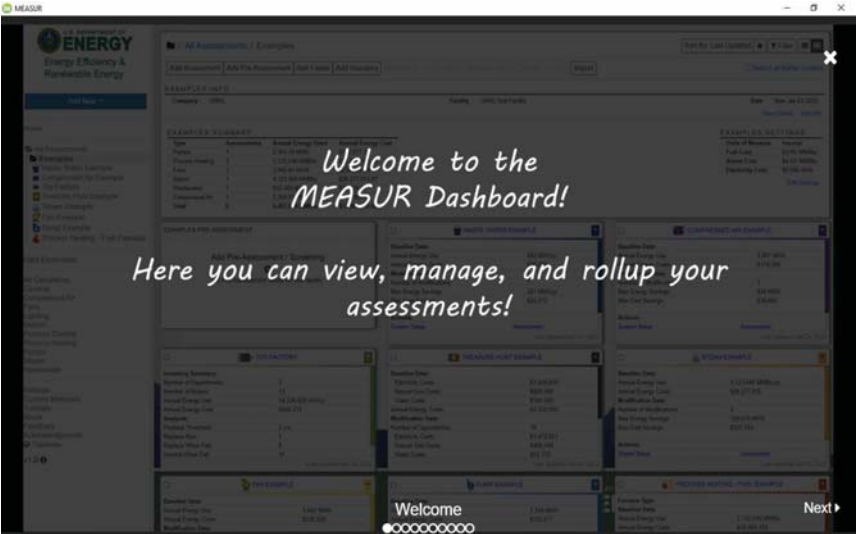
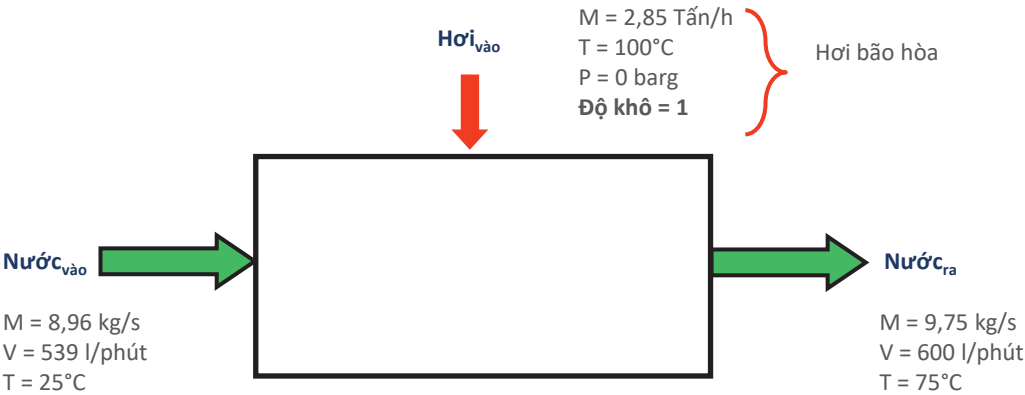
- Phương trình 2 được viết lại thành

$$M_{waterin} = 8,96 \frac{kg}{s} = \frac{8.96}{997,1} \times 1.000 \times 60 \frac{1}{phút} = 539 \frac{l}{phút}$$

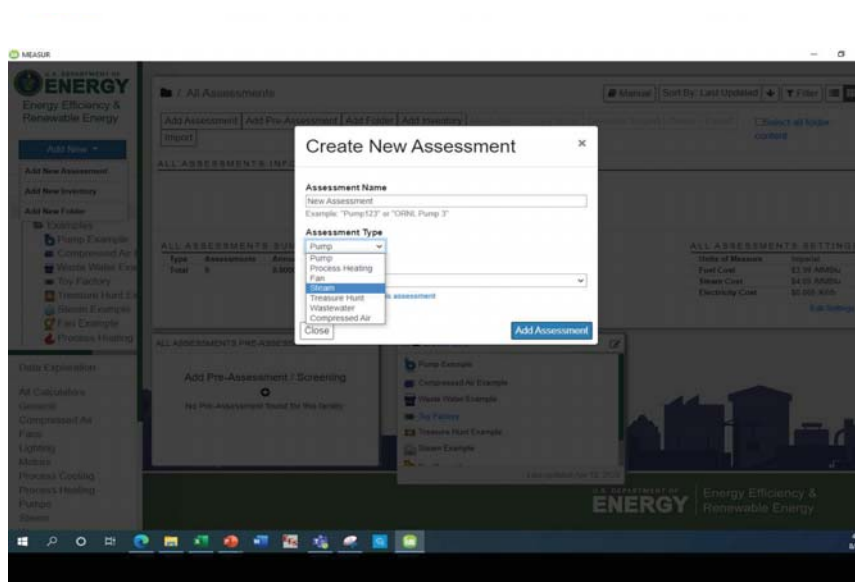
$$M_{steam} = 0,793 \frac{kg}{s} = 2.855 \frac{kg}{h} = 2,85 \text{ Tấn/h}$$

Phần_3_38

Ví dụ: F2

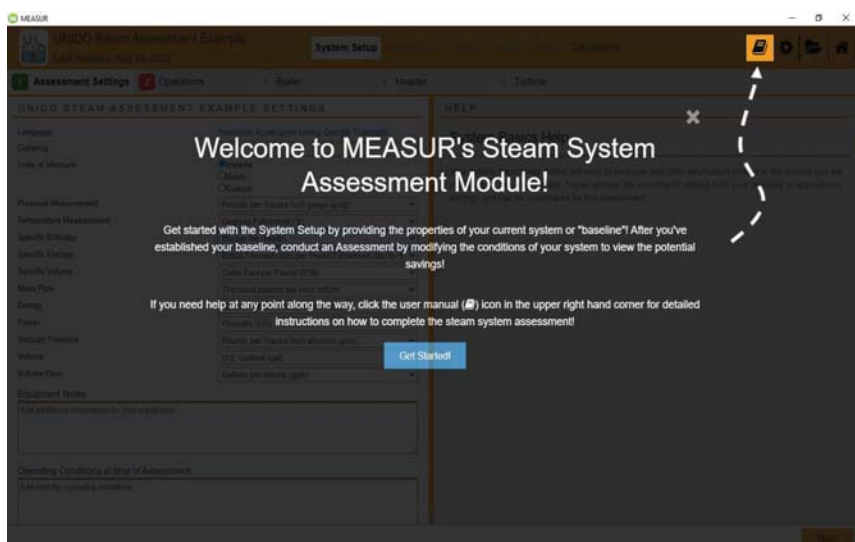


Bảng điều khiển MEASUR



MEASUR's -
Mô-đun đánh giá

Phần_3_41



Mô-đun đánh giá
hơi nước của
MEASUR

Phần_3_42

Phần đầu vào – Cài đặt đánh giá

Vi dụ 1
Last modified: Feb 26, 2026

Baseline Assessment Diagram Report Sankey

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Boiler 4 Header 5 Turbine

VI DU 1 SETTINGS

Currency: \$

Units of Measure: Imperial

Emissions Result Unit: ton (short)

Pressure Measurement: Bar gauge (bar)

Temperature Measurement: Degrees Celsius (°C)

Specific Entropy: Kilograms per Kilogram Kelvin (kJ/kg·K)

Specific Volume: Cubic Meters per Kilogram (m³/kg)

Mass Flow: Tonne per hour (t/hr)

Energy: Gigajoules (GJ)

Power: Kilowatts (kW)

Vacuum Pressure: Bar absolute (bara)

Volume: Cubic meters (m³)

Volume Flow: Cubic meters per minute (m³/min)

Equipment Notes

Operating Conditions at time of Assessment

Phần đầu vào – Vận hành

Vi dụ 1
Last modified: Feb 26, 2026

Baseline Assessment Diagram Report Sankey

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Boiler 4 Header 5 Turbine

OPERATING CONDITIONS

General Details

Operating Hours: 8760 hrs/yr

Site Power Import: 10000 MW

Make-up Water Temperature: 30 °C

Energy Costs for Operation

Fuel: 3.99 \$/GJ

Electricity: 0.066 \$/kWh

Make-Up Water Cost: 30 \$/m³

Carbon Emissions From Fuel

Energy Source: Coal

Fuel Type: Anthracite

Total Fuel Emission Output Rate: 98.28 kg CO₂/MWh

Carbon Emissions From Electricity

Zip code: 00000

eGRID Subregion: U.S. Average

Total Emission Output Rate: 401.07 kg CO₂/MWh

Phần_3_43

Phần đầu vào – Lò hơi

Vi dụ 1
Last modified: Feb 26, 2026

Baseline Assessment Diagram Report Sankey

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Boiler 4 Header 5 Turbine

BOILER DETAILS

Boiler Combustion Efficiency: 84 %

Blowdown Rate: 5 %

Is the blowdown flashed?: No

Preheat Make-up Water with Blowdown: No

Steam Quality: Superheated

Steam Pressure: 10 bar

Steam Temperature: 200 °C

Deaerator Vent Rate: 0 %

Deaerator Pressure: 0 bar

STACK LOSS

Type of fuel: Solid/Liquid

Fuel: Typical Wood

Stack Gas Temperature: 200 °C

Ambient Air Temperature: 25 °C

Percent Oxygen Or Excess Air?: 10 %

O₂ in Flue Gas: 81.36 %

Ash Discharge Temperature: 600 °C

Unburned Carbon in Ash: 15 %

Stack Loss: 16.0 %

Boiler Combustion Efficiency: 84.0 %

CALCULATE BLOWDOWN RATE

Blowdown Conductivity: 2000 µS/cm

Feedwater Conductivity: 100 µS/cm

Blowdown Rate: 5.00 %

Preheat Make-up Water with Blowdown: No

Steam Quality: Superheated

Steam Pressure: 10 bar

Steam Temperature: 200 °C

Deaerator Vent Rate: 0 %

Deaerator Pressure: 0 bar

Phần_3_44

Phần đầu vào – Ống góp

Vi dụ 1

Last modified: Feb 26, 2026

Baseline Assessment Diagram Report Sankey

1 Assessment Settings

2 Operations

3 Boiler

4 Header

5 Turbine

HEADER DETAILS

Number Of Headers	2
Condensate Return	
Condensate Return Temperature	80
Flash Condensate Return	No
High Pressure Header	
Pressure	10 bar
Temperature	200 °C
Process Steam Usage	15 t/hr
Condensate Recovery Rate	90 %
Heat Loss	0 %
Low Pressure Header	
Pressure	3 bar
Process Steam Usage	10 t/hr
Condensate Recovery Rate	90 %
Flash Condensate Coming into Header	No
Heat Loss	0 %
Desuperheat Steam out of Highest Pressure Header	No

Phần đầu vào – Tua-bin

Vi dụ 1

Last modified: Feb 26, 2026

Baseline Assessment Diagram Report Sankey

1 Assessment Settings

2 Operations

3 Boiler

4 Header

5 Turbine

TURBINE DETAILS

☒ Condensing Turbine

Isentropic Efficiency

70 %

Generator Efficiency

95 %

Condenser Pressure

0.15 bar(a)

Operation Type

Power Generation

Fixed Power

2500 kW

☒ High Pressure to Low Pressure

Isentropic Efficiency

55 %

Generator Efficiency

100 %

Operation Type

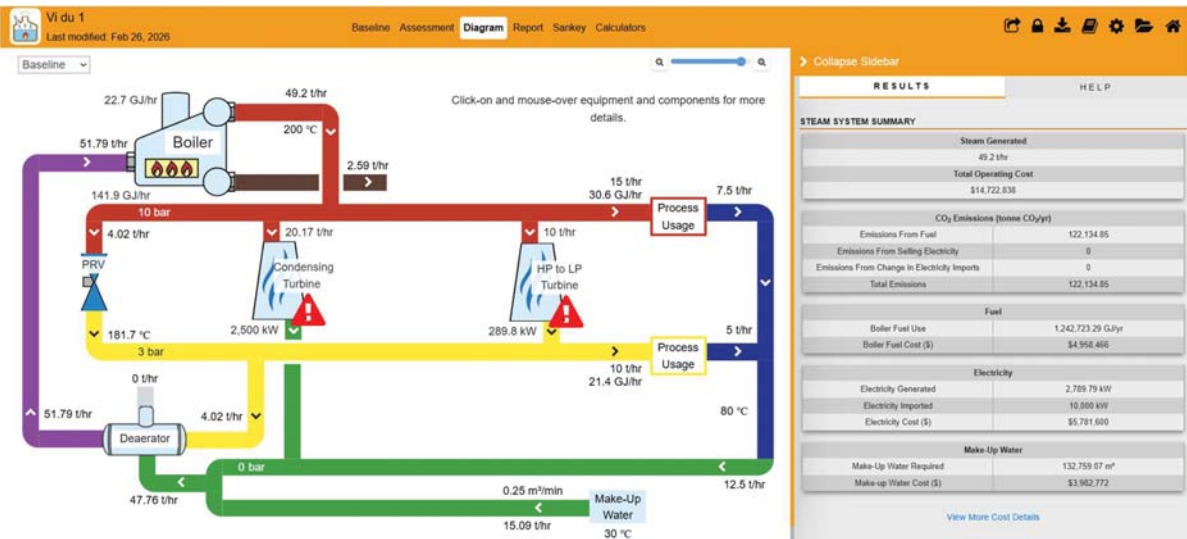
Steam Flow

Fixed Flow

10 t/hr

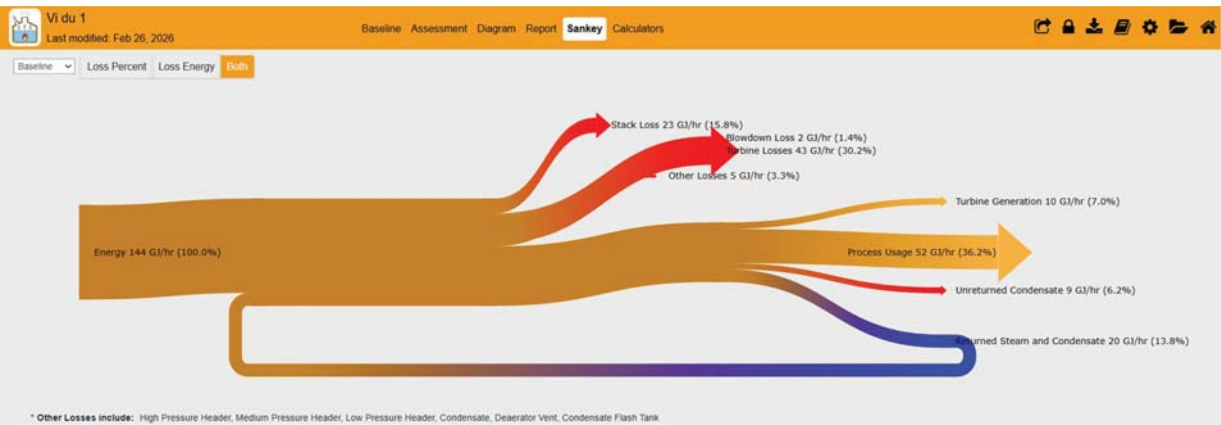
Phần_3_45

Sơ đồ hệ thống hơi và tóm tắt



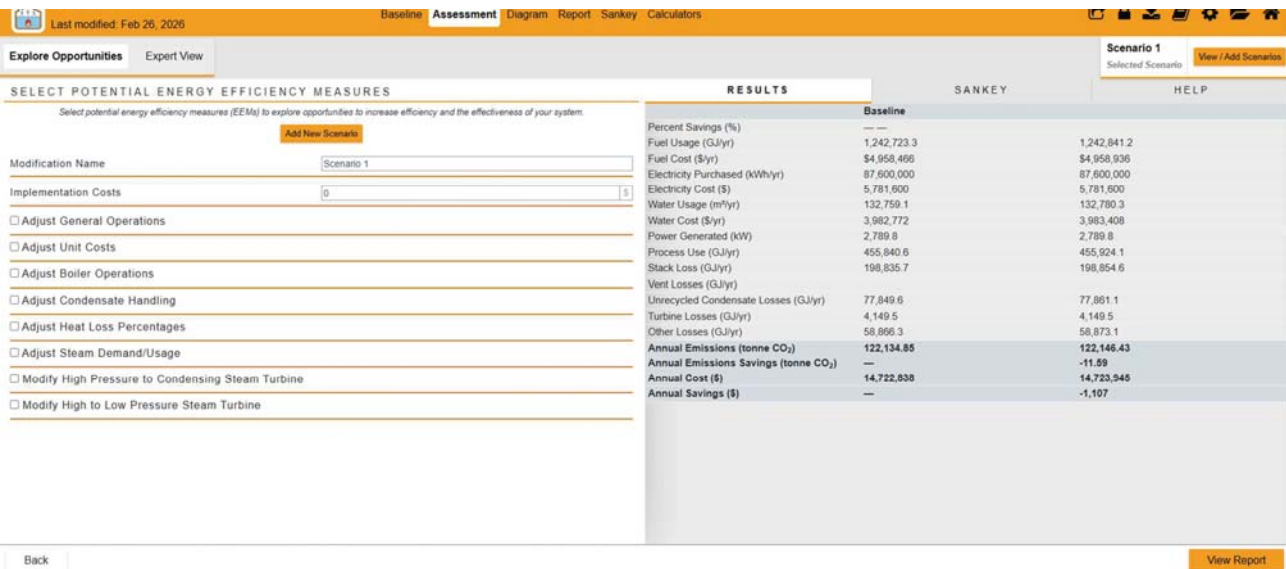
Phần_3_46

Hệ thống hơi nước – biểu đồ Sankey



Phần_3_47

Hệ thống hơi nước – các cơ hội TKNL



Phần_3_48

Hệ thống hơi nước – góc nhìn chuyên gia



Vi dụ 1

Last modified Feb 26, 2026

BaselineAssessmentDiagramReportSankeyCalculators

Explore OpportunitiesExpert View

Scenario 1

Selected ScenarioView / Add Scenarios

OperationsBoilerHeaderTurbine

BASLINE

General Details

Operating Hours

Site Power Import

Make-up Water Temperature

Energy Costs for Operation

Fuel

Electricity

Make-Up Water Cost

Carbon Emissions From Fuel

Energy Source

Fuel Type

Total Fuel Emission Output Rate

Calculate Net CO₂ Emissions from Mixed Sources

Carbon Emissions From Electricity

Zip code

eGRID Subregion

Total Emission Output Rate

SCENARIO 1

General Details

Operating Hours

Site Power Import

Make-up Water Temperature

Energy Costs for Operation

Fuel

Electricity

Make-Up Water Cost

Carbon Emissions From Fuel

Energy Source

Fuel Type

Total Fuel Emission Output Rate

Calculate Net CO₂ Emissions from Mixed Sources

Carbon Emissions From Electricity

Zip code

eGRID Subregion

Total Emission Output Rate

Implementation Cost

RESULTS

HELP

NOTES

Steam Operations Help

Enter measured data to calculate your system's annual savings potential.

Back

View Report

Phần_3_49

Hệ thống hơi nước – Báo cáo kết quả



Vi dụ 1

Last modified Feb 26, 2026

BaselineAssessmentDiagramReportSankeyCalculators

Vi dụ 1

Last Modified 2/26/26, 4:35 AM

Print

Executive SummaryEnergy SummaryLossesDiagramReport GraphsInput SummaryFacility InfoSankey

	Baseline	Scenario 1
Percent Savings (%)	—	5.0%
Power Cost (\$/yr)	5,781,600	5,781,600
Savings	—	0
Fuel Cost (\$/yr)	4,958,456	4,594,590
Savings	—	363,866
Make-up Water Cost (\$/yr)	3,982,772	3,632,363
Savings	—	350,409
Annual Cost (\$)	14,722,838	14,008,463
Annual Savings (\$)	—	714,375
Implementation Cost	—	—
Payback Period (months)	—	—
Selected Energy Projects	—	—
Modifications	—	Boiler

Copy Table

Phần_3_50

Hệ thống hơi nước – Các tính toán tự do

 Ví dụ 1

Last modified: Feb 26, 2026

Baseline Assessment Diagram Report Sankey **Calculators**



Boiler Deerator Flash Tank Header Heat Loss Pressure Release Valve Saturated Properties Stack Loss Steam Properties Turbine

 **BOILER**

Deaerator Pressure0bar

Combustion Efficiency84%

Calculate Efficiency

Blowdown Rate2.5%

Steam

Pressure10bar

Known VariableTemperature

Temperature Value200°C

Steam Mass Flow50t/hr

Generate Example

Reset Data

RESULTS

HELP

Blowdown Rate2.5%

Boiler Energy120.6 GJ/hr

Combustion Efficiency84%

Fuel Energy143.6 GJ/hr

	Feedwater	Blowdown	Steam
Pressure (bar)	0	10	10
Temperature (°C)	100	184.1	200
Saturated	Liquid	Liquid	Gas
Mass Flow (t/hr)	51.28	1.28	50
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	419	781.4	2,822.2
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	1.307	2.179	6.641
Energy Flow (GJ/hr)	21.5	1	141.1

Phần_3_51

Các tính năng chính của MEASUR (Mô hình hơi nước)

- Lựa chọn Mô hình 1, 2 hoặc 3 ống góp áp suất khác nhau
- Sơ đồ Mô hình hệ thống hơi
- Tóm tắt Năng lượng & Chi phí
- Ước tính lượng phát thải môi trường

Phần_3_52

Các tính năng chính của MEASUR (Mô hình hơi nước)

- Thiết bị chính được mô phỏng:
 - Lò hơi
 - Hộ tiêu thụ
 - Tua-bin đối áp
 - Tua-bin ngưng
 - Bình khử khí
 - Tổn thất do bảo ôn
 - Xả lò
 - Bình flash (bình bốc hơi)
 - Bộ trao đổi thu hồi nhiệt

Phần_3_53

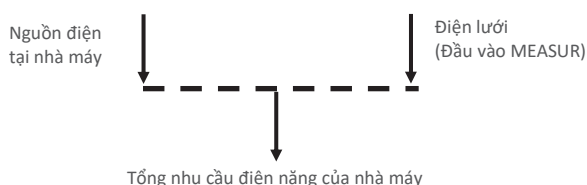
Phần đánh giá hơi nước trên MEASUR có thể đánh giá các dự án cải tiến hơi nước quan trọng

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| • Sự thay đổi về nhu cầu hơi nước | • Thu hồi năng lượng từ xả lò lò |
| • Hiệu suất lò hơi | • Thu hồi nước ngưng |
| • Các loại nhiên liệu thay thế | • Thu hồi nhiệt |
| • Tua-bin hơi | • Thu hồi hơi flash |

.... Và nhiều tình huống khác trong dự án

Phần_3_54

Điện năng từ lưới điện (hoặc phát lên lưới)



- MEASUR yêu cầu thông số đầu vào cho lượng điện năng từ lưới điện quốc gia
- Điện năng từ lưới kết hợp với điện năng tự sản xuất tại nhà máy là phụ tải của nhà máy
- Nếu nhà máy này là nhà máy phát điện lên lưới thì điện mua phải mang giá trị âm

Cơ Cấu Giá Điện

- Sự hiểu biết thấu đáo về cấu trúc giá điện là điều cần thiết để đánh giá tác động thực sự của bất kỳ sự thay đổi quy trình nào
- Chi phí điện trung bình nói chung không phải là chi phí mà một cơ sở sẽ bị ảnh hưởng do tăng hoặc giảm mức tiêu thụ điện
- KHÔNG được đưa chi phí cố định vào phân tích loại tác động của MEASUR

Chi phí sử dụng điện

- Cấp độ thông tin thứ 1
 - Hóa đơn sử dụng điện hàng năm: 4.860.000 \$
 - Tiêu thụ năng lượng điện hàng năm: 43.800 MWh
- Chi phí sử dụng điện có thể được tính như sau

$$ElectricCost = \frac{4.860.000}{43.800.000} = 0,111 \frac{\$}{kWh}$$

- Nhưng chi phí này có thể KHÔNG ĐÚNG khi sử dụng trong phân tích MEASUR

Phần_3_57

Chi phí sử dụng điện

- Cấp độ thông tin thứ 2
 - Hóa đơn sử dụng điện hàng năm: 4.860.000 \$
 - Tiêu thụ năng lượng điện hàng năm: 43.800 MWh
 - Chi phí cố định: 480.000 \$
- Giảm mức tiêu thụ năng lượng sẽ KHÔNG làm thay đổi các khoản phí cố định và do đó, chúng không nên được đưa vào MEASUR
- Chi phí sử dụng điện có thể được tính như sau
$$ElectricCost = \frac{(4.860.000 - 480.000)}{43.800.000} = 0,10 \frac{\$}{kWh}$$
- Chi phí này có thể ĐÚNG để sử dụng trong phân tích MEASUR, nếu nhu cầu điện bị ảnh hưởng

Phần_3_58

Chi phí sử dụng điện

- Cấp độ thông tin thứ 3
 - Hóa đơn sử dụng điện hàng năm: 4.860.000 \$
 - Tiêu thụ năng lượng điện hàng năm: 43.800 MWh
 - Chi phí cố định: 480.000 \$
 - Chi phí nhu cầu hàng năm: 876.000 \$
 - Chi phí năng lượng hàng năm: 3.504.000 \$
- Nếu nhu cầu điện KHÔNG bị ảnh hưởng thì chi phí nhu cầu KHÔNG được đưa vào MEASUR
- Chi phí sử dụng điện có thể được tính như sau

$$ElectricCost = \frac{(4.860.000 - 480.000 - 876.000)}{43.800.000} = 0,08 \frac{\$}{kWh}$$

Phần_3_59

Chi phí sử dụng điện

- Cấu hình khác nhau
 - Chi phí nhu cầu: 14,60 \$/kW/tháng
 - Chi phí năng lượng: 0,08 \$/kWh
- MEASUR chỉ có một ô (\$/kWh) để nhập dữ liệu đầu vào

$$\kappa_{energy} = 0,080 \frac{\$}{kWh}$$

$$\kappa_{demand} = 14,6 \frac{\$}{kW \text{ tháng}} \left(\frac{1 \text{ tháng}}{730 \text{ h}} \right) = 0,020 \frac{\$}{kWh}$$

$$ElectricCost = \kappa_{energy} + \kappa_{demand} = 0,10 \frac{\$}{kWh}$$

Phần_3_60

Chi phí nước bổ sung

- Giá mua nước
- Chi phí bơm nước
- Chi phí xử lý nước
- Chi phí nước thải ???
- Nhiệt độ nước bổ sung là một biến quan trọng
- Sử dụng 20°C làm ví dụ cho hệ thống hơi
- Chi phí thông thường là 0,66 \$/m³

Phần_3_61

Lựa chọn nhiên liệu trong MEASUR

- Hơi & Nước nóng
 - Không thực sự áp dụng trừ khi nhập trực tiếp từ nhà máy khác
- Khí thiên nhiên
- Nhiên liệu từ dầu mỏ
 - Dầu diesel (dầu nhiên liệu #2)
 - LPG
 - Các hydrocarbon khác, v.v.
- Nhiên liệu sinh khối
 - Dầu diesel sinh học
 - Bã mía
 - Gỗ, v.v.
- Khí thiên nhiên
 - Các loại khác nhau
- Nhiên liệu khác
 - Than cốc
 - Khí hydro, v.v.
- Nhiên liệu hỗn hợp (do người dùng xác định)

Phần_3_62

Chỉ định nhiên liệu và chi phí trong MEASUR



Nhiên liệu	Đơn vị	Chi phí điển hình [\$/đơn vị bán]	HHV [kJ/kg]	Đơn giá [\$/GJ]
Khí thiên nhiên	Nm ³	1,00	54.220	26,35
Dầu nhiên liệu số 2	tấn	1.500	45.125	33,24
Dầu số 6 (LS)	tấn	785	43.595	18,01
Dầu số 6 (HS)	tấn	797	43.764	18,21
Than Bitum	tấn	171	31.890	5,36
Than á Bitum	tấn	129	23.465	5,50
Gỗ tươi	tấn	22	12.215	1,80

Cái này rất quan trọng. Đơn vị của chi phí nhiên liệu trong MEASUR dựa trên NĂNG LƯỢNG.

Phần_3_63

Steam Example

Last modified: Aug 22, 2022

System Setup

Assessment

Diagram

1 Assessment Settings

2 Operations

3 Boiler

4 Header

OPERATING CONDITIONS

General Details

Operating Hours

8760

hrs/yr

Site Power Import

5000

kW

Make-up Water Temperature

20

°C

Energy Costs for Operation

Fuel

25

\$/GJ

Electricity

0.1

\$/kWh

Make-Up Water Cost

0.66

\$/m3

Carbon Emissions From Fuel

Energy Source

Natural Gas

Fuel Type

Natural Gas

Total Fuel Emission Output Rate

50.29

kg CO₂/GJ

Calculate Net CO₂ Emissions from Mixed Sources

Carbon Emissions From Electricity

Zip code

00000

eGRID Subregion

U.S. Average

Total Emission Output Rate

401.07

kg CO₂/MWh

Chỉ định nhiên liệu và chi phí tác động trong MEASUR

- Thông tin về Phát thải cung cấp Phạm vi 1 & 2
- Các hệ số phát thải mặc định từ cơ sở dữ liệu của Hoa Kỳ được cung cấp HOẶC sử dụng các hệ số theo nhà máy và nhiên liệu cụ thể, nếu biết

Phần_3_64

Chi phí sinh hơi của lò hơi khí thiên nhiên

- Lò hơi khí thiên nhiên có nhiệt trị cao bằng 54.220 kJ/kg
 - HHV = 40.144 kJ/Nm³
- Sản lượng hơi: 20 Tấn/h (trung bình quanh năm)
- Nhiên liệu tiêu hao: 1.693 Nm³/h (28 Nm³/phút)
- Chi phí nhiên liệu: 1,0 \$/Nm³
- Xác định chi phí vận hành?

$$K_{boiler} = m_{fuel} \times k_{fuel} = 1.693 \times 1,0 = 1.693 \text{ $/h}$$

$$K_{boiler} = 1.693 \text{ $/h} \times 8.760 \approx 14.800.000 \text{ $/năm}$$

Phần_3_65

Chi phí sinh hơi của lò hơi khí thiên nhiên

$$K_{boiler} = m_{fuel} \times k_{fuel} = 1.693 \times 1,0 = 1.693 \text{ $/h}$$

$$K_{boiler} = 1.693 \text{ $/h} \times 8.760 \approx 14.800.000 \text{ $/năm}$$

- Sản lượng hơi: 20 Tấn/h (ổn định quanh năm)
- Xác định chi phí sinh hơi?

$$\kappa_{steam} = \frac{\text{Chi phí vận hành lò}}{\text{Sản lượng hơi}}$$

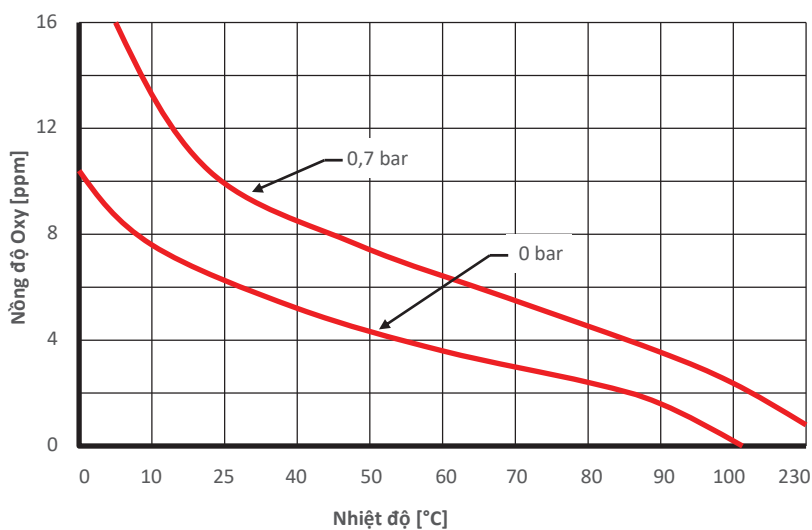
$$\kappa_{steam} = \frac{1.693}{20} = 84,6 \frac{\text{\$}}{\text{tấn}}$$

Phần_3_66

Bình khử khí

- Khí Oxy, khí Cacbonic và các khí khác tan trong nước
 - Những hóa chất này gây hại cho hệ thống hơi nước
 - Khí Oxy gây ăn mòn ở dạng rỉ mòn
 - Khí Cacbonic dẫn đến sự ăn mòn do nước ngưng có tính axit
- Bình chứa nước ngưng hở là vị trí mà khí có thể bị hòa tan trong nước ngưng
- Nước bổ sung thường chứa một lượng đáng kể các khí hòa tan
- Độ hòa tan của các chất khí trong nước giảm khi nhiệt độ tăng
 - Bình khử khí được sử dụng để làm giảm tác động của khí hòa tan

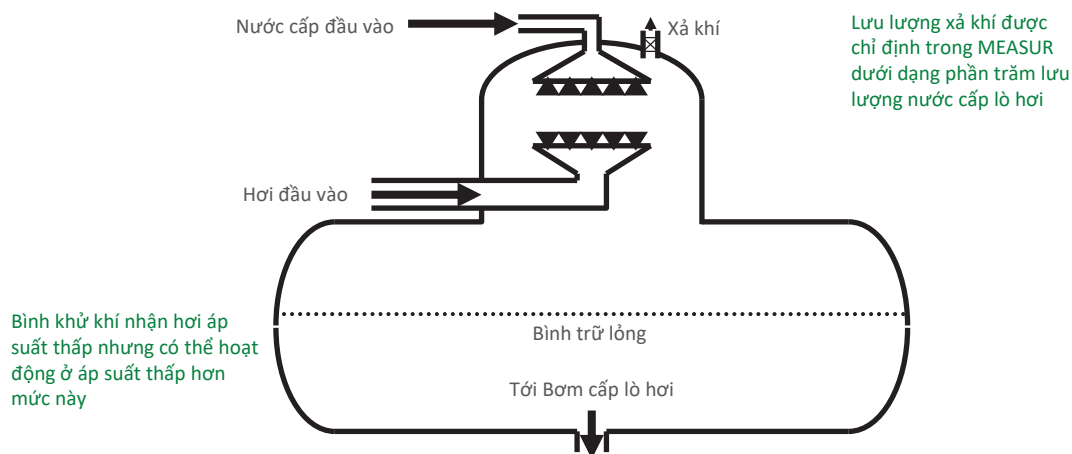
Phần_3_67



**Độ hòa tan của
khí Oxy trong
nước**

Phần_3_68

Bình khử khí



Phần_3_69

Công cụ MEASUR – Bình khử khí

DEAERATOR

Deaerator Pressure: 0.3 bar

Vent Rate: 0.0 %

Feedwater Mass Flow: 20 t/hr

Water

Pressure: 0.97 bar

Known Variable: Temperature

Temperature Value: 20 °C

Steam

Pressure: 3 bar

Known Variable: Quality

Quality Value: 1

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

RESULTS

	Inlet Water	Steam	Vent Steam	Feedwater
Pressure (bar)	0.97	3	0.3	0.3
Temperature (°C)	20	143.7	107.4	107.4
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	84.1	2,738.2	2,687.1	450.4
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	0.296	6.894	7.267	1.39
Quality	Liquid	Gas	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	17.24	2.76	0	20
Energy Flow (GJ/hr)	1.4	7.6	0	9

[Copy Table](#)

HELP

Phần_3_70

Xử lý đánh giá nhu cầu hơi nước

- MEASUR là mô hình “kiểu kéo (pull type)”
 - Dòng hơi quá trình “kéo” hơi qua lò hơi
 - Thông thường các hoạt động lập mô hình cố gắng phù hợp với phụ tải chung của lò hơi
- Lưu lượng hơi quá trình được thiết lập bởi:
 - Đo lưu lượng trực tiếp liên tục
 - Đo lưu lượng gián đoạn trực tiếp
 - Cân bằng khối lượng
 - Cân bằng năng lượng
 - Thông tin thiết kế hệ thống hoặc quy trình
 - Tiêu chuẩn hoặc dữ liệu thực nghiệm

Phần_3_71

Đo lưu lượng

- Việc đo lưu lượng hơi thường được thực hiện bằng lưu lượng kế thông thường
 - Tấm tiết lưu
 - Thiết bị tạo xoáy
- Việc đo lưu lượng nước ngưng thường được hoàn thành bằng các quan sát hiện trường không liên tục
 - Chụp ảnh lưu lượng theo thời gian
 - Nạp và xả bình ngưng tụ
 - Thể tích điền đầy đã biết

Phần_3_72

Cân bằng khối lượng & năng lượng

- Nguyên lý bảo toàn khối lượng thường có thể được áp dụng rất hiệu quả

$$\Sigma \dot{m}_i = \Sigma \dot{m}_e$$

- Định luật nhiệt động lực học đầu tiên (cân bằng năng lượng) cho quá trình trao đổi nhiệt thường được áp dụng cho:

- Chỉ hơi
- Riêng vật liệu được làm nóng

$$\dot{Q}_x = \dot{m}_x (C_p)_x (T_e - T_i)_x \} \text{ Đối với nhiệt dung riêng không đổi và khi entanpy chỉ là hàm số của nhiệt độ}$$

$$\dot{Q}_x = \dot{m}_x (h_e - h_i)_x \} \text{ Khi entanpy vật chất được biết đến}$$

$$\dot{Q}_{steam} = - \dot{Q}_x \} \text{ Ứng dụng trao đổi nhiệt điển hình}$$

Phần_3_73

Ví dụ về hệ thống hơi

- Mức áp suất để phân phối hơi nước (hệ tiêu thụ cuối)
 - Áp suất cao – 25 bar (g)
 - Áp suất trung – 10 bar (g)
 - Áp suất thấp – 2 bar (g)
- Các nhu cầu của quy trình
 - Áp suất cao – 20 Tấn/h
 - Áp suất trung – 40 Tấn/h
 - Áp suất thấp – 76 Tấn/h
- Giả sử “KHÔNG” giảm ôn
- Giả sử “KHÔNG” có tổn thất nhiệt từ các ống góp của hệ thống

Phần_3_74

Công cụ MEASUR – Van giảm áp

PRV

Inlet

Pressure
20
bar

Known Variable
Temperature

Temperature Value
375
°C

Mass Flow
100
t/hr

Outlet Pressure
10
bar

With Desuperheating

Feedwater

Pressure
25
bar

Known Variable
Temperature

Temperature Value
110
°C

Desuperheating Temperature
250
°C

Generate Example
Reset Data

RESULTS

HELP

	Steam In	Steam Out	Feedwater
Pressure (bar)	20	10	25
Temperature (°C)	375	250	110
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,191.2	2,939.4	463.2
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	7.021	6.877	1.417
Quality	Gas	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	100	110.17	10.17
Energy Flow (GJ/hr)	319.1	323.8	4.7

Copy Table

Phần_3_77

Công cụ MEASUR – Tổn thất nhiệt

HEAT LOSS

Pressure
25
bar

Known Variable
Temperature

Temperature Value
375
°C

Mass Flow
20
t/hr

% Heat Loss
1
%

Generate Example
Reset Data

RESULTS

HELP

Percent Loss	1 %	
Heat Loss	0.6 GJ/hr	
	Inlet steam	Outlet Steam
Pressure (bar)	25	25
Temperature (°C)	375	361
Phase	Gas	Gas
Mass Flow (t)	20	20
Specific Enthalpy (kJ/kg)	3,181.9	3,150.1
Specific Entropy (kJ/kg-K)	6.911	6.862
Energy Flow (GJ/hr)	63.6	63

Copy Table

Phần_3_78

Ví dụ hệ thống hơi

- Nước ngưng hồi về
 - Nhiệt độ – 65°C
 - Nhiệt độ trong bể thu hồi nước ngưng hoặc trong ống góp thu hồi nước ngưng đi đến bình khử khí
- Thu hồi nước ngưng
 - Trong tất cả các ống góp là 50%
- Nước ngưng không hóa hơi flash
- Giả sử “KHÔNG” có tua-bin hơi trong hệ thống

Phần_3_79

Nước ngưng quá trình

- Bộ thu nước ngưng hoạt động ở áp suất khí quyển
- Nhiệt độ thu hồi nước ngưng đưa ra dấu hiệu tổn thất năng lượng liên quan đến hệ thống hồi lưu nước ngưng
- Tỷ lệ thu hồi nước ngưng mô tả lượng hơi quá trình được thu hồi trong hệ thống nước ngưng
- Hệ thống thu hồi hơi flash cho phép nước ngưng thu hồi chuyển thành hơi flash vào hệ thống hơi có áp suất thấp hơn
- Nhiệt độ nước bổ sung tác động đến các phần liên quan đến nước ngưng

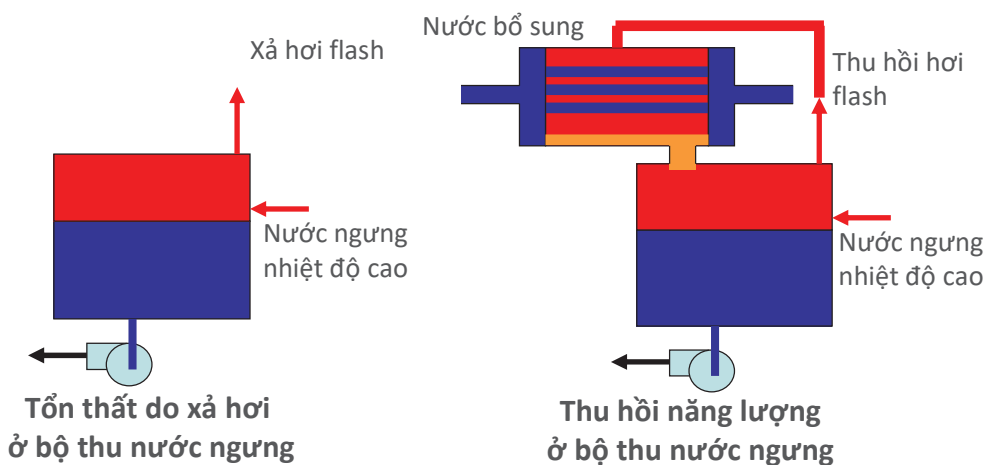
Phần_3_80

Bộ trao đổi thông hơi bể ngưng tụ

- Bộ thu nước ngưng hoạt động ở áp suất khí quyển
 - Nước ngưng đi vào bộ thu có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ bão hòa (100°C) ở áp suất khí quyển sẽ hóa hơi flash
 - Hơi flash này có thể được thu hồi bằng cách thu hồi năng lượng của nước bổ sung

Phần_3_81

Bộ trao đổi thông hơi bể ngưng tụ (Tiếp)



Phần_3_82

Công cụ MEASUR – Bình bốc hơi flash



FLASH TANK

Pressure bar

Known Variable

Quality Value

Mass Flow t/hr

Tank Pressure bar

[Generate Example](#) [Reset Data](#)

RESULTS

	Inlet	Steam Out	Liquid Out
Pressure (bar)	20	10	10
Temperature (°C)	214.9	184.1	184.1
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	920.1	2,780.7	781.4
Sp. Entropy (kJ/kg·K)	2.47	6.552	2.179
Quality	Liquid	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	10	0.69	9.31
Energy Flow (GJ/hr)	9.2	1.9	7.3

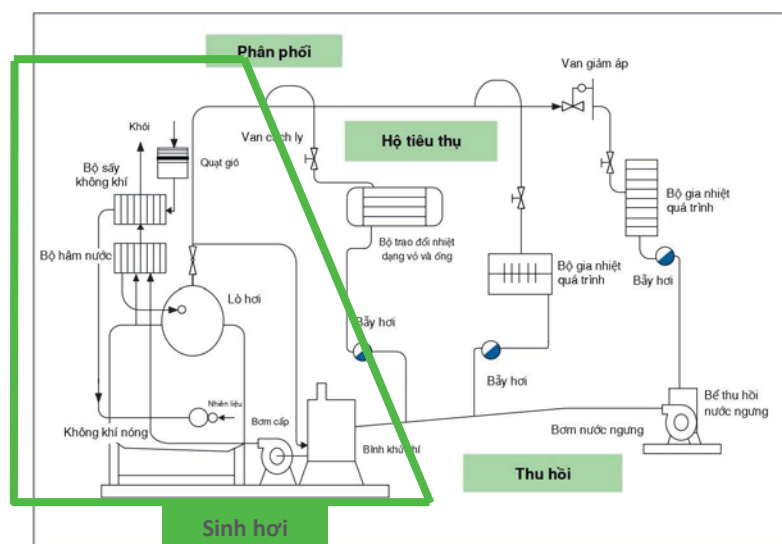
[Copy Table](#)

HELP

Phần 4: Tối ưu hóa hệ thống hơi – Sinh hơi:

- Cải thiện hiệu suất lò hơi
- Quản lý việc xả đáy lò hơi
- Thu hồi năng lượng từ việc xả đáy
- Bộ hâm nước
- Bộ sấy không khí
- Kiểm soát không khí thừa
- Chuyển đổi nhiên liệu
- Bài tập thực hành

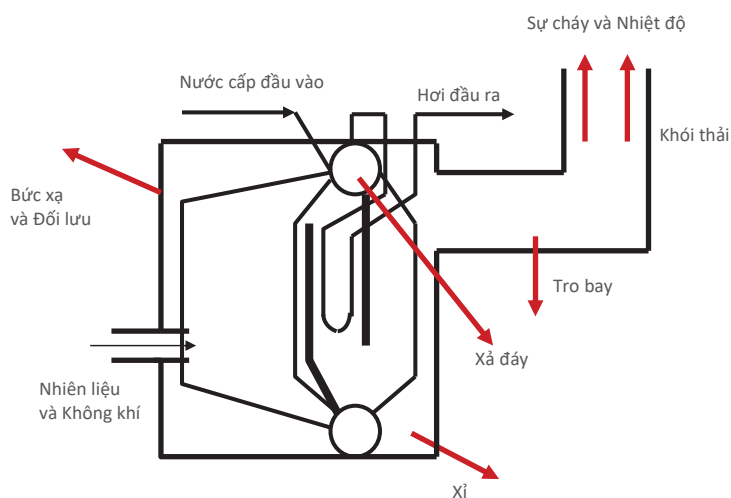
Phần_4_1



**Tối ưu hóa hệ
thống hơi – Sinh
hơi**

Phần_4_2

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



Các loại tổn thất của lò hơi

Phần_4_3

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

- Hiệu suất lò hơi cũng có thể được xác định một cách gián tiếp bằng cách xác định mức độ tổn thất
 - Tổn thất cơ bản thường là
 - Tổn thất qua vỏ lò
 - Tổn thất do xả đáy
 - Tổn thất do ống khói

$$\eta_{\text{lò hơi}} = 100 - \text{Các loại tổn thất}$$

$$\eta_{\text{lò hơi}} = 100 - \lambda_{\text{vỏ}} - \lambda_{\text{xả đáy}} - \lambda_{\text{khói}} - \lambda_{\text{khác}}$$

Phần_4_4

Tối ưu hóa vận hành lò hơi & chuyển đổi nhiên liệu

Phần_4_5

Chuyển đổi nhiên liệu

- Lựa chọn nhiên liệu có thể giúp giảm đáng kể chi phí vận hành do sự khác biệt về chi phí năng lượng và hiệu suất lò hơi
 - Đôi khi chi phí năng lượng và chi phí bảo trì bị xê dịch
 - Các vấn đề môi trường là mối quan tâm đáng kể liên quan đến việc lựa chọn nhiên liệu
 - Hiệu quả sử dụng nhiên liệu nói chung sẽ là một yếu tố ảnh hưởng khi thay đổi nhiên liệu
- Mỗi ứng dụng sẽ cần được đánh giá độc lập – KHÔNG có quy tắc kinh nghiệm nào!

Phần_4_6

• Các loại nhiên liệu được sử dụng



Phần_4_7

Các loại nhiên liệu được sử dụng



Phần_4_8

Đặc tính của nhiên liệu:

- **Nhiên liệu** có những đặc tính cần thiết để có thể phân biệt thành các loại nhiên liệu tốt, xấu, dễ cháy, khó cháy, có nhiệt lượng cao, nhiệt lượng thấp v.v.
- **Để có thể hiểu được đặc điểm của nhiên liệu ta có các đặc tính sau**

Thành phần hoá học của nhiên liệu bao gồm:

Carbon (C); Hydro (H); Lưu huỳnh (S); Nitơ (N); Oxy (O); tro và ẩm. Trong các thành phần này C, H, S là các thành phần cháy được và khi cháy thì tỏa ra nhiệt lượng theo các phản ứng cháy

- $C + O_2 = CO_2$
- $H_2 + 0,5 O_2 = H_2O$
- $S + O_2 = SO_2$

Phần_4_9

Các thành phần của nhiên liệu



- Thành phần hóa học:
 - Có 5 thành phần hóa học bao gồm: C, H, O, N, S, Tro (A), Ẩm (M) trong đó C, H, S là các thành phần cháy có sinh ra nhiệt.
 - Nhiệt lượng sinh ra do quá trình cháy của nhiên liệu là do % C, H, S của nhiên liệu nhiều hay ít.
 - Phản ứng cháy : $C + O_2 = CO_2$; $H_2 + 1/2 O_2 = H_2O$; $S + O_2 = SO_2$
- Thành phần công nghệ của nhiên liệu:
 - Có 4 thành phần bao gồm, độ tro, độ ẩm, chất bốc (V), cốc © thể hiện đặc tính cháy của nhiên liệu.

$$C + H + O + N + S + A + M = 100\%$$

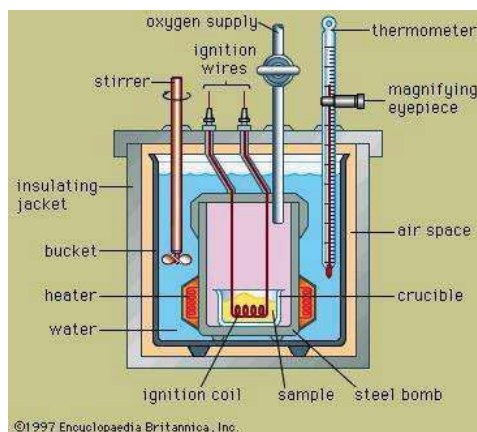
$$A + M + V + C = 100\%$$

- Các phòng thí nghiệm hiện nay có thể xác định dễ dàng các thành phần hóa học cũng như công nghệ của nhiên liệu

Phần_4_10

Nhiệt trị nhiên liệu

- Nhiệt trị nhiên liệu. Năng lượng chứa trong 1 đơn vị khối lượng nhiên liệu được tính theo kJ/kg; kCal/kg; Btu/lb etc.
 - Nhiệt trị cao : Higher Heating Value (HHV) hay Gross Calorific value (GCV) là nhiệt trị nhiên liệu với giả thiết toàn bộ lượng hơi nước hình thành trong quá trình cháy được ngưng tụ và lượng nhiệt sinh ra trong quá trình ngưng tụ đó được tính vào nhiệt trị.
 - Nhiệt trị thấp: Lower Heating Value (LHV) hay Net Calorific Value (NCV) là nhiệt trị nhiên liệu với giả thiết rằng toàn bộ lượng hơi nước hình thành trong quá trình cháy không được ngưng tụ và lượng nhiệt tỏa ra khi ngưng tụ hơi nước bị mất đi.
 - Nhiệt trị cũng được phân chia theo các khái niệm như nhiệt trị theo đẳng áp, theo đẳng tích, theo mẫu khô, theo mẫu làm việc.
 - Việc phân biệt được các loại nhiệt trị của nhiên liệu là cần thiết để đánh giá một loại nhiên liệu và để làm cơ sở xác định hiệu suất thiết bị chuyển đổi năng lượng từ nhiên liệu.



Nhiệt trị nhiên liệu

- Nhiệt trị khi phân tích ở phòng thí nghiệm là nhiệt trị cao, đẳng tích, mẫu khô.
- Nhiệt trị khi đốt trong lò là nhiệt trị thấp, đẳng áp, mẫu làm việc (có ẩm).
- Hiệu suất có thể được tính dựa trên nhiệt trị cao hoặc nhiệt trị thấp theo đó nếu tính dựa trên nhiệt trị cao thì hiệu suất sẽ có giá trị thấp hơn còn khi tính dựa trên nhiệt trị thấp thì giá trị hiệu suất sẽ cao hơn.

- Nhiệt trị khi đem phân tích trong bom nhiệt lượng kể thường cho chúng ta giá trị là nhiệt trị cao đẳng tích theo mẫu khô (thường được gọi là nhiệt trị toàn phần) ký hiệu là $q_{v.gr.d}$
- Quy đổi nhiệt trị này sang nhiệt trị cao theo mẫu làm việc theo công thức.

$$q_{v.gr.m} = q_{v.gr.d}(1 - 0,01M_T) \quad (J/g)$$

- Trong đó M_T là độ ẩm của mẫu làm việc (%)
- Quy đổi sang nhiệt trị thấp làm việc theo công thức

$$q_{p.net.m} = \{q_{v.gr.d} - 212H_d - 0,8(O_d + N_d)\}(1 - 0,01M_T) - 24,43M_T$$

Hoặc

$$q_{p.net.m} = q_{v.gr.m} - 212H_T - 0,8(O_T + N_T) - 24,43M_T$$

Trong đó các ký hiệu d: khô; T: thực; gr: cao; net: thấp. p: đẳng áp; v: đẳng tích.
Đơn vị tính hàm lượng H, O, N theo (%)

Ví dụ

Thực hiện các phép tính với các giá trị sau:

Tổng hàm lượng ẩm: 8,9% (Mẫu nhận được)

Hàm lượng ẩm trong mẫu phân tích: 2,5% (Mẫu khô không khí)

Giá trị tỏa nhiệt toàn phần, ở thể tích không đổi 27 230 J/g (nhiệt trị cao đẳng tích mẫu khô)

Hydro: 4,19%(mẫu khô)

Oxy : 6,81% (mẫu khô)

Nitơ 1,45% (mẫu khô)

Giá trị tỏa nhiệt thực ở áp suất không đổi có thể xác định như sau:

a) ở trạng thái khô

$$q_{p.net.dry} = [27\,230 - (212 \times 4,19) - 0,8(6,81 + 1,45)] \times [1 - (0,01 \times 0)] - (24,43 \times 0) = [27\,230 - 888,28 - (0,8 \times 8,26)] \times 1 - 0 = (27\,230 - 888,28 - 6,608) \times 1 = 26340 \text{ J/g}$$

b) ở trạng thái như khi nhận

$$q_{p.net.as-received} = [27\,230 - (212 \times 4,19) - 0,8(6,81 + 1,45)] \times [1 - (0,01 \times 8,9)] - (24,43 \times 8,9) = [27\,230 - 888,28 - (0,8 \times 8,26)] \times (1 - 0,089) - 217,427 = (27\,230 - 888,28 - 6,608) \times 0,911 - 217,427 = 26\,335,112 \times 0,911 - 217,427 = 23\,770 \text{ J/g}$$

c) ở trạng thái khô không khí

$$q_{p.net.air-dried} = [27\,230 - (212 \times 4,19) - 0,8(6,81 + 1,45)] \times [1 - (0,01 \times 2,5)] - (24,43 \times 2,5) = [27\,230 - 888,28 - (0,8 \times 8,26)] \times (1 - 0,025) - 61,075 = (27\,230 - 888,28 - 6,608) \times 0,975 - 61,075 = 26\,335,112 \times 0,975 - 61,075 = 25\,676,734 - 61,075 = 25\,620 \text{ J/g}$$

Ghi chú

$$1 \text{ cal/g} = 4,1868 \text{ J/g} \quad 1 \text{ J/g} = 0,2388 \text{ cal/g}$$

$$1 \text{ btu/lb} = 2,326 \text{ J/g} \quad 1 \text{ J/g} = 0,4299 \text{ btu/lb}$$

Thành phần công nghệ của nhiên liệu:

Thành phần công nghệ là thành phần thường được sử dụng để đánh giá chất lượng nhiên liệu nhằm thiết kế các hệ thống đốt phù hợp. Các thành phần công nghệ sử dụng để đánh giá nhiên liệu bao gồm độ ẩm, hàm lượng cốc, hàm lượng chất bốc, hàm lượng tro, nhiệt trị nhiên liệu.

- **Độ ẩm trong than “M”:**

- Độ ẩm của nhiên liệu là hàm lượng nước chứa trong nhiên liệu ;
- Độ ẩm toàn phần của nhiên liệu được xác định bằng cách sấy nhiên liệu trong tủ sấy ở nhiệt độ 105°C cho đến khi trọng lượng nhiên liệu không thay đổi. Phần trọng lượng mất đi gọi là độ ẩm nhiên liệu;
- Độ ẩm ảnh hưởng đến nhiệt trị nhiên liệu và khả năng bắt lửa.

Phần_4_15

Độ tro trong nhiên liệu “A”

- Các vật chất ở dạng khoáng chất trong nhiên liệu khi cháy biến thành tro. Sự có mặt của tro làm giảm thành phần cháy nghĩa là làm giảm nhiệt trị của nhiên liệu .
- Tỷ lệ tro trong nhiên liệu ảnh hưởng rất lớn đến tính chất cháy của than như: giảm nhiệt trị của nhiên liệu, gây nên mài mòn bề mặt khi nó đi qua, gây phức tạp cho việc thải loại, ảnh hưởng đến ô nhiễm môi trường bụi cho môi trường xung quanh và cho người lao động.

Thành phần Cốc (carbon cố định) của nhiên liệu

- Có thành phần chủ yếu là carbon được cháy cuối cùng của nhiên liệu. Giống than củi. Quá trình cháy thuộc quá trình cháy dị pha không hình thành ngọn lửa và không tạo khói. Nhiên liệu có thành phần cốc cao thì khó bắt cháy và lâu cháy kiệt.

Phần_4_16

Chất Bốc của nhiên liệu (V)

- Khi đem đốt nóng nhiên liệu trong điều kiện môi trường không có Ôxy thì mối liên kết các phân tử hữu cơ bị phân huỷ. Quá trình đó gọi là quá trình phân huỷ nhiệt. Sản phẩm của phân huỷ nhiệt là những chất khí được gọi là "Chất bốc" (kí hiệu là V %), bao gồm những khí Hydro, Cacbuahydro, Cacbonoxit, Cacbonic.
- Những liên kết có nhiều Oxy là những liên kết ít bền vững dễ bị phá vỡ ở nhiệt độ cao, vì vậy nhiên liệu càng non tuổi bao nhiêu thì chất bốc càng nhiều bấy nhiêu, than bùn (V=70%), than đá (V=10-45)%, than antraxit (V=2-9)%; nhiên liệu sinh khối có V = 45%.
- Chất bốc của nhiên liệu rắn có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình cháy nhiên liệu, chất bốc càng nhiều bao nhiêu thì nhiên liệu càng dễ bắt lửa và nhanh cháy kiệt bấy nhiêu.
- Nhiên liệu có nhiều chất bốc thì ngọn lửa càng dài vì quá trình cháy khi đó bao hàm việc bốc và cháy chất bốc. Chất bốc bốc lên cao và cháy ở phía trên nên tạo thành ngọn lửa.

Phần_4_17

Vấn đề cháy nhiên liệu

Quá trình cháy nhiên liệu là quá trình phản ứng hoá học giữa các nguyên tố hoá học với oxy và phát ra một lượng nhiệt.

Quá trình cháy nhiên liệu nhìn chung là một sự kết hợp 3 yếu tố bao gồm: Nhiên liệu, không khí và nhiệt năng dưới dạng nhiệt độ.

• Nhiên liệu

- Đặc tính nhiên liệu đóng vai trò quan trọng trong việc tổ chức quá trình cháy.
- Các đặc tính chính cần lưu tâm bao gồm: nhiệt trị nhiên liệu, khả năng bắt cháy và cháy kiệt dễ hay khó, thành phần tro của nhiên liệu; cỡ hạt nhiên liệu.

Phần_4_18

• Không khí

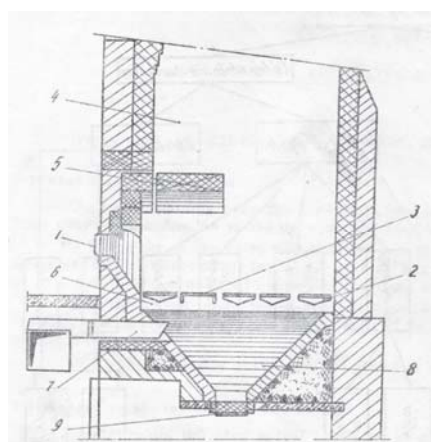
- Là yếu tố đóng góp thành phần oxy cho phản ứng cháy;
- Trong quá trình cháy việc bố trí khả năng tiếp xúc không khí với nhiên liệu là điểm rất quan trọng;
- quá trình cháy sẽ chịu ảnh hưởng nhiều bởi cách thức cấp nhiên liệu, kích cỡ nhiên liệu, quá trình dàn trải nhiên liệu trong lò và lựa chọn quạt.

• Nhiệt trị

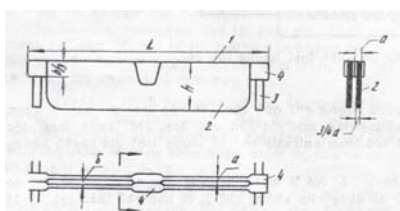
- Quá trình cháy chỉ được diễn ra khi một bộ phận của nhiên liệu được tiếp xúc với nhiệt độ cao đủ để bắt cháy trong điều kiện có đủ oxy;
- Ngọn lửa cháy được mạnh hay tắt dần cũng do sự quyết định của yếu tố nhiệt trị đi kèm với khả năng tiếp xúc với oxy của nhiên liệu;
- Nghệ thuật giữ ngọn lửa cháy ổn định là nghệ thuật của việc giữ được nhiệt độ của vùng cháy ở mức phù hợp trong điều kiện tiếp xúc oxy và nhiên liệu được duy trì.

Phần_4_19

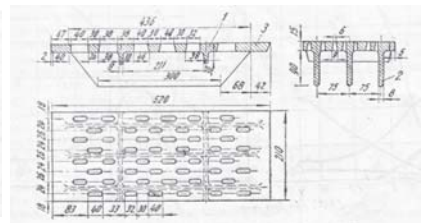
BUỒNG LỬA GHI TĨNH



1-cửa lò; 2-cánh ghi; 3-mặt ghi; 4-không gian buồng lửa; 5-cuộn lò; 6-buồng phân phối không khí; 7-ống dẫn không khí; 8-phễu tro xỉ; 9-lỗ thải xỉ



Cấu tạo ghi thanh
1-mặt ghi; 2-cánh ghi; 3-giá đỡ ghi; 4-mẫu ghi

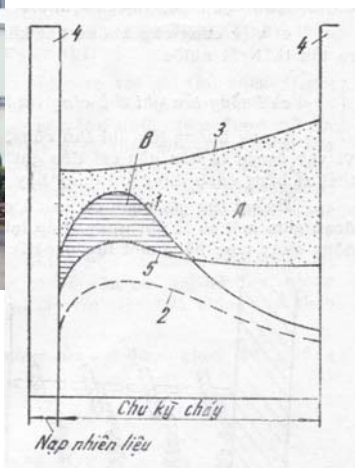


Cấu tạo ghi tấm.
1-Mặt ghi; 2-cánh ghi; 3-mẫu tựa làm giá đỡ ghi



Phần_4_20

BUỒNG LỬA GHI TĨNH

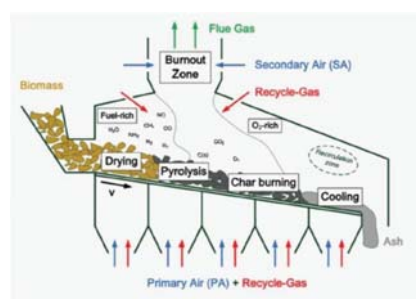
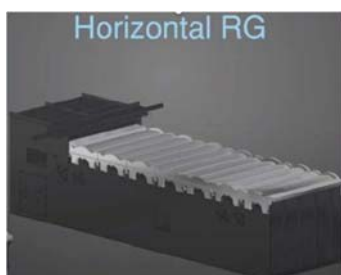
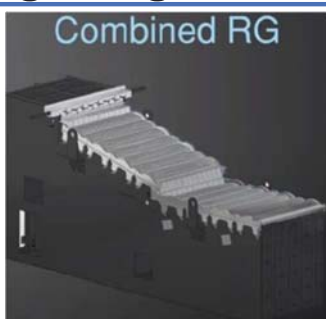


Đặc tính về không khí trong một chu kỳ cháy nhiên liệu.

1-Biểu thị lượng không khí lý thuyết cần thiết; 2-Lượng không khí cần để cháy cốc; 3-Lượng không khí đưa vào khi không có điều chỉnh; 4-Lượng không khí đưa vào khi mở cửa lò; 5-Lượng không khí sử dụng được thực tế.

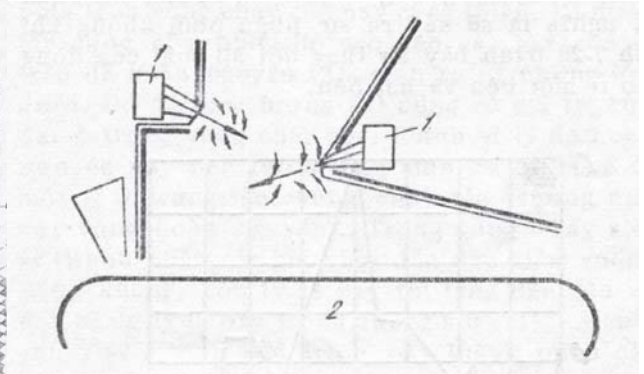
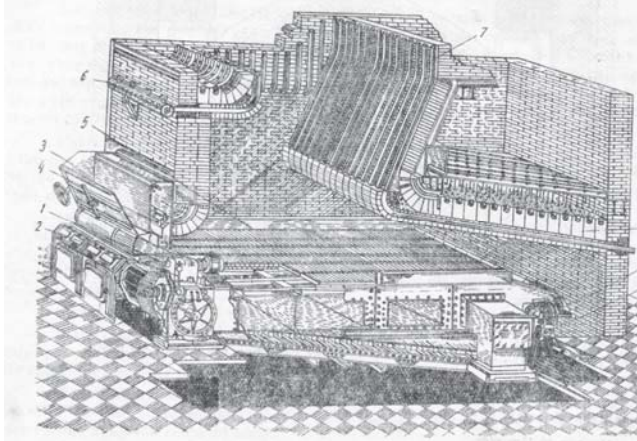
Phần_4_21

Buồng lửa ghi nghiêng dòn cấp



Phần_4_22

BUỒNG LỬA GHI XÍCH



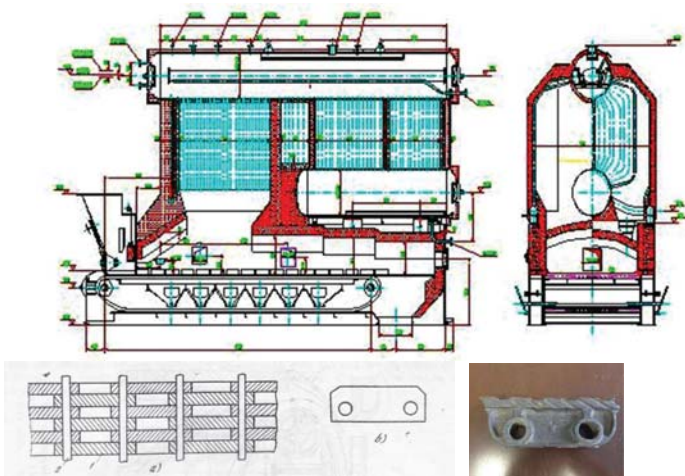
Dạng phối cảnh của buồng lửa ghi xích không lọt.
 1-ghi; 2-hộp giảm tốc; 3-phễu than; 4-tấm chắn điều chỉnh bề dày lớp than; 5-hộp làm mát ghi; 6-cuốn trước; 7-dàn ống của tường sau; 8-cuốn sau; 9-cái gạt xỉ; 10-hộp gió

Bố trí gió cấp hai hay gió xiết trong buồng lửa ghi xích.

1-hộp gió cấp hai; 2-ghi xích.

Phần_4_23

BUỒNG LỬA GHI XÍCH



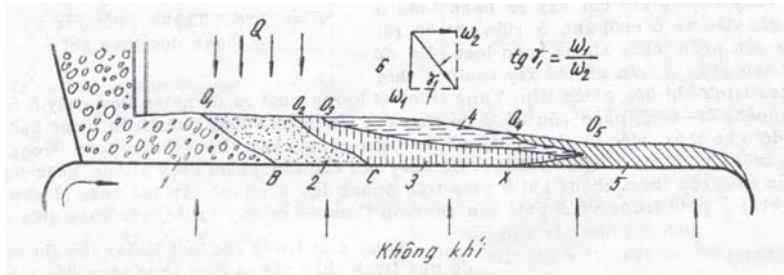
Ghi xích thanh.

a-sơ đồ ghi xích thanh; b- lá ghi (thanh ghi);
 1-lá ghi; 2- trục suốt giữa lá ghi



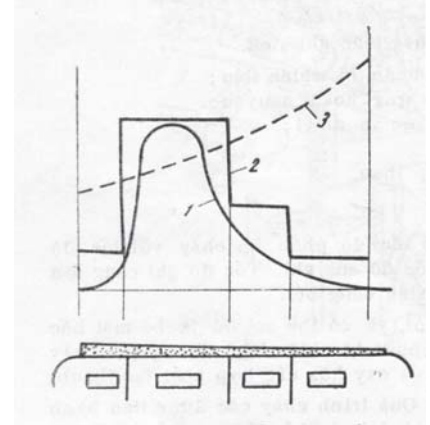
Phần_4_24

LÒ HƠI VỚI BUỒNG LỬA GHI XÍCH



Giải đồ tổ chức quá trình cháy trên ghi xích.

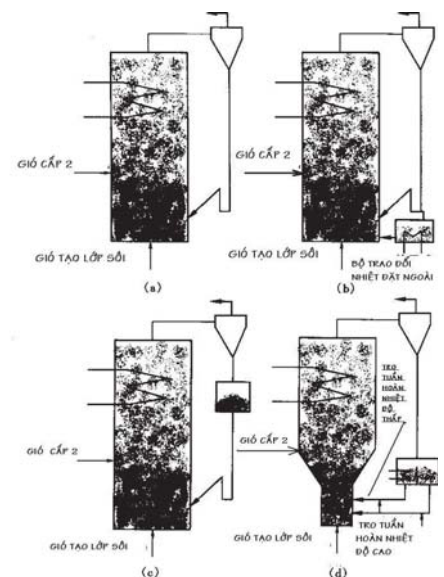
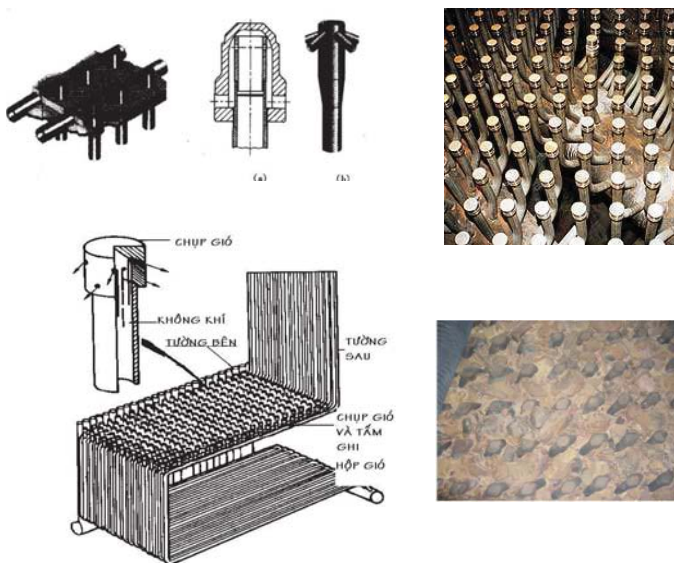
1-vùng lớp nhiên liệu mới; 2-vùng chuẩn bị nhiên liệu; 3-vùng cháy cốc; 4-vùng có phản ứng hoàn nguyên; 5-vùng cháy kiệt xỉ; 6-vùng bức xạ nhiệt



Cung cấp gió cho ghi xích

1. Không khí lý thuyết cần thiết
2. Không khí cấp vào thực tế theo các học gió
3. Nếu không có học gió mà cấp đều trên ghi

Buồng lửa tầng sôi



Các vấn đề dẫn đến sự cháy không hiệu quả



- Nhiên liệu không được rải đều trên ghi do vị trí cấp nhiên liệu tại một điểm không phân tán đều được trên mặt ghi.
- Nhiên liệu cỡ hạt không đồng đều đặc biệt đối với lò hơi tầng sôi, nhiên liệu cỡ hạt quá bé bị thổi bay khi chưa kịp cháy.
- Nhiên liệu bị cấp quá nhiều thành đồng với kích cỡ lớn. Dễ hình thành chất bốc bốc ra mà chưa kịp cháy.
- Nhiên liệu có độ ẩm cao, lấy mất nhiệt trước khi bắt cháy. Nhiệt còn lại chỉ đủ bốc chất bốc dẫn đến khói đen làm ô nhiễm môi trường.
- Không điều chỉnh được tốc độ ghi phù hợp đối với lò ghi xích nên carbon trong tro rất cao.

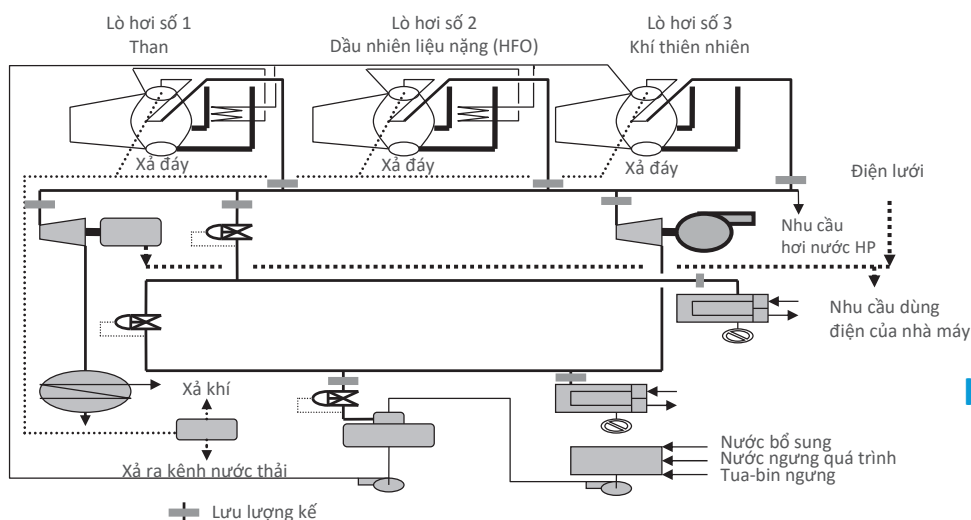
Phần_4_27



Tối ưu hóa vận hành lò hơi

- Thông thường, đây là tình huống rất phổ biến của nhiều loại hình lò hơi trong công nghiệp
- Tối ưu hóa vận hành lò hơi có thể có dưới nhiều hình thức
 - Dừng lò
 - Giảm hoạt động của lò hơi đắt tiền nhất trong khi chuyển tải sang các lò hơi tiết kiệm chi phí khác
 - Các phương án đốt nhiên liệu kép và quản lý rủi ro nhiên liệu có thể cần được xem xét
 - Độ tin cậy của hệ thống sẽ cần được xem xét
 - Cả trạng thái ổn định cũng như cấu hình tải động sẽ cần được đánh giá
- Mỗi ứng dụng sẽ cần được đánh giá độc lập – KHÔNG có Quy tắc kinh nghiệm nào!

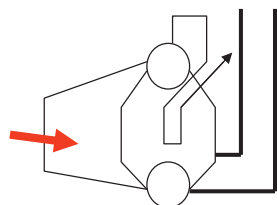
Phần_4_28



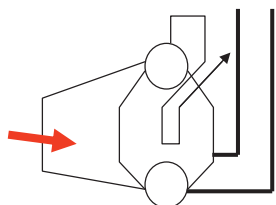
Hệ thống hơi

Phần_4_29

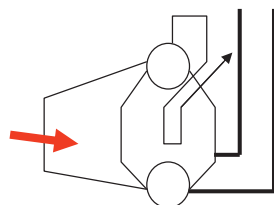
Trạng thái hơi: 25 bar và 375°C



Nhiên liệu: Than
 Chi phí: 5,4\$/GJ
 Công suất: 90 Tấn/h
 Sản lượng: **65 Tấn/h**
 Hiệu suất: 85%



Nhiên liệu: Dầu nhiên liệu nặng
 Chi phí: 18\$/GJ
 Công suất: 90 Tấn/h
 Sản lượng: **65 Tấn/h**
 Hiệu suất: 84%



Nhiên liệu: Khí thiên nhiên
 Chi phí: 25\$/GJ
 Công suất: 30 Tấn/h
 Sản lượng: **20 Tấn/h**
 Hiệu suất: 80%

Tối ưu hóa chuyển đổi nhiên liệu và sinh hơi nước

- Định lượng lợi ích kinh tế của việc tăng sản lượng hơi thêm 1 tấn/h trong lò hơi HFO
- Định lượng lợi ích kinh tế của việc tăng sản lượng hơi thêm 1 tấn/h trong lò hơi đốt than

Phần_4_30

Công cụ chuyển đổi nhiên liệu (1 tấn/h đối với lò hơi HFO)

Tiết kiệm từ việc thay đổi nhiên liệu = σ = Chi phí vận hành ban đầu – chi phí vận hành cuối cùng

$$\sigma = (\dot{K}_1 - \dot{K}_2)\tau = \left(\frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} K_{fuel1} - \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_2} K_{fuel2} \right) \tau = \dot{E}_{steam} \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = \dot{m}_{steam} (h_{steam} - h_{fw}) \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = 1,000 \frac{kg}{hr} \left(3,181 \frac{kJ}{kg} - 463.5 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{25 \frac{\$}{GJ}}{0.80} - \frac{18 \frac{\$}{GJ}}{0.84} \right) 8,760 \frac{hrs}{yr}$$

$$\sigma = 234,000 \frac{\$}{yr}$$

Phần_4_31

Công cụ chuyển đổi nhiên liệu (1 tấn/h đối với lò hơi đốt than)

Tiết kiệm từ việc thay đổi nhiên liệu = σ = Chi phí vận hành ban đầu – chi phí vận hành cuối cùng

$$\sigma = (\dot{K}_1 - \dot{K}_2)\tau = \left(\frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} K_{fuel1} - \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_2} K_{fuel2} \right) \tau = \dot{E}_{steam} \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = \dot{m}_{steam} (h_{steam} - h_{fw}) \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = 1,000 \frac{kg}{hr} \left(3,181 \frac{kJ}{kg} - 463.5 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{25 \frac{\$}{GJ}}{0.80} - \frac{5.4 \frac{\$}{GJ}}{0.85} \right) 8,760 \frac{hrs}{yr}$$

$$\sigma = 593,000 \frac{\$}{yr}$$

Phần_4_32

Công cụ chuyển đổi nhiên liệu (1 tấn/h đối với lò hơi đốt than)

Tiết kiệm từ việc thay đổi nhiên liệu = σ = Chi phí vận hành ban đầu – chi phí vận hành cuối cùng

$$\sigma = (\dot{K}_1 - \dot{K}_2) \tau = \left(\frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} K_{fuel1} - \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_2} K_{fuel2} \right) \tau = \dot{E}_{steam} \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = \dot{m}_{steam} (h_{steam} - h_{fw}) \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = 1,000 \frac{kg}{hr} \left(3,181 \frac{kJ}{kg} - 463.5 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{25 \frac{\$}{GJ}}{0.80} - \frac{5.4 \frac{\$}{GJ}}{0.85} \right) 8,760 \frac{hrs}{yr}$$

$$\sigma = 593,000 \frac{\$}{yr}$$

CHÚ Ý: Phân tích sử dụng hiệu suất lò hơi trực tiếp (hoặc hiệu suất gián tiếp hoàn toàn)

Đánh giá MEASUR – Nhiên liệu thay thế

- Chuyển đổi nhiên liệu là một hoạt động quản lý năng lượng phổ biến
- MEASUR cho phép
 - Người dùng chọn nhiên liệu thay thế từ danh sách nhiên liệu tiêu chuẩn
 - Nhập chi phí đơn vị nhiên liệu
- Nói chung hiệu suất lò hơi sẽ thay đổi khi thay đổi nhiên liệu
 - Đặc tính nhiên liệu sẽ ảnh hưởng đến tổn thất ống khói
 - Đặc tính lò hơi có thể thay đổi
 - Nhiệt độ khói thải có thể tăng do đóng cặn
 - Hàm lượng Oxy trong khói thải có thể thay đổi do đặc tính cháy
- Lượng khí thải cũng sẽ thay đổi

Steam Example

Last modified: Sep 8, 2022

System Setup

Assessment

Diagram

Explore Opportunities

Novice View

Modify All Conditions

Expert View

Adjust Unit Costs

Modify Electricity Unit Cost

Modify Fuel Cost

Baseline

Fuel Cost

25 \$/GJ

Modifications

Fuel Cost

5.4

\$/GJ

Modify Make-up Water Cost

Adjust Boiler Operations

Adjust Boiler Combustion Efficiency

Baseline

Combustion Efficiency

81.8%

Modifications

Combustion Efficiency

86.8

%

Change Fuel Type

Baseline

Fuel Type

Gas

Modifications

Fuel Type

Solid/Liquid

Fuel

Typical Natural Gas - US

Fuel

Typical Bituminous C

Chuyển đổi nhiên liệu ở MEASURE

- Tác động kinh tế có thể được tính toán

Phần_4_35

Chuyển đổi nhiên liệu – trong MEASURE

	Baseline	Alternate Fuel
Percent Savings (%)	—	61.0%
Fuel Usage (GJ/yr)	583,365.6	549,761.6
Fuel Cost (\$/yr)	\$14,584,140	\$2,968,713
Annual Cost (\$)	19,021,874	7,406,446
Annual Savings (\$)	—	11,615,428

- Tác động kinh tế của việc chuyển đổi công suất hơi 20 tấn/giờ từ lò hơi khí thiên nhiên sang lò hơi đốt than
- Tác động kinh tế của việc chuyển đổi 1 tấn/h hơi nước từ lò hơi khí thiên nhiên sang lò hơi đốt than

$$\sigma_{savings} = \frac{11.615.428}{20} = \sim 580.000 \frac{\$}{năm}$$

Phần_4_36

Các yếu tố hạn chế chuyển đổi nhiên liệu

- Những quy định về môi trường
- Lưu trữ và xử lý nhiên liệu
- Công suất lò hơi

Phần_4_37

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Sử dụng mô hình hệ thống hơi nước dựa trên các định luật nhiệt động lực học để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng và chi phí
2. Chuyển đổi nhiên liệu và vận hành nhà máy lò hơi là những lĩnh vực tuyệt vời để tối ưu hóa hệ thống hơi nước – có thể tiết kiệm đáng kể chi phí bằng cách áp dụng các chiến lược vận hành tối ưu
3. Mỗi ứng dụng sẽ cần được đánh giá độc lập – KHÔNG có Quy tắc kinh nghiệm nào!

Phần_4_38

Tổn thất qua vỏ lò

- Tổn thất bức xạ và đối lưu khi đầy tải thường:
 - Ít hơn 1% đối với lò hơi ống nước
 - Ít hơn 0,5% đối với lò hơi ống lửa
- Tỷ lệ phần trăm tổn thất qua vỏ lò tăng khi tải lò hơi giảm vì mức độ tổn thất qua vỏ lò về cơ bản là không đổi
 - Tổn thất qua vỏ lò ~0,5% khi đầy tải sẽ trở thành ~2,0% khi một phần tư tải
 - Cơ hội chính trong khu vực này là giảm số lượng lò hơi đang hoạt động để giảm tổng tổn thất qua vỏ lò
 - Ảnh hưởng của tổn thất do khói thải phải được xem xét
- Giảm nhu cầu về hơi nước sẽ KHÔNG dẫn đến bất kỳ thay đổi nào về tổn thất qua vỏ lò..... Trừ khi ngừng hoạt động lò hơi!

Phần_4_39

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Tìm kiếm “điểm nóng”
2. Đo lường nhiệt độ bề mặt của lò hơi
 - Nhiệt kế hồng ngoại
 - Nhiệt độ bề mặt điển hình nên nằm trong khoảng từ 55°C đến 70°C
3. Tu sửa vật liệu chịu lửa
4. Theo dõi sự nguyên vẹn của lớp phủ bề mặt
5. Giảm phụ tải lò hơi có thể tạo cơ hội
 - Giảm thiểu số lượng lò hơi vận hành

Phần_4_40

Quản lý việc xả đáy

- Chất lượng nước phải được cải thiện khi áp suất hơi tăng
- Hầu hết các đơn vị đều yêu cầu làm mềm nước bổ sung ở mức tối thiểu
- Các hệ thống áp suất cao hơn có thể yêu cầu khử kiềm, khử khoáng hoặc xử lý thẩm thấu ngược đối với nước bổ sung
- Hệ thống nước chất lượng cao có thể có tỷ lệ xả đáy dưới 1%
 - Hệ thống nước chất lượng thấp có thể có tỉ lệ xả đáy tới 10%
- Việc thu hồi nước ngưng bổ sung thường giúp giảm tỉ lệ xả đáy

Phần_4_41

Quản lý việc xả đáy

- Lượng xả đáy chủ yếu phụ thuộc vào:
 - Chất lượng nước
 - Áp suất vận hành lò
- Quản lý việc xả đáy thường có các hình thức sau
 - Cải thiện chất lượng nước bổ sung
 - Cải thiện việc kiểm soát xả đáy
 - Thu hồi nhiệt
 - Tăng thu hồi nước ngưng
- Quản lý việc xả đáy bắt đầu bằng việc đo lường
 - Thông thường, lượng xả đáy được ước tính từ việc phân tích hóa học nước lò hơi

Phần_4_42

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Các lựa chọn để tiết kiệm năng lượng khi xả đáy

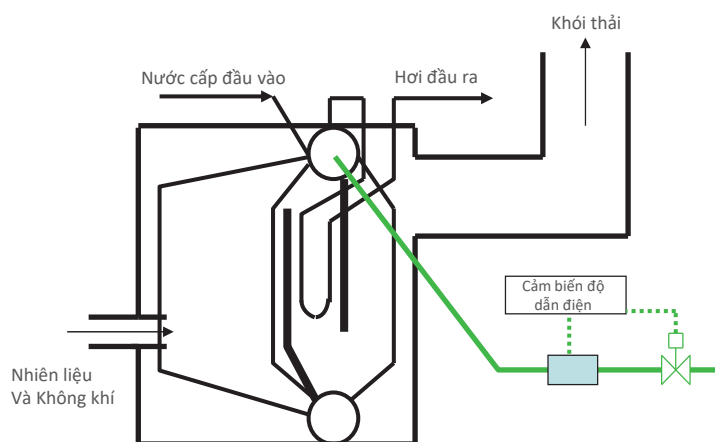
- Giảm xả đáy lò hơi
 - Điều này sẽ làm giảm năng lượng trong dòng xả đáy một cách tương ứng
 - Nhưng chất lượng nước sẽ cần được cải thiện đáng kể
 - Cân nhắc về kinh tế
 - Cân nhắc về cơ sở hạ tầng
- Triển khai thiết bị thu hồi năng lượng
 - Giữ lại gần như toàn bộ năng lượng từ xả đáy
 - Không ảnh hưởng đến việc xử lý nước, thực sự có thể giúp ích
 - Cần phải xem xét các ảnh hưởng tới hệ thống, đặc biệt là trong nhà máy đồng phát
- Sự kết hợp của 2 lựa chọn trên

Phần_4_43

Kiểm soát việc xả đáy

- Điều khiển sơ cấp của quá trình xả đáy liên tục thường dựa trên độ dẫn điện của nước lò hơi
- Độ dẫn điện phải tương quan với chất lượng nước thực tế thông qua phân tích cụ thể

Phần_4_44



Kiểm soát việc xả đáy

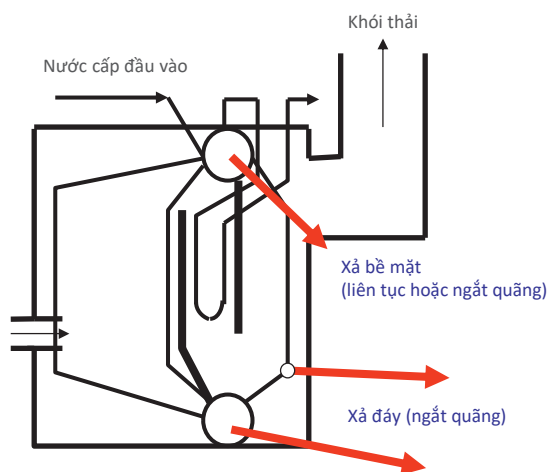
Phần_4_45

Tổn thất do xả đáy

- Sự thay đổi về lượng xả đáy của tất cả các lò hơi nhìn chung sẽ làm giảm tác động đến mức tiêu thụ nhiên liệu
- Phân tích kinh tế sẽ yêu cầu nhiều mô hình cho các loại nhiên liệu khác nhau
 - Chi phí nhiên liệu hỗn hợp có thể cung cấp một ước tính sơ bộ tốt
- Tăng lượng nước ngưng thu hồi thường sẽ giúp giảm lưu lượng xả đáy

Phần_4_46

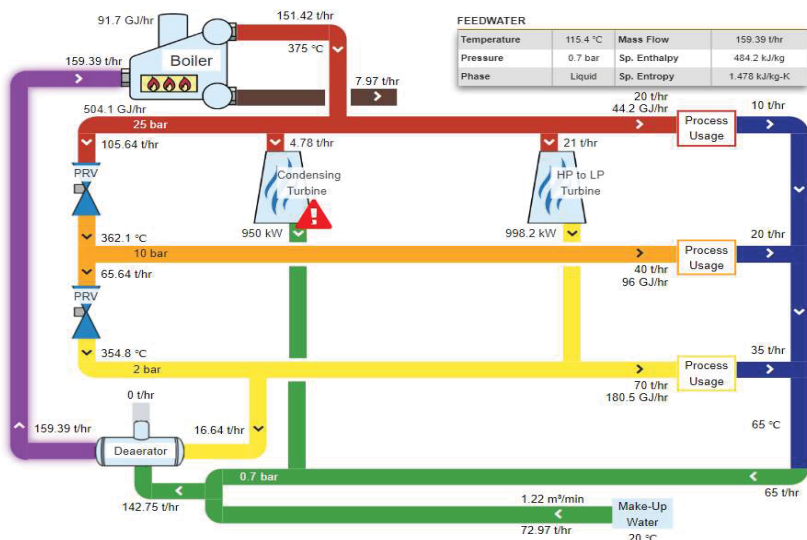
MEASUR – Giảm xả đáy lò



- Việc xả đáy dựa trên chất lượng nước
- Điều gì sẽ làm giảm việc xả đáy lò hơi?
 - Nước cấp sạch hơn
 - Tăng lượng thu hồi nước ngưng
 - Trạng thái của nước bổ sung
 - Khử sạch nước ngưng
 - Thay đổi cách xử lý nước
 - Xả đáy liên tục và xả đáy ngắt quãng

Giảm xả đáy lò hơi

- Mở Mô hình cơ sở MEASUR 3 ống góp
- Sử dụng mô hình Hệ thống ví dụ MEASUR 3 ống góp và định lượng tổng tác động kinh tế của việc giảm xả đáy lò hơi từ 5% xuống 2%. Việc giảm xả đáy này có thể thực hiện được nhờ cải tiến (nâng cấp) hệ thống xử lý nước



Kết quả hệ thống ví dụ (Mô hình cơ sở)

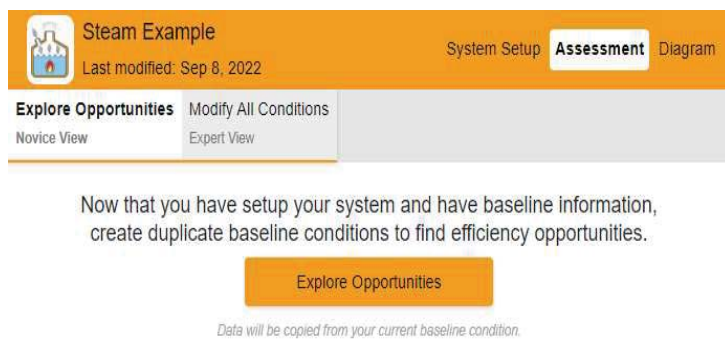
Phần_4_49

Kết quả hệ thống ví dụ (Mô hình cơ sở)

COST SUMMARY	
Power Balance	
Generation	1,948.2 kW
Demand	6,948.2 kW
Import	5,000 kW
Unit Cost	\$0.10 /kWh
Total \$/yr	\$4,380,000
Fuel Balance	
Boiler	504.12 GJ/hr
Unit Cost	\$25.00 /GJ
Total \$/yr	\$110,402,099
Make-Up Water	
Flow	1.22 m³/min 640,361.2 m³
Unit Cost	\$0.66 /m³
Total \$/yr	\$422,638
Total Operating Cost	
\$115,204,737	

MARGINAL STEAM COST	
High Pressure	\$93.89 /t
Medium Pressure	\$93.89 /t
Low Pressure	\$93.72 /t

Phần_4_50

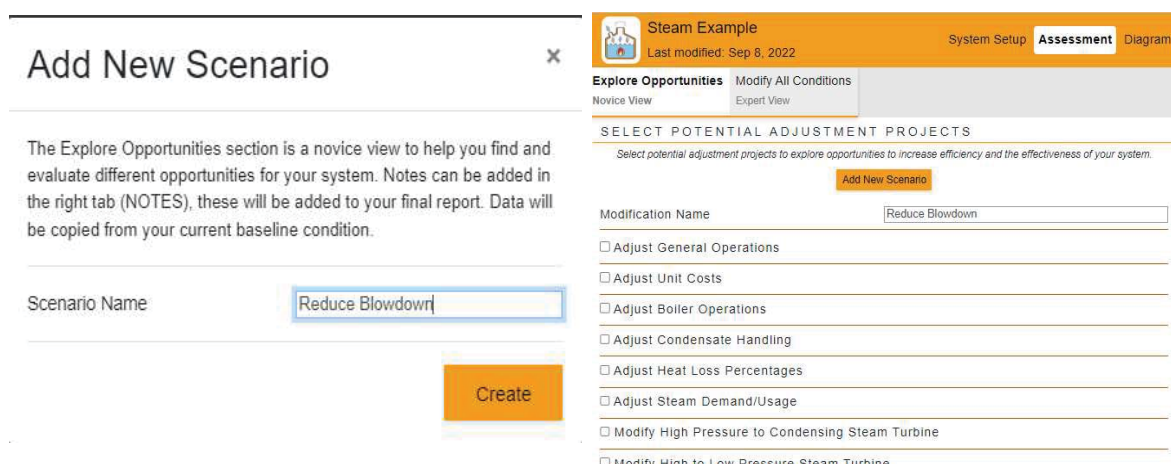


Đánh giá hệ thống ví dụ

- Có hai lựa chọn
 - Chế độ xem dành cho người mới bắt đầu
 - Chế độ xem dành cho chuyên gia
- Cả hai sẽ dẫn đến cùng một kết quả

Phần_4_51

Đánh giá hệ thống ví dụ – Chế độ xem dành cho người mới



Phần_4_52

SELECT POTENTIAL ADJUSTMENT PROJECTS

Select potential adjustment projects to explore opportunities to increase efficiency and the effectiveness of your system.

Add New Scenario

Modification Name

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☒ Adjust Boiler Operations

☐ Adjust Boiler Combustion Efficiency

☐ Change Fuel Type

☒ Adjust Blowdown Rate

Baseline	Modifications
Blowdown Rate	Blowdown Rate
5%	2 %

[Calculate Blowdown Rate](#)

☐ Blowdown Flash to Low Pressure

☐ Preheat Makeup Water with Blowdown

☐ Change Steam Generation Conditions

☐ Change Deaerator Operating Conditions

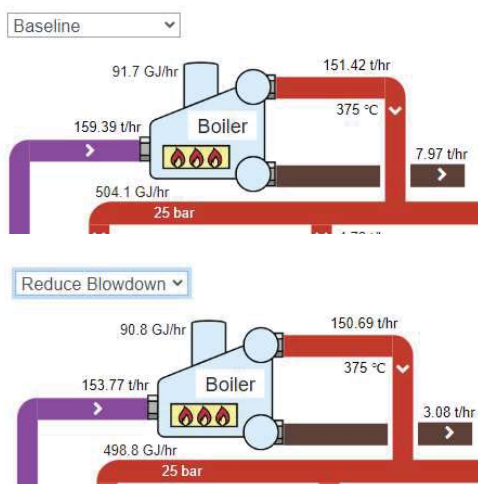
Đánh giá hệ thống
ví dụ – Giảm xả đáy

Phần_4_53

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	Reduce Blowdown	
Percent Savings (%)	—	—	1.0%
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,369,585.1	
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$109,239,628	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000	
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	597,453.3	
Water Cost (\$/yr)	422,638	394,319	
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2	
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7	
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	90.8	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2	
Other Losses (GJ/yr)	35.1	30.3	
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	219,746.43	
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	2,338.43	
Annual Cost (\$)	115,204,737	114,013,947	
Annual Savings (\$)	—	1,190,790	

Đánh giá hệ thống
ví dụ – Giảm xả đáy

Phần_4_54



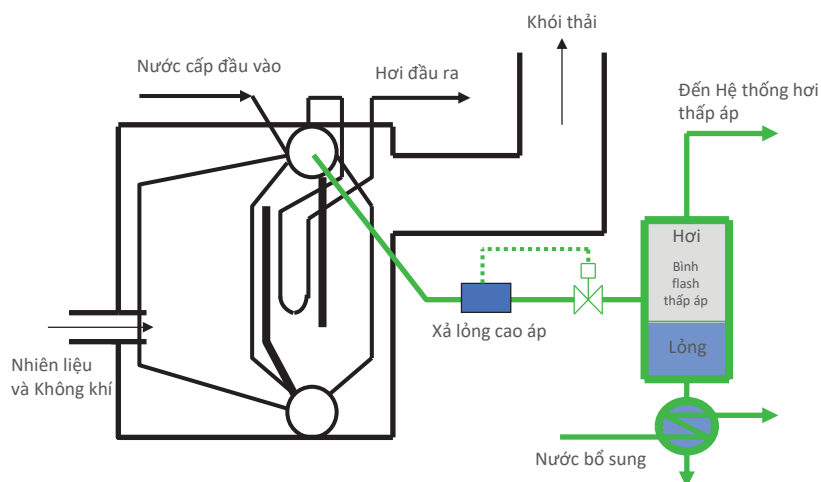
Giảm xả đáy lò hơi

Phần_5_55

Lưu ý - Giảm xả đáy lò hơi

- Hãy cẩn thận với việc tiết kiệm năng lượng, chi phí và kết quả phát thải
- Nhiều lò hơi yêu cầu lập mô hình lò hơi riêng lẻ để có cơ hội giảm xả đáy
 - Mỗi nhiên liệu và lò hơi truyền năng lượng riêng biệt tới nước cấp của lò hơi riêng lẻ
- ẢNH HƯỞNG của nhiên liệu và phân tích bị phá vỡ trong cơ hội cải tiến cụ thể này
- Sử dụng chi phí nhiên liệu kết hợp và hiệu suất lò hơi có thể ước tính tốt hơn cho cơ hội này

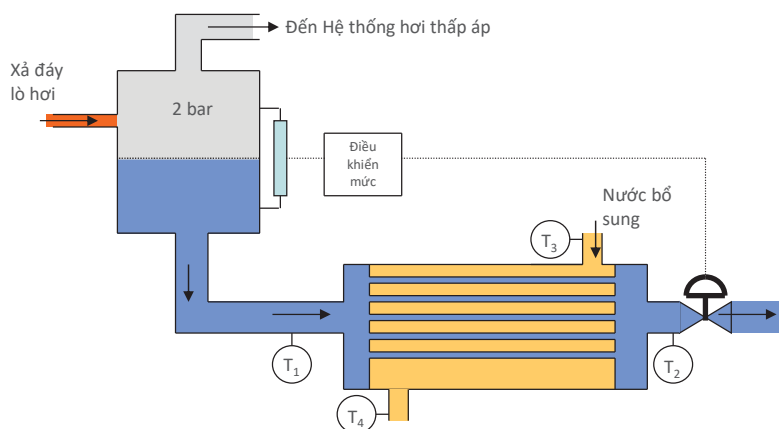
Phần_4_56



Thu hồi năng lượng xả đáy

Phần_4_57

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

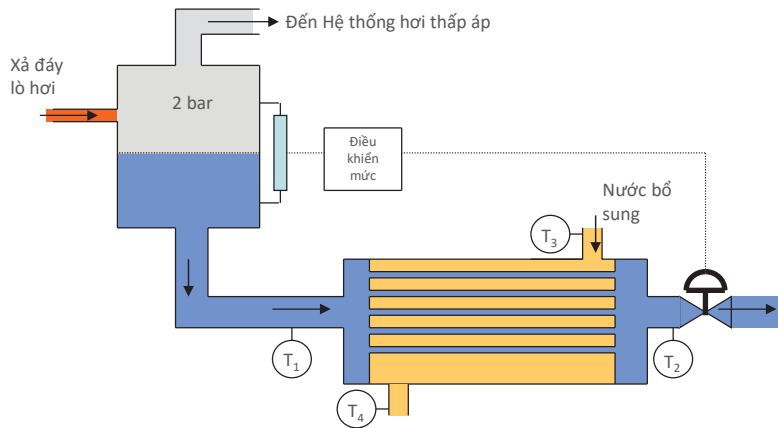


Thu hồi năng lượng xả đáy

- 1,6% tổng năng lượng từ nhiên liệu
- Ảnh hưởng của nhiên liệu ~1.800.000\$/năm
 - Tồn thất này có thể được loại bỏ

Phần_4_58

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



Mô hình đánh giá MEASUR

- Thêm một bình flash xả đáy
- Thêm một bộ trao đổi thu hồi nhiệt

Phần_4_59

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Add New Scenario

Modification Name
Blowdown Energy Recovery

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☒ Adjust Boiler Operations

☐ Adjust Boiler Combustion Efficiency

☐ Change Fuel Type

☐ Adjust Blowdown Rate

☒ Blowdown Flash to Low Pressure

Baseline	Modifications
Blowdown Flashed	Blowdown Flashed
No	Yes

☒ Preheat Makeup Water with Blowdown

Baseline	Modifications
Preheat Make-up Water	Preheat Make-up Water
No	Yes
	Approach Temperature
	6 °C

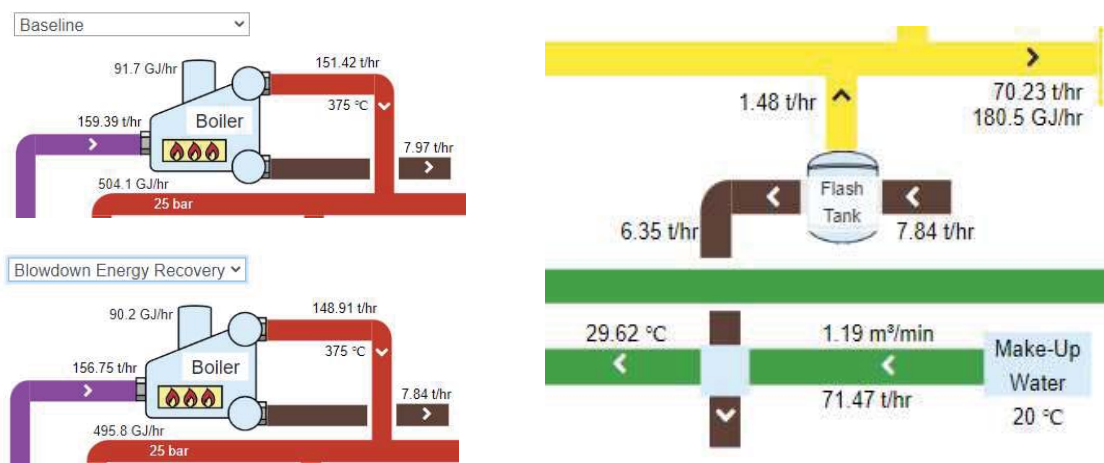
Đánh giá MEASUR – Thu hồi năng lượng xả đáy

Phần_4_60

	Baseline	Blowdown Energy Recovery
Percent Savings (%)	— —	2.0%
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,342,966.6
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$108,574,166
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	627,178.4
Water Cost (\$/yr)	422,638	413,938
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	90.2
Vent Losses (GJ/yr)		
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.1
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2
Other Losses (GJ/yr)	35.1	28
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	218,407.79
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	3,677.07
Annual Cost (\$)	115,204,737	113,368,104
Annual Savings (\$)	—	1,836,633

Đánh giá MEASUR –
Thu hồi năng lượng xả đáy

Đánh giá MEASUR – Thu hồi năng lượng xả đáy





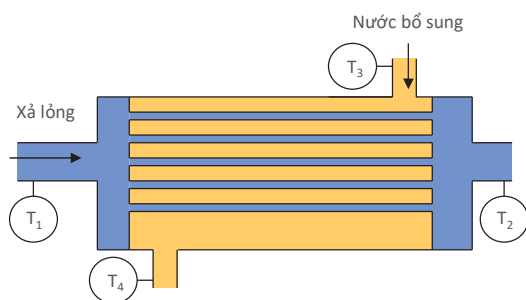
Xả đáy / Bộ trao đổi nhiệt nước bổ sung



Bình flash xả đáy

Thu hồi năng lượng xả đáy

Phần_4_63



Chú ý về bộ trao đổi nhiệt

- Dòng xả đáy có khả năng gây ô nhiễm đáng kể (ngay cả trong môi trường làm mát)
- Trao đổi nhiệt đồng thời cũng có thể là một lựa chọn tốt
- Phải cung cấp khả năng làm sạch bề mặt truyền nhiệt của bộ trao đổi nhiệt xả đáy
 - Ống thẳng có lỗ xả ở phía ống
 - Tăm và khung

Phần_4_64

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Thay đổi xả đáy bằng thu hồi nhiệt

- Tác động của việc giảm xả lò được giảm thiểu khi có thiết bị thu hồi nhiệt xả lò
 - Tốc độ xả đáy có thể được tăng lên để bảo vệ lò hơi và chi phí năng lượng tại hiện trường sẽ không bị ảnh hưởng đáng kể

Phần_4_65

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Ước tính lượng xả đáy bằng cách sử dụng độ dẫn điện của nước cấp và lò hơi
2. Xác định số lượng lò hơi và tổn thất năng lượng ở cấp hệ thống do xả đáy
3. Đánh giá việc lắp đặt bộ điều khiển xả đáy tự động
4. Đánh giá và lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt và hơi flash
5. Làm việc chặt chẽ với bộ phận hóa học của nhà máy để duy trì và quản lý quá trình xả đáy thích hợp

Phần_4_66



Phần_4_67

Tổn thất do ống khói

- Tổn thất do ống khói là tổn thất lớn nhất trong lò hơi
- Tổn thất do ống khói được tạo thành từ 2 loại và được định nghĩa là
 - Tổn thất nhiệt độ
 - Tổn thất cháy
- Phân tích quá trình cháy là phương pháp thường được sử dụng để xác định tổn thất ống khói

Dự án cải thiện hiệu suất lò hơi

- Hiệu suất lò hơi trên MEASUR chủ yếu được quyết định bởi tổn thất ống khói
 - Hiệu suất lò hơi trong thực tế chủ yếu được quyết định bởi tổn thất ống khói
 - Các yếu tố tổn thất ống khói
 - Nhiệt độ khói thải
 - Không khí thừa

Tổn thất do nhiệt độ khói thải

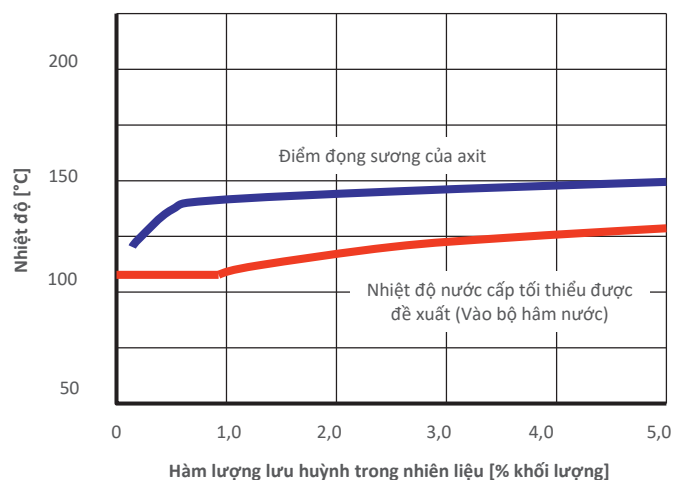
- Một lượng năng lượng đáng kể tồn tại trong khói thải
 - Nhiệt độ của khói thải biểu thị hàm lượng của năng lượng
- Các yếu tố phổ biến nhất ảnh hưởng đến nhiệt độ khói thải được trình bày là:
 - Thiết kế lò hơi
 - Nhiên liệu
 - Độ sẵn sàng của thiết bị thu hồi nhiệt
 - Bộ hâm nước
 - Bộ sấy không khí
 - Bộ phận khói thải bị hỏng – vách ngăn
 - Đóng cửa cặn bên trong hoặc bên ngoài ống
 - Phụ tải lò hơi

Phần_4_69

Bộ phận thu hồi năng lượng

- Bộ hâm nước thu hồi năng lượng từ khói thải vào nước cấp lò hơi thông qua bộ trao đổi nhiệt
- Bộ sấy không khí đốt thu hồi năng lượng từ khói thải vào không khí cháy
 - Lò hơi nhiên liệu rắn nhiều khả năng có các bộ phận này để hỗ trợ quá trình đốt cháy bằng cách sấy trước nhiên liệu.

Phần_4_70

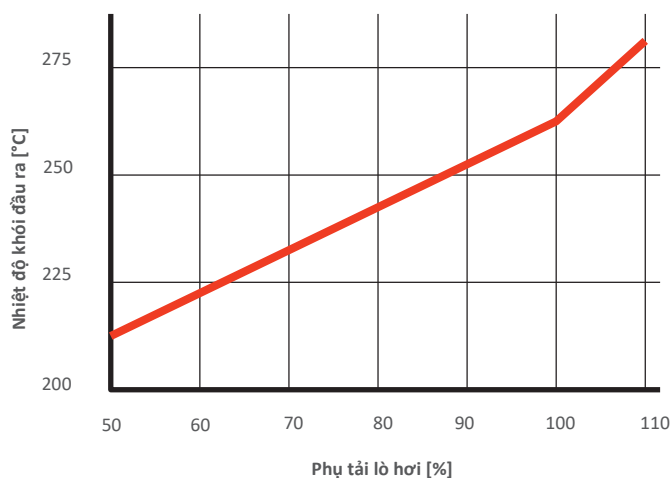


Giới hạn nhiệt độ khói thải

- Nhiệt độ khói thải được duy trì trên điểm đọng sương của các thành phần axit
 - Nhiên liệu chứa lưu huỳnh tạo ra axit sunfuric
 - Tất cả các nhiên liệu hydrocarbon đều có thể tạo ra axit cacbonic

Bộ hâm nước kiểu ngưng tụ

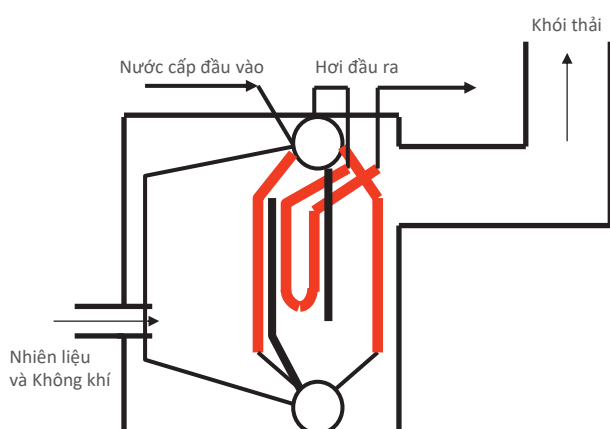
- Bộ hâm nước kiểu ngưng tụ có thể cải thiện hiệu suất lò hơi hơn 10% so với lò hơi thông thường
 - Nhiệt độ khói thải cuối cùng có thể đạt tới 30°C
 - Các thiết bị gián tiếp có thể làm nóng dòng nhiệt tới 90°C
 - Các thiết bị trực tiếp có thể làm nóng dòng nhiệt tới 70°C
 - Một lượng đáng kể năng lượng ở nhiệt độ tương đối thấp được thu hồi
 - Thiết bị được giới hạn ở nhiên liệu sạch
 - Khí thiên nhiên
 - Dầu nhiên liệu nhẹ



Phụ tải lò hơi

- Nhiệt độ khói thải thường tăng khi sản lượng hơi tăng

Phần_4_73



Vấn đề cấu cặn

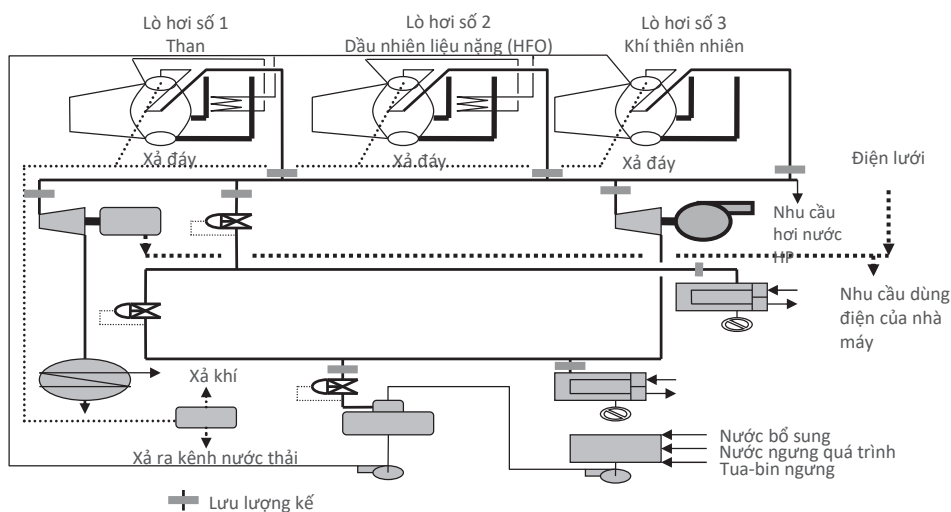
- Sự đóng cặn phía nước (cặn) thường được quản lý thông qua nỗ lực xử lý nước
 - Các biện pháp đáng chú ý được khắc phục thông qua làm sạch bằng hóa chất và phun thủy lực
- Sự đóng cặn phía cháy được quản lý thông qua việc thổi bồ hóng và làm sạch gián tiếp định kỳ
 - Việc thổi bồ hóng rất quan trọng đối với quá trình đốt cháy nhiên liệu rắn và dầu nhiên liệu nặng

Phần_4_74

Cơ hội giảm tổn thất ống khói phổ biến

- Loại bỏ cấu cặn phía cháy
 - Thổi bồ hóng
 - Làm sạch gián tiếp
- Loại bỏ cấu cặn phía nước
 - Đề phòng
 - Rửa phun áp lực cao
 - Làm sạch bằng hóa chất
- Sửa chữa các bộ phận bên trong bị lỗi
- Lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt

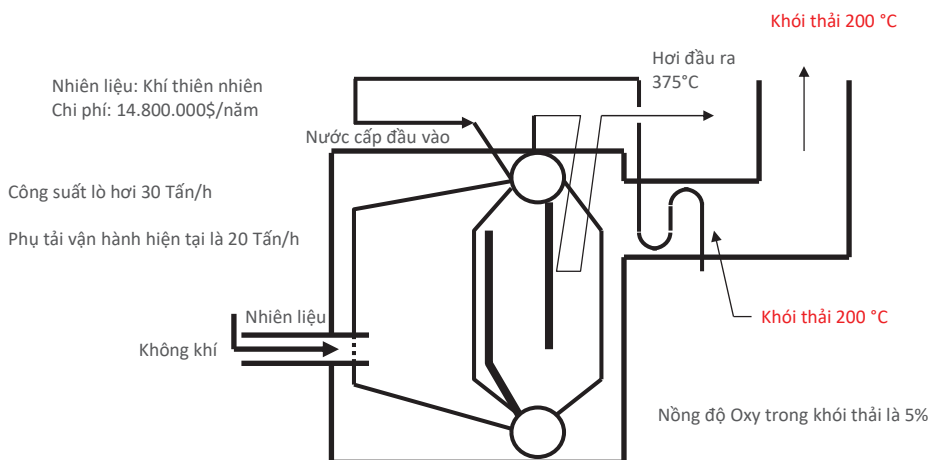
Phần_4_75



**Hệ thống
hơi**

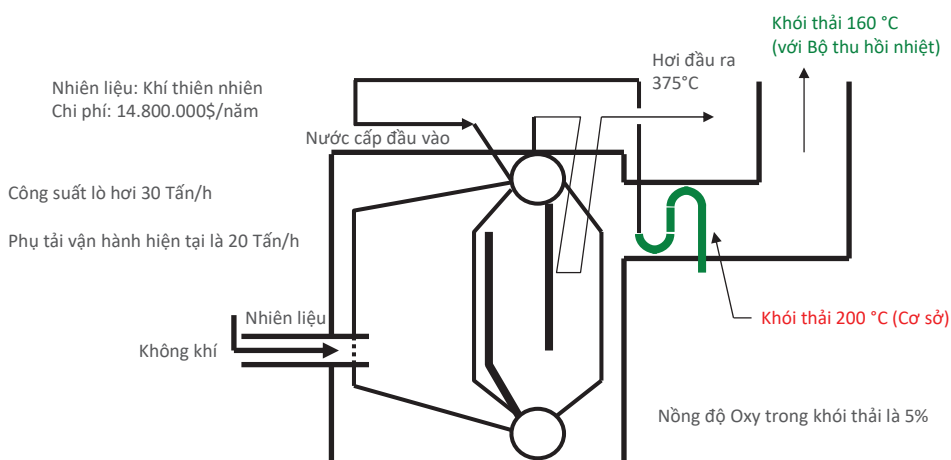
Phần_4_76

Ví dụ về giảm tổn thất ống khói



Phần_4_77

Ví dụ về việc giảm tổn thất do khói thải



Phần_4_78

Phân tích lượng tiết kiệm

$$\sigma_{savings} = \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) \dot{E}_{steam} = \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) [\dot{m}_{steam} (h_s - h_{fw})]$$

Trong đó

- η_1 và η_2 đại diện cho hiệu suất vận hành lò hơi hiện tại và mới
- E_{steam} đại diện cho năng lượng được truyền trong lò hơi để tạo ra hơi nước

Phần_4_79

Phân tích lượng tiết kiệm

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \dot{E}_{fuel1}$$

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2} \right) \dot{K}_{fuel1}$$

Trong đó

- E_{fuel1} đại diện cho năng lượng đầu vào nhiên liệu hiện tại của lò hơi
- K_{fuel1} thể hiện chi phí năng lượng nhiên liệu đầu vào hiện tại cho lò hơi

Phần_4_80

Boiler
Deaerator
Flash Tank
Header
Heat Loss
Pressure Release Valve
Saturated Properties
Stack Loss

STACK LOSS

Type of fuel	Gas
Fuel	Typical Natural Gas - US
Add New Fuel	
Stack Gas Temperature	200 °C
Ambient Air Temperature	20 °C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas
Oxygen In Flue Gas	5 %
Moisture in Combustion Air	0 %
Stack Loss	18.2 %
Boiler Combustion Efficiency	81.8 %

Công cụ tính tổn thất ống khói – Khí tự nhiên trong MEASURE

- Bảng tổn thất ống khói được phát triển cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Phần_4_81

Boiler
Deaerator
Flash Tank
Header
Heat Loss
Pressure Release Valve
Saturated Properties
Stack Loss

STACK LOSS

Type of fuel	Gas
Fuel	Typical Natural Gas - US
Add New Fuel	
Stack Gas Temperature	160 °C
Ambient Air Temperature	20 °C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas
Oxygen In Flue Gas	5 %
Moisture in Combustion Air	0 %
Stack Loss	16.3 %
Boiler Combustion Efficiency	83.7 %

Công cụ tính tổn thất ống khói – Khí tự nhiên trong MEASURE

- Bảng tổn thất ống khói được phát triển cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Phần_4_82

Phân tích lượng tiết kiệm

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_{existing}}{\eta_{adjusted}} \right) \dot{K}_{boiler}$$

$$\sigma_{savings} = \left[1 - \frac{81,8}{83,7} \right] \times 14.800.00 = \sim 336.000\$$$

- Phân tích trên MEASUR cho thấy cơ hội tiết kiệm tương tự
- Sự ăn mòn và phụ tải lò hơi phải được xem xét
- Dựa trên phân tích này, việc lắp đặt bộ hâm nước có thể sẽ mang lại thời gian hoàn vốn đơn giản dưới 1,0 năm

Phần_4_83

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☒ Adjust Boiler Operations

☒ Adjust Boiler Combustion Efficiency

Baseline	Modifications
Combustion Efficiency	Combustion Efficiency
81.8%	83.7 %

☐ Change Fuel Type

☐ Adjust Blowdown Rate

☐ Blowdown Flash to Low Pressure

☐ Preheat Makeup Water with Blowdown

☐ Change Steam Generation Conditions

☐ Change Deaerator Operating Conditions

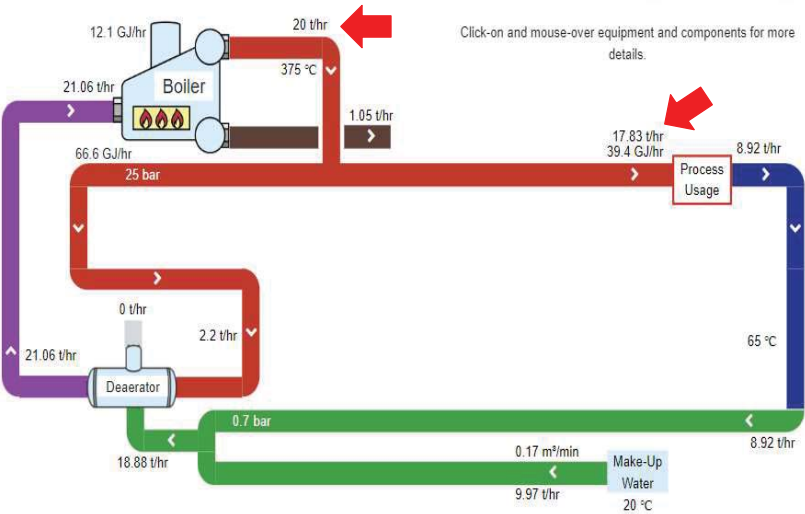
Đánh giá MEASUR – Cải thiện hiệu suất lò hơi

- Thận trọng khi báo cáo các khoản tiết kiệm từ đánh giá này

Phần_4_84

	Baseline	Feedwater Economizer
Percent Savings (%)	— —	2.0%
Fuel Usage (GJ/yr)	583,365.6	570,123.1
Fuel Cost (\$/yr)	\$14,584,140	\$14,253,079
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000
Water Usage (m³/yr)	87,474.6	87,474.6
Water Cost (\$/yr)	57,733	57,733
Power Generated (kW)	0	0
Process Use (GJ/yr)	39.4	39.4
Stack Loss (GJ/yr)	12.1	10.6
Vent Losses (GJ/yr)	0	0
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	8.7	8.7
Turbine Losses (GJ/yr)	0	0
Other Losses (GJ/yr)	7.2	7.2
Annual Emissions (tonne CO ₂)	29,337.46	28,671.49
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	665.96
Annual Cost (\$)	19,021,874	18,690,812
Annual Savings (\$)	—	331,062

Đánh giá MEASUR –
 Cải thiện hiệu suất
 lò hơi



Đánh giá MEASUR
 – Cải thiện hiệu
 suất lò hơi

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Theo dõi và ghi lại nhiệt độ khói thải đối với :
 - Phụ tải lò hơi
 - Nhiệt độ môi trường
 - Nồng độ Oxy trong khói thải
2. So sánh nhiệt độ khói thải với các điều kiện vận hành tương tự trước đó
3. Duy trì việc vệ sinh ống phía cháy thích hợp
4. Duy trì hóa chất cho nước thích hợp
5. Đánh giá khả năng tiết kiệm từ bộ phận thu hồi nhiệt

Phần_4_87

Cơ hội kiểm soát quá trình cháy

- Cải thiện kiểm soát quá trình cháy thường mang lại cơ hội quản lý năng lượng
- Kiểm soát lượng không khí thừa (Oxy trong khói thải) để tối ưu hóa mức độ giúp tăng hiệu suất lò hơi
- Một số yếu tố cần được xem xét để tối ưu hóa lượng không khí thừa nhưng các yếu tố chính là :
 - Nhiên liệu
 - Cơ chế kiểm soát
 - Quy định phát thải

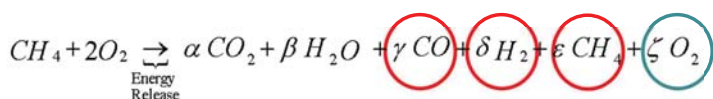
Phần_4_88

Phân tích cháy

- Trong một thế giới hoàn hảo, không khí và nhiên liệu sẽ hòa trộn hoàn toàn và quá trình đốt cháy hoàn toàn sẽ xảy ra.
- Mỗi phân tử nhiên liệu sẽ phản ứng chính xác với lượng oxy chính xác để phản ứng đốt cháy tiếp tục hoàn thành



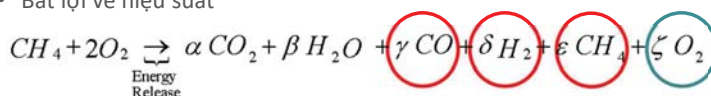
- Trong quá trình đốt cháy thực tế, nhiên liệu và oxy không phản ứng hoàn toàn



- CH₄, CO và H₂ không phản ứng là nhiên liệu được tạo ra từ quá trình đốt cháy không hoàn toàn

Quản lý quá trình cháy – Nguyên tắc 1

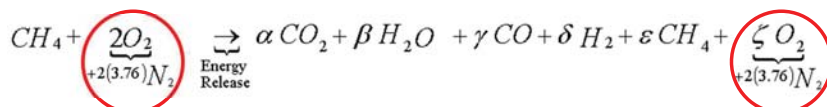
- CH₄, CO và H₂ không phản ứng làm suy giảm quá trình cháy
 - Vấn đề an toàn
 - Vấn đề sức khỏe
 - Bất lợi về hiệu suất



- Quản lý quá trình cháy là cố gắng loại bỏ nhiên liệu không phản ứng bằng cách bổ sung thêm Oxy vào vùng cháy
 - Lượng O₂ dư được cung cấp cho vùng cháy về cơ bản sẽ loại bỏ nhiên liệu chưa phản ứng

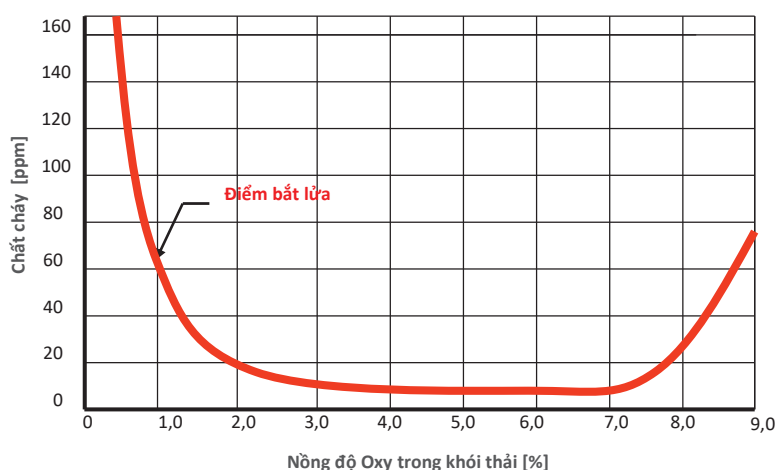
Quản lý quá trình cháy – Nguyên tắc 2

- Lượng Oxy dư được bổ sung để đảm bảo phản ứng hoàn toàn của nhiên liệu được làm nóng bằng nhiên liệu từ nhiệt độ môi trường xung quanh đến nhiệt độ của khói thải



- Trong hầu hết các quá trình cháy, không khí được sử dụng làm nguồn cung cấp Oxy
 - Một lượng lớn khí N_2 được gia nhiệt từ nhiệt độ môi trường đến nhiệt độ khói thải bằng năng lượng từ nhiên liệu

Đánh giá lượng oxy tối thiểu

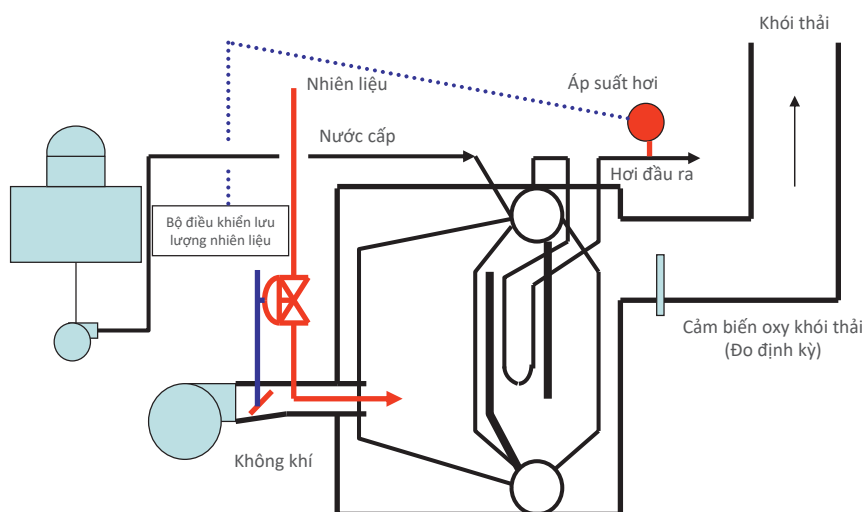


- Giới hạn oxy tối thiểu được xác định bằng cách đo các chất cháy

Chiến lược kiểm soát quá trình cháy

- Rõ ràng là lượng không khí thừa (hàm lượng Oxy) cho quá trình cháy phải được kiểm soát
- Có hai chiến lược kiểm soát chính
 - Điều khiển vị trí
 - Điều khiển cắt tự động
- Việc kiểm soát không khí cháy được thực hiện bằng
 - Van điều tiết
 - Máy biến tần
- Không khí thừa cũng là một chức năng của phụ tải lò hơi
- Áp suất vùng cháy (buồng đốt) cũng cần được kiểm soát

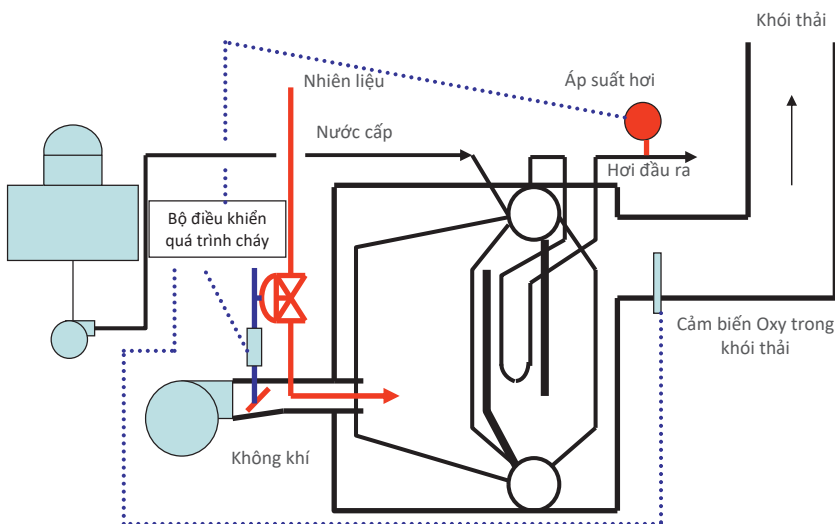
Phần_4_93



Điều khiển vị trí

Phần_4_94

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

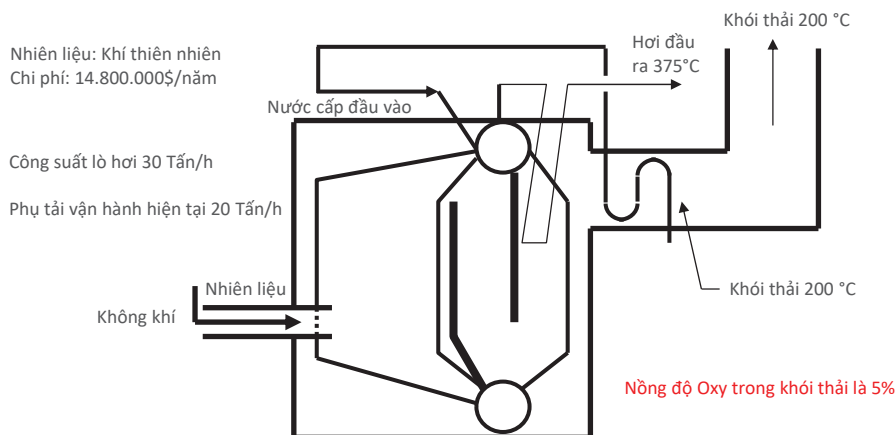


Điều khiển ngắt O₂ tự động

Các thông số kiểm soát hàm lượng Oxy trong khói thải điển hình

Các thông số kiểm soát hàm lượng Oxy trong khói thải điển hình								
Loại nhiên liệu	Điều khiển tự động		Điều khiển vị trí		Điều khiển tự động		Điều khiển vị trí	
	Nồng độ O ₂ trong khói thải		Nồng độ O ₂ trong khói thải		Không khí thừa		Không khí thừa	
	Nhỏ nhất [%]	Lớn nhất [%]	Nhỏ nhất [%]	Lớn nhất [%]	Nhỏ nhất [%]	Lớn nhất [%]	Nhỏ nhất [%]	Lớn nhất [%]
Khí thiên nhiên	1,5	3,0	3,0	7,0	9	18	18	55
Dầu nhiên liệu 2	2,0	3,0	3,0	7,0	11	18	18	55
Dầu nhiên liệu 6	2,5	3,5	3,5	8,0	14	21	21	65
Than bột	2,5	4,0	4,0	7,0	14	25	25	50
Than đá	3,5	5,0	5,0	8,0	20	32	32	65

Ví dụ về giảm tổn thất ống khói (Bộ điều khiển vị trí)



Phần_4_97

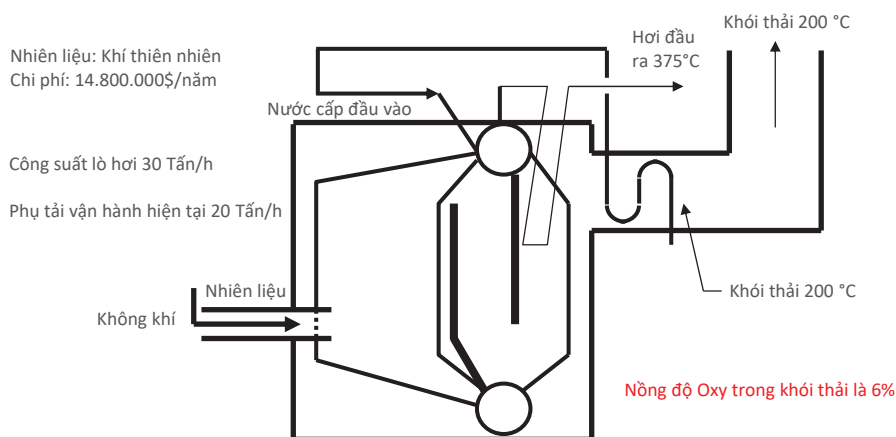
Boiler	Deaerator	Flash Tank	Header	Heat Loss	Pressure Release Valve	Saturated Properties	Stack Loss
STACK LOSS							
Type of fuel	Gas						
Fuel	Typical Natural Gas - US						
Add New Fuel							
Stack Gas Temperature	200						°C
Ambient Air Temperature	20						°C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas						
Oxygen In Flue Gas	5						%
Moisture in Combustion Air	0						%
Stack Loss	18.2 %						
Boiler Combustion Efficiency	81.8 %						

Công cụ tính tổn thất ống khói – Khí thiên nhiên trong MEASURE

- Bảng tổn thất ống khói được thiết lập cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Phần_4_98

Ví dụ về giảm tổn thất ống khói (Bộ điều khiển vị trí)



Phần_4_99

STACK LOSS

Type of fuel	Gas
Fuel	Typical Natural Gas - US
Add New Fuel	
Stack Gas Temperature	200 °C
Ambient Air Temperature	20 °C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas
Oxygen In Flue Gas	6 %
Moisture in Combustion Air	0 %
Stack Loss	18.6 %
Boiler Combustion Efficiency	81.4 %

Công cụ tính tổn thất ống khói – Khí thiên nhiên trong MEASURE

- Bảng tổn thất ống khói được thiết lập cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Phần_4_100

Điều chỉnh lại bộ điều khiển vị trí

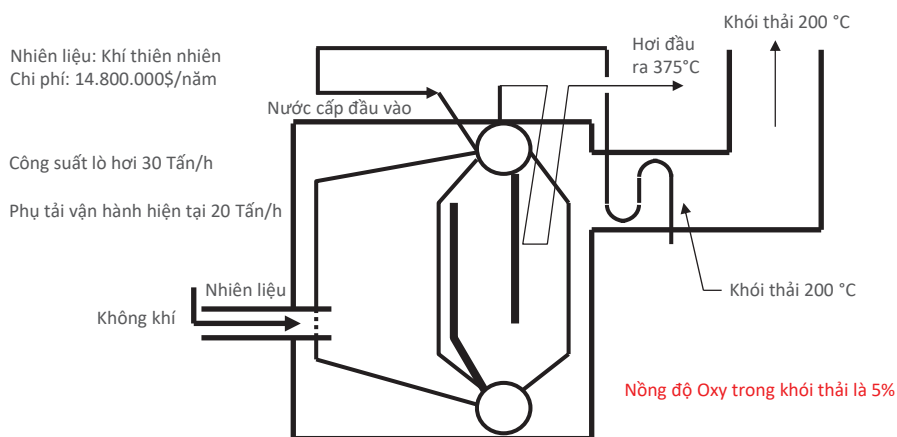
- Lượng chi phí năng lượng tiết kiệm = Chi phí vận hành trường hợp cơ bản – Chi phí vận hành mới

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_{existing}}{\eta_{adjusted}} \right) \dot{K}_{boiler}$$

$$\sigma_{savings} = \left[1 - \frac{81,8}{81,4} \right] \times 14.800.000 = \sim - \$72.725$$

Phần_4_101

Ví dụ về giảm tổn thất ống khói (Bộ điều khiển ngắt O₂ tự động)



Phần_4_102

Boiler Deaerator Flash Tank Header Heat Loss Pressure Release Valve Saturated Properties **Stack Loss**

STACK LOSS

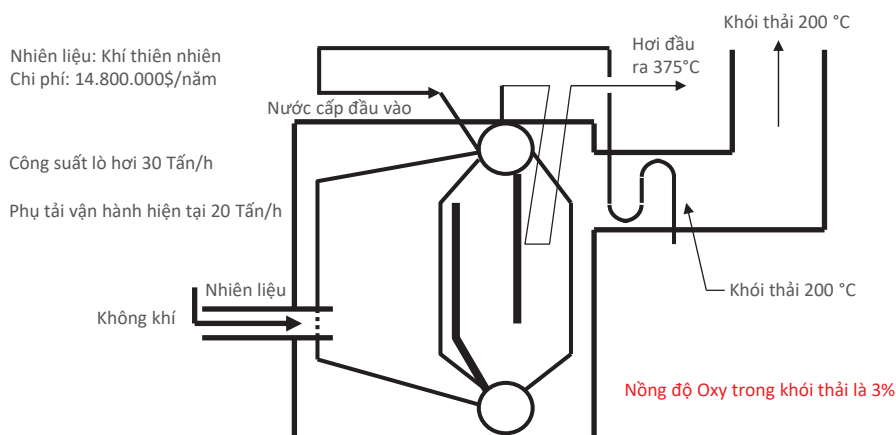
Type of fuel	Gas
Fuel	Typical Natural Gas - US
Add New Fuel	
Stack Gas Temperature	200 °C
Ambient Air Temperature	20 °C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas
Oxygen In Flue Gas	5 %
Moisture in Combustion Air	0 %
Stack Loss	18.2 %
Boiler Combustion Efficiency	81.8 %

Tổn thất ống khói – Khí thiên nhiên (Khí thiên nhiên trong MEASURE)

- Bảng tổn thất ống khói được thiết lập cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Phần_4_103

Ví dụ về giảm tổn thất ống khói (Bộ điều khiển ngắt O₂ tự động)



Phần_4_104

STACK LOSS

Type of fuel	Gas	
Fuel	Typical Natural Gas - US	
Add New Fuel		
Stack Gas Temperature	200	°C
Ambient Air Temperature	20	°C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas	
Oxygen In Flue Gas	3	%
Moisture in Combustion Air	0	%
Stack Loss	17.4 %	
Boiler Combustion Efficiency	82.6 %	

Tổn thất ống khói – Khí thiên nhiên (Khí thiên nhiên trong MEASURE)

- Bảng tổn thất ống khói được thiết lập cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Lắp đặt bộ điều khiển ngắt Oxy tự động

- Lượng chi phí năng lượng tiết kiệm = Chi phí vận hành trường hợp cơ bản – Chi phí vận hành mới

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_{existing}}{\eta_{adjusted}} \right) \dot{K}_{boiler}$$

$$\sigma_{savings} = \left[1 - \frac{81,8}{82,6} \right] \times 14.800.000 = \sim \$143.350$$

SELECT POTENTIAL ADJUSTMENT PROJECTS

Select potential adjustment projects to explore opportunities to increase efficiency and the effectiveness of your system.

Add New Scenario

Modification Name

Oxygen Trim Controller

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☒ Adjust Boiler Operations

☒ Adjust Boiler Combustion Efficiency

Baseline

Combustion Efficiency

81.8%

Modifications

Combustion Efficiency

82.6%

☐ Change Fuel Type

☐ Adjust Blowdown Rate

☐ Blowdown Flash to Low Pressure

☐ Preheat Makeup Water with Blowdown

☐ Change Steam Generation Conditions

☐ Change Deaerator Operating Conditions

Đánh giá MEASUR – Cải thiện hiệu suất lò hơi

Phần_4_107

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	Oxygen Trim Controller	
Percent Savings (%)	—	1.0%	
Fuel Usage (GJ/yr)	583,365.6	577,715.6	
Fuel Cost (\$/yr)	\$14,584,140	\$14,442,890	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000	
Water Usage (m³/yr)	87,474.6	87,474.6	
Water Cost (\$/yr)	57,733	57,733	
Power Generated (kW)	0	0	
Process Use (GJ/yr)	39.4	39.4	
Stack Loss (GJ/yr)	12.1	11.5	
Vent Losses (GJ/yr)	0	0	
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	8.7	8.7	
Turbine Losses (GJ/yr)	0	0	
Other Losses (GJ/yr)	7.2	7.2	
Annual Emissions (tonne CO ₂)	29,337.46	29,053.32	
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	284.14	
Annual Cost (\$)	19,021,874	18,880,623	
Annual Savings (\$)	—	141,251	

Đánh giá MEASUR – Cải thiện hiệu suất lò hơi

Phần_4_108

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Nguyên tắc quản lý quá trình cháy
 - Thêm đủ Oxy để phản ứng với tất cả nhiên liệu
 - Giảm thiểu lượng không khí bổ sung
 - Theo dõi các chất cháy để xác định vấn đề
2. Đo hàm lượng Oxy trong khói thải lò hơi
3. Kiểm soát hàm lượng Oxy trong phạm vi nhỏ nhất và lớn nhất
 - Điều khiển ngắt O₂ liên tục - tự động
 - Điều khiển vị trí
4. Thử thách phạm vi kiểm soát
 - Nâng cấp sự kiểm soát
 - Điều chỉnh quá trình cháy

Phần_4_109

Thực hành tốt nhất thông dụng– Sinh hơi

- Giảm không khí thừa
- Lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt
- Làm sạch bề mặt truyền nhiệt lò hơi
- Cải thiện xử lý nước để giảm xả đáy lò hơi
- Thu hồi năng lượng từ quá trình xả đáy lò hơi
- Thêm/khôi phục vật liệu chịu lửa lò hơi
- Giảm thiểu số lượng lò hơi vận hành
- Nghiên cứu việc chuyển đổi nhiên liệu
- Tối ưu hóa tốc độ thông hơi của bình khử khí

Phần_4_110

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

Xác định hiệu suất lò hơi theo Tiêu chuẩn Việt Nam



Tiêu chuẩn quốc gia về hiệu suất năng lượng và phương pháp thử TCVN 8630-2019

- Áp dụng cho các lò hơi ở Việt nam
- Được ban hành năm 2019 để thay thế cho tiêu chuẩn TCVN 8630 - 2010
- Quy định hiệu suất tối thiểu có các trường hợp chi tiết hơn với 5 mức tiết kiệm
- Phương pháp thử hiệu suất theo cả cân bằng thuận và nghịch và không quy định cứng về thời gian thử nghiệm tối thiểu.

Xác định hiệu suất lò hơi theo Tiêu chuẩn Việt Nam



Chủng loại nhiên liệu	Mức hiệu suất năng lượng	Công suất nồi hơi D, t/h		
		D < 3	3 ≤ D ≤ 15	D > 15
		Hiệu suất năng lượng %		
Than	Mức 1	76	82	85
	Mức 2	73	78	82
	Mức 3	70	75	78
	Mức 4	68	72	75
	Mức 5	65	70	72
Nhiên liệu sinh khối	Mức 1	75	78	82
	Mức 2	73	76	78
	Mức 3	70	73	75
	Mức 4	68	70	72
	Mức 5	65	68	70
Yêu cầu về trang bị bộ phận thu hồi nhiệt khói thải của chính nồi hơi		Không bắt buộc	Khuyến khích	Bắt buộc

Chủng loại nhiên liệu	Mức hiệu suất năng lượng	Công suất nồi hơi D, t/h		
		D < 3	3 ≤ D ≤ 15	D > 15
		Hiệu suất năng lượng %		
Dầu	Mức 1	88	90	92
	Mức 2	84	88	90
	Mức 3	82	85	88
	Mức 4	80	82	85
	Mức 5	78	80	82
Khí đốt	Mức 1	88	91	94
	Mức 2	85	89	92
	Mức 3	82	87	90
	Mức 4	81	85	87
	Mức 5	80	83	85
Yêu cầu về trang bị bộ phận thu hồi nhiệt khói thải của chính nồi hơi		Không bắt buộc	Khuyến khích	Bắt buộc

Xác định hiệu suất lò hơi theo Tiêu chuẩn Việt Nam

- Mức 1: mức tiết kiệm năng lượng loại 1.
- Mức 2: mức tiết kiệm năng lượng loại 2.
- Mức 3: mức tối thiểu áp dụng cho các nồi hơi mới và vận hành không quá 2 năm.
- Mức 4: mức tối thiểu áp dụng cho các nồi hơi đã vận hành từ trên 2 năm đến dưới 10 năm.
- Mức 5: mức tối thiểu áp dụng cho các nồi hơi đã vận hành từ 10 năm trở lên.

Xác định theo cân bằng thuận

- Khi nồi hơi sản xuất hơi bão hòa:

$$\eta = \frac{D_{\Sigma} (h_h - h_{nc})}{B_{\Sigma} Q_t^{lv}} \cdot 100\% \quad (1)$$

- Khi nồi hơi sản xuất hơi quá nhiệt và tái quá nhiệt:

$$\eta = \frac{D_{\Sigma} (h_h - h_{nc}) + D_{\Sigma}^{qn} (h_{iqn}^* - h_{iqn}')}{B_{\Sigma} Q_t^{lv}} \cdot 100\% \quad (2)$$

- Cần đo được lượng hơi sinh ra (thông qua đồng hồ đo nước cấp hoặc đồng hồ đo hơi)
- Cần xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ (quản lý vận hành xác định số xe/số gầu nhiên liệu sử dụng.
- Cần xác định nhiệt trị nhiên liệu (phân tích và quản lý độ ẩm nhiên liệu)

Xác định hiệu suất lò hơi theo cân bằng nghịch



- Hiệu suất nôi hơi theo cân bằng nghịch được xác định từ việc xác định các tổn thất nhiệt:

$$\eta_n = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad \%$$

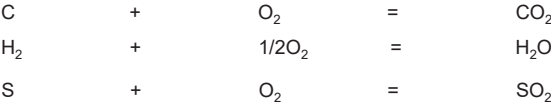
Trong đó:

- q_2 là tổn thất nhiệt theo khói thải ra khỏi nôi hơi, %;
- q_3 là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về hóa học, %;
- q_4 là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về cơ học, %;
- q_5 là tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, %;
- q_6 là tổn thất nhiệt do nhiệt của xỉ, %.

Xác định các thành phần lý thuyết của khói thải



- Thành phần lý thuyết = thành phần sinh ra khi cháy hoàn toàn không thừa, không thiếu được xác định dựa trên các phản ứng hóa học và thành phần hóa học phân tích được của nhiên liệu.



- Các thành phần lý thuyết có trong khói sẽ bao gồm:
 - CO₂ từ quá trình cháy carbon
 - H₂O từ quá trình cháy Hydro, từ thành phần ẩm trong nhiên liệu, từ ẩm có trong không khí đưa vào đốt
 - SO₂ từ quá trình cháy Lưu huỳnh,
 - N₂ từ không khí đưa vào.

Xác định các thành phần trong khói lý thuyết



Thành phần	Tính theo thể tích tiêu chuẩn (m^3_{tc}/kg nhiên liệu)
Không khí lý thuyết	$V^0_{kk} = 0,0889(C + 0,375S) + 0,265H - 0,033O$
Hơi nước trong khói hình thành do cháy Hydro nhiên liệu	$0.111H$
Hơi nước hình thành do ẩm từ nhiên liệu	$0.0124 M$
Hơi nước hình thành do ẩm trong không khí	$0.00402 d V^0_{kk}$
Hơi nước lý thuyết trong khói	$V^0_{H_2O} = 0.111H + 0.0124M + 0.0402V^0_{kk}$
Nitơ lý thuyết trong khói	$V^0_{N_2} = 0.79 V^0_{kk} + 0.008N$
RO_2 lý thuyết (RO_2 là tích hợp của CO_2 và SO_2)	$V^0_{RO_2} = 0.01886(C+0.375S)$
Khói khô lý thuyết	$V^0_{khói khô} = V^0_{N_2} + V^0_{RO_2}$
Khói lý thuyết	$V^0_{khói} = V^0_{khói khô} + V^0_{H_2O}$

Ghi chú: m^3_{tc} là đơn vị thể tích được tính theo điều kiện tiêu chuẩn là $0^{\circ}C$ và 1 atmosphere theo đó $1mol = 22,4$ lít tiêu chuẩn hay $1kmol = 22,4 m^3_{tc}$.
Độ chứa ẩm không khí d tính bằng g hơi nước/kg không khí khô có thể xác định dễ dàng khi biết độ ẩm tương đối và nhiệt độ không khí môi trường theo các phần mềm hay app điện thoại.

Phần_4_117

Không khí thực tế và các thành phần thực tế trong khói



- Quá trình cháy cần cung cấp một lượng không khí nhiều hơn lượng không khí lý thuyết. Hệ số không khí thừa là hệ số biểu diễn tỉ lệ giữa không khí thực tế so với không khí lý thuyết theo công thức:

$$\alpha = \frac{V_{kk}^{tt}}{V_{kk}^0}$$

- Tỉ lệ không khí thừa là hệ số biểu diễn tỉ lệ giữa phần không khí thừa so với không khí lý thuyết:

$$\lambda = \frac{V_{kk}^{thừa}}{V_{kk}^0} \text{ ta có } \alpha = \frac{V_{kk}^{tt}}{V_{kk}^0} = \frac{V_{kk}^{thừa} + V_{kk}^0}{V_{kk}^0} = \lambda + 1$$

- Lượng không khí nhiều hơn này là nguyên nhân dẫn đến việc phân tích khói thấy hàm lượng oxy có trong khói.
- Không khí thừa nhiều sẽ dẫn đến sự tăng tổn thất do khói thải q_2 làm giảm hiệu suất lò hơi.
- Việc xác định lượng không khí thừa được tính toán dựa trên việc đo hàm lượng oxy khói thải.

Phần_4_118

Oxy khô – Oxy ướt

Oxy khô: Được xác định khi thiết bị đo hút khí vào trong thiết bị. Khí này được đi qua hệ thống thiết bị lọc, tách ẩm trước khi tiếp xúc với các cảm biến xác định hàm lượng. Thành phần % của oxy khô do vậy được xác định theo khối khô. Hầu hết các thiết bị đo cầm tay được sử dụng để phân tích khối cho kết quả đo là oxy khô.

$$\%O_2^{khô} = \frac{V_{O_2}}{V_{khối\ khô}}$$



Oxy ướt: được xác định khi cảm biến của thiết bị đo tiếp xúc trực tiếp với khí thực tế và cho ra kết quả. Thành phần % của oxy ướt do vậy được xác định theo khối ẩm. Hầu hết các thiết bị đo được lắp cố định tại nhà máy để điều khiển quá trình cháy cho kết quả đo là oxy ướt.

$$\%O_2^{ướt} = \frac{V_{O_2}}{V_{khối\ ẩm}} = \frac{V_{O_2}}{V_{khối\ khô} + V_{H_2O}}$$



Phần_4_119

Oxy khô – Oxy ướt

Biết oxy khô tính hệ số không khí thừa và oxy ướt		Biết oxy ướt tính hệ số không khí thừa và oxy khô	
Xác định tỉ lệ không khí thừa khi biết oxy khô	$\lambda = \frac{\%O_2^{khô} V_{khối\ khô}^0}{(0,2095 - \%O_2^{khô}) V_{kk}^0}$	Xác định tỉ lệ không khí thừa khi biết oxy ướt	$\lambda = \frac{\%O_2^{ướt} V_{khối\ ẩm}^0}{(0,2095 - \%O_2^{ướt}) V_{kk}^0}$
Xác định hệ số không khí thừa khi biết oxy khô	$\alpha = \lambda + 1 = \frac{\%O_2^{khô} V_{khối\ khô}^0}{(0,2095 - \%O_2^{khô}) V_{kk}^0} + 1$	Xác định hệ số không khí thừa khi biết oxy ướt	$\alpha = \lambda + 1 = \frac{\%O_2^{ướt} V_{khối\ ẩm}^0}{(0,2095 - \%O_2^{ướt}) V_{kk}^0} + 1$
Tỉ lệ oxy khô/oxy ướt	$\frac{\%O_2^{khô}}{\%O_2^{ướt}} = \frac{V_{khối\ ẩm}^0 + V_{kk}^0 \lambda}{V_{khối\ khô}^0 + V_{kk}^0 \lambda}$	Tỉ lệ oxy khô/oxy ướt	$\frac{\%O_2^{khô}}{\%O_2^{ướt}} = \frac{V_{khối\ ẩm}^0 + V_{kk}^0 \lambda}{V_{khối\ khô}^0 + V_{kk}^0 \lambda}$
Oxy ướt	$\%O_2^{ướt} = \frac{\%O_2^{khô} (V_{khối\ khô}^0 + V_{kk}^0 \lambda)}{V_{khối\ ẩm}^0 + V_{kk}^0 \lambda}$	Oxy ướt	$\%O_2^{khô} = \frac{\%O_2^{ướt} (V_{khối\ ẩm}^0 + V_{kk}^0 \lambda)}{V_{khối\ khô}^0 + V_{kk}^0 \lambda}$

Trong một số tài liệu, hệ số không khí thừa được tính theo công thức đơn giản dưới đây mà không cần xác định oxy đo được là khô hay ướt. Kết quả tính do đó có sự sai lệch nhất định

$$\alpha = \frac{V_{kk}^{tt}}{V_{kk}^0} = \frac{\%O_2}{21 - \%O_2}$$

Phần_4_120

Lượng khói thải và lượng tổn thất nhiệt do khói thải

- Lượng khói thải thực tế

$$V_{\text{khói khô}}^{\text{thực}} = V_{\text{khói khô}}^0 + V_{\text{kk}}^{\text{thừa}}$$

$$V_{\text{khói ẩm}}^{\text{thực}} = V_{\text{khói ẩm}}^0 + V_{\text{kk}}^{\text{thừa}}$$

- Tổn thất nhiệt do khói thải

$$Q_2 = (I_{\text{khói}} - V_{\text{kk}}(ct)_{\text{kk}}(100 - q_4)) \quad (\text{kJ/kg nhiên liệu})$$

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_{\text{t}}^{\text{v}}} = \frac{(I_{\text{khói}} - V_{\text{kk}}(ct)_{\text{kk}}(100 - q_4))}{Q_{\text{t}}^{\text{v}}} \quad \%$$

Diễn giải	Công thức tính
Enthalpy của thành phần RO ₂ (bao gồm CO ₂ và SO ₂)	$I_{\text{RO2}} = V_{\text{RO2}}^0(ct)_{\text{RO2}}$
Enthalpy của thành phần N ₂	$I_{\text{N2}} = V_{\text{N2}}^0(ct)_{\text{N2}}$
Enthalpy của thành phần H ₂ O	$I_{\text{H2O}} = V_{\text{H2O}}^0(ct)_{\text{H2O}}$
Enthalpy của không khí	$I_{\text{kk}} = V_{\text{kk}}^0(ct)_{\text{kk}}$
Enthalpy của thành phần khói khô lý thuyết	$I_{\text{khói khô}}^0 = I_{\text{RO2}} + I_{\text{N2}}$
Enthalpy của thành phần khói có ẩm	$I_{\text{khói}}^0 = I_{\text{RO2}} + I_{\text{N2}} + I_{\text{H2O}}$
Enthalpy của khói khô (có không khí thừa)	$I_{\text{khói khô}} = I_{\text{khói khô}}^0 + (\alpha - 1)I_{\text{kk}}$
Enthalpy của khói có không khí thừa	$I_{\text{khói}}^0 = I_{\text{khói}}^0 + (\alpha - 1)I_{\text{kk}} + 0.0402(\alpha - 1)I_{\text{H2O}}$

Phần_4_121

Bảng tra nhiệt dung riêng các thành phần khói

Nhiệt độ, °C	(Ct) _{kk} , kJ/Nm ³	(Ct) _{RO2} , kJ/Nm ³	(Ct) _{N2} , kJ/Nm ³	(Ct) _{H2O} , kJ/Nm ³	(Ct) _{H2O} , kJ/kg
100	129,95	170,03	129,58	151,02	81,0
200	261,24	357,46	259,92	304,46	169,8
300	394,89	558,81	392,01	462,72	264,0
400	531,20	771,83	526,52	626,16	360,0
500	670,90	994,35	683,80	794,85	458,0
600	813,36	1224,66	804,12	968,88	560,0
700	958,86	1431,07	947,52	1148,84	662,5
800	1090,56	1704,88	1093,60	1334,40	768,0
900	1256,94	1952,28	1239,84	1526,13	825,0
1000	1408,70	2203,50	1391,70	1722,90	985,0
1100	1562,55	2458,39	1513,74	1925,11	1092,0
1200	1718,16	2716,56	1697,16	2132,28	1212,0
1300	1874,86	2976,74	1852,76	2343,64	1360,0
1400	2032,52	3239,04	2028,72	2559,20	1585,0
1500	2191,68	3503,10	2166,00	2779,05	1758,0
1600	2351,68	3768,80	2324,48	3001,76	1880,0
1700	2512,26	4035,31	2484,04	3229,32	2065,0
1800	2674,26	4304,70	2643,66	3458,34	2185,0
1900	2836,32	4573,98	2804,02	3690,57	2385,0
2000	3000,00	4814,20	2965,00	3925,60	2514,0
2100	3163,02	5115,39	3127,32	4163,04	2640,0
2200	3327,50	5386,48	3289,22	4401,98	2762,0
2300	3492,08	5658,46	3452,30	4643,47	-
2400	3658,08	5930,40	3615,36	4887,60	-
2500	3823,00	6202,75	3778,50	5132,00	-

Phần_4_122

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel



Bảng 1. Thành phần nhiên liệu theo % khối lượng			
Thành phần nhiên liệu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Carbon	Clv	%	35.81
Hydrogen	Hlv	%	3.83
Nitơ	Nlv	%	0.4
Lưu huỳnh	Slv	%	0.04
Ôxy	Olv	%	30.31
Độ ẩm	W	%	29.46
Tro	A	%	0.15
Total		%	100.00
Nhiệt trị thấp làm việc	Q_{lt}^{lv}	kJ/kg	12150

Bảng 2. Tính toán độ chứa ẩm của không khí			
Diễn giải	ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Nhiệt độ bầu khô	Tdb	oC	30
Nhiệt độ bầu ướt	Twb	oC	
Độ ẩm tương đối	Rhm	%	76
Áp suất không khí		pa	101300
Hệ số tính Áp suất bão hòa 1	C1		610.7
Hệ số tính Áp suất bão hòa 2	C2		44.445
Hệ số tính Áp suất bão hòa 3	C3		1.4131
Hệ số tính Áp suất bão hòa 4	C4		0.02763
Hệ số tính Áp suất bão hòa 5	C5		0.00026
Hệ số tính Áp suất bão hòa 6	C6		2.9E-06
Áp suất bão hòa của hơi nước ở nhiệt độ bầu khô (Tdb)	PsWvTdb	Pa	4241.511
Phân Áp suất hơi nước trong không khí ẩm	PpWvA	Pa	3223.548
Độ ẩm trong không khí khô	MFrWDA	kg/kg	0.0204
Độ ẩm trong không khí khô		g/kg	20.44

- Vào thông số nhiên liệu phân tích được theo bảng 1 ở đây
- Bảng 2 để xác định độ chứa ẩm của không khí môi trường

Phần_4_123

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel



Bảng 3. Tính toán các sản phẩm của quá trình cháy nhiên liệu theo lý thuyết				
Các loại sản phẩm	Các giá trị tính theo m3 tiêu chuẩn/kg nhiên liệu			
	Ký hiệu	Đơn vị	Công thức	Giá trị
Không khí lý thuyết	V_{kk}^0	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{kk}^0 = 0,0889(C + 0,375S) + 0,265H - 0,033O$	3.20
Độ chứa ẩm của không khí	d	g/kg không khí khô	Lấy số liệu từ bảng 2	20.44
Hơi nước trong khói do cháy Hydro nhiên liệu	$V_{H_2O}^0 1$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	0.111*H	0.43
Hơi nước hình thành do ẩm từ nhiên liệu	$V_{H_2O}^0 2$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	0.0124*W	0.37
Hơi nước hình thành do ẩm từ không khí	$V_{H_2O}^0 3$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$0.00161*d*V_{kk}^0$	0.11
Hơi nước lý thuyết trong khói	$V_{H_2O}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{H_2O}^0 = 0.111H + 0.0124W + 0.00161dV_{kk}^0$	0.90
Nitơ lý thuyết trong khói	$V_{N_2}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{N_2}^0 = 0.79 V_{kk}^0 + 0.008N$	2.53
CO2 lý thuyết	$V_{CO_2}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	0.01866C	0.668
SO2 lý thuyết	$V_{SO_2}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	0.007S	0.000
RO ₂ lý thuyết	$V_{RO_2}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{RO_2}^0 = 0.01866(C+0.375S)$	0.6685
Khói khô lý thuyết	$V_{kh\text{oi khô}}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{kh\text{oi khô}}^0 = V_{N_2}^0 + V_{RO_2}^0$	3.1993
Khói lý thuyết	$V_{kh\text{oi ẩm}}^0$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{kh\text{oi ẩm}}^0 = V_{kh\text{oi khô}}^0 + V_{H_2O}^0$	4.0951

- Bảng 3 sẽ tự động tính toán các thành phần thể tích lý thuyết của không khí và các thành phần khói

Phần_4_124

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel

Bảng 4. Biết oxy ướt tính hệ số không khí thừa và oxy khô				
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Công thức	Giá trị
Oxy ướt	$O_2^{ướt}$	-	Đo được bằng sensor tiếp xúc trực tiếp với khói	0.1335
Mẫu số	-	-	$(0.2095 - O_2^{ướt}) \cdot V_{kk}^0$	0.24
Tỉ lệ không khí thừa	λ	-	$\lambda = \frac{O_2^{ướt} V_{khói\ ẩm}^0}{(0.2095 - O_2^{ướt}) V_{kk}^0}$	2.25
Xác định hệ số không khí thừa khi biết oxy ướt	α	-	$\alpha = \frac{O_2^{ướt} V_{khói\ ẩm}^0}{(0.2095 - O_2^{ướt}) V_{kk}^0} + 1$	3.25
Từ số	—	-	$V_{khói\ khô}^0 + \lambda \cdot V_{kk}^0$	11.29
Mẫu số	—	-	$V_{khói\ khô}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda$	10.39
Tỉ lệ oxy khô/oxy ướt	-	-	$\frac{O_2^{khô}}{O_2^{ướt}} = \frac{V_{khói\ ẩm}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda}{V_{khói\ khô}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda}$	1.09
Oxy khô	$O_2^{khô}$	-		0.14501

- Bảng 4 sử dụng để xác định hệ số không khí thừa khi giá trị oxy đo được là oxy ướt. Có thể quy đổi ra oxy khô nếu cần

Phần_4_125

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel

Bảng 5. Biết oxy khô tính hệ số không khí thừa và oxy ướt				
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Công thức	
Oxy khô	$O_2^{khô}$	-	Đo được bằng cách hút khói vào thiết bị đo (testo)	0.145
Mẫu số	-	-	$(0.2095 - O_2^{khô}) \cdot V_{kk}^0$	0.21
Tỉ lệ không khí thừa	λ	-	$\lambda = \frac{\%O_2^{khô} V_{khói\ khô}^0}{(0.2095 - \%O_2^{khô}) V_{kk}^0}$	2.25
Xác định hệ số không khí thừa khi biết oxy khô	α	-	$\alpha = \lambda + 1 = \frac{\%O_2^{khô} V_{khói\ khô}^0}{(0.2095 - \%O_2^{khô}) V_{kk}^0} + 1$	3.25
Từ số	—	-	$V_{khói\ ẩm}^0 + \lambda \cdot V_{kk}^0$	11.29
Mẫu số	—	-	$V_{khói\ khô}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda$	10.39
Tỉ lệ oxy khô/oxy ướt	-	-	$\frac{O_2^{khô}}{O_2^{ướt}} = \frac{V_{khói\ ẩm}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda}{V_{khói\ khô}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda}$	1.09
Oxy ướt	$O_2^{ướt}$	-		0.1335

- Bảng 5 xác định hệ số không khí thừa khi biết oxy khô. Có thể quy đổi sang oxy ướt nếu cần.

Phần_4_126

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel

Bảng 6. Tính toán các sản phẩm của quá trình cháy thực				
Các loại sản phẩm	Các giá trị tính theo m ³ tiêu chuẩn/kg nhiên liệu			
	Ký hiệu	Đơn vị	Công thức	Giá trị
Không khí thừa	$V_{kk}^{thừa}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{kk}^{thừa} = \lambda V_{kk}^0$	7.1923
Âm trong không khí thừa	$V_{H_2O}^{kk\ thừa}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{H_2O}^{kk\ thừa} = 0.00161 * d * V_{kk}^{thừa}$	0.2367
Âm bốc ra từ cát	$V_{H_2O}^{cát}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu		-
Tổng ẩm khối thực	$V_{H_2O}^{khối}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{H_2O}^{khối} = V_{H_2O}^0 + V_{H_2O}^{kk\ thừa}$	1.1325
Không khí thực	$V_{kk}^{thực}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{kk}^{thực} = \alpha V_{kk}^0$	10.3919
Khối khô thực	$V_{khối\ khô}^{thực}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{khối\ khô}^{thực} = V_{khối\ khô}^0 + V_{kk}^{thừa}$	10.3917
Khối ẩm thực	$V_{khối\ ẩm}^{thực}$	m ³ _{tc} /kg nhiên liệu	$V_{khối\ ẩm}^{thực} = V_{khối\ khô}^0 + V_{kk}^{thừa}$	11.2874

- Bảng 6 Tự động tính toán các thành phần của khối thực và không khí thực cấp cho quá trình cháy

Phần_4_127

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel

Bảng 7. Các giá trị (Ct) của thành phần khói thải theo nhiệt độ					
Nhiệt độ oC	(C.t) _{kh}	(C.t) _{CO2}	(C.t) _{H2}	(C.t) _{H2O}	(C.t) _{BrO}
	kJ/ m ³ _{tc}	kJ/ m ³ _{tc}	kJ/ m ³ _{tc}	kJ/ m ³ _{tc}	kJ/kg
100	129.95	170.03	129.58	151.02	81,0
200	261.24	357.46	259.92	304.46	169.8
300	394.89	558.81	392.01	462.72	264
400	531.2	771.88	526.52	626.16	360
500	670.9	994.35	683.8	794.85	458
600	813.36	1224.66	804.12	968.88	560
700	958.86	1431.07	947.52	1148.84	662.5
800	1090.56	1704.88	1093.6	1334.4	768
900	1256.94	1952.28	1239.84	1526.13	825
1000	1408.7	2203.5	1391.7	1722.9	985
1100	1562.55	2458.39	1543.74	1925.11	1092
1200	1718.16	2716.56	1697.16	2132.28	1212
1300	1874.86	2976.74	1852.76	2343.64	1360

- Bảng 7. Là các thông số Ct có thể tra theo nhiệt độ để xác định Enthalpy các thành phần khói thải. Yêu cầu nội suy cho các trường hợp nhiệt độ không chẵn.

Phần_4_128

Quy trình xác định tổn thất do khói thải trên công cụ excel



Bảng 8. Tính toán tổn thất nhiệt do khói thải							
Mô tả	Ký hiệu	Đơn vị	Công thức tính	Không khí	RO2	N2	H2O
Thành phần khói thực	V	m ³ tc/kg nhiên liệu	Đã tính ở trên (không khí là thành phần kk thừa)	7.19	0.6685	2.53	1.13
Nhiệt độ khói phần dưới	t _{khói thải}	°C	Đo được	90.00	90.00	90.00	90.00
Ct các thành phần (nhiệt dung riêng x nhiệt độ)	(Ct) thành phần	kJ °C/m ³ tc	Tra bảng	116.96	153.03	116.62	135.92
Enthalpy các thành phần khói	I _{khói thành phần}	kJ/kg nhiên liệu	I = V(Ct)	841.1795	102.2977	295.1533	153.924
Enthalpy khói tổng	I _{khói thực}	kJ/kg nhiên liệu	I _{khói thực} = I _{không khí} + I _{RO2} + I _{N2} + I _{H2O}	1392.554			
Nhiệt độ không khí đầu vào	t _{kk}	°C	Đo được	30			
Ct không khí đầu vào	Ct không khí lạnh	kJ °C/m ³ tc	Tra bảng	38.99			
Tổng lượng không khí đầu vào	V _{kk thực}	m ³ tc/kg nhiên liệu	Đã tính ở trên (không khí là tổng không khí bao gồm không khí lý thuyết và không khí thừa)	10.39			
Enthalpy không khí đầu vào	I _{kk thực}	kJ/kg nhiên liệu	I = V (Ct)	405.1281			
Tổn thất do khói thải	Q ₂	kJ/kg nhiên liệu	$Q_2 = (I_{khói} - V_{kk}(ct)_{kkl}(100 - q_4))$	987.4264			
Tổn thất do khói thải	q ₂	%	$q_2 = \frac{Q_2}{Q_t^{lv}} = \frac{(I_{khói} - V_{kk}(ct)_{kkl}(100 - q_4))}{Q_t^{lv}}$	3351.753			

- Bảng 8 tính toán tổn thất nhiệt do khói thải. (Yêu cầu tra thông tin và nội suy các giá trị (Ct) của các thành phần khói thải từ bảng 7)

Phần_4_129

Xác định các tổn thất khác



- Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về hóa học q₃

$$q_3 = 12600 \cdot CO \cdot \frac{V_{khói khô}^0}{Q_t^{lv}} \%$$

- Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học q₄(%)

$$q_4 = \frac{326 \left(a_x \frac{C_x}{100 - C_x} + a_b \frac{C_b}{100 - C_b} + a_l \frac{C_l}{100 - C_l} \right) \cdot A^{lv}}{Q_t^{lv}}$$

- C_x, C_b, C_l là tỷ lệ phần trăm cacbon trong xỉ, tro bay và than lọt, %
- a_x, a_b, a_l là tỷ lệ độ tro của nhiên liệu phân phối theo đường xỉ, đường tro bay và than lọt

Phần_4_130

Xác định các tổn thất khác

Phương thức đốt	Chủng loại		
	Xỉ, a_x	Tro bay, a_b	Than lọt, a_l
Ghi dồn cấp	0,75 - 0,85	0,20 - 0,10	0,05
Ghi xích	0,75 - 0,85	0,20 - 0,10	0,05
Ghi có cơ cấu hất than	0,65 - 0,75	0,30 - 0,20	0,05
Lớp sôi	0,50 - 0,60	0,50 - 0,40	-
Phun than	0,10 - 0,20	0,90 - 0,80	-

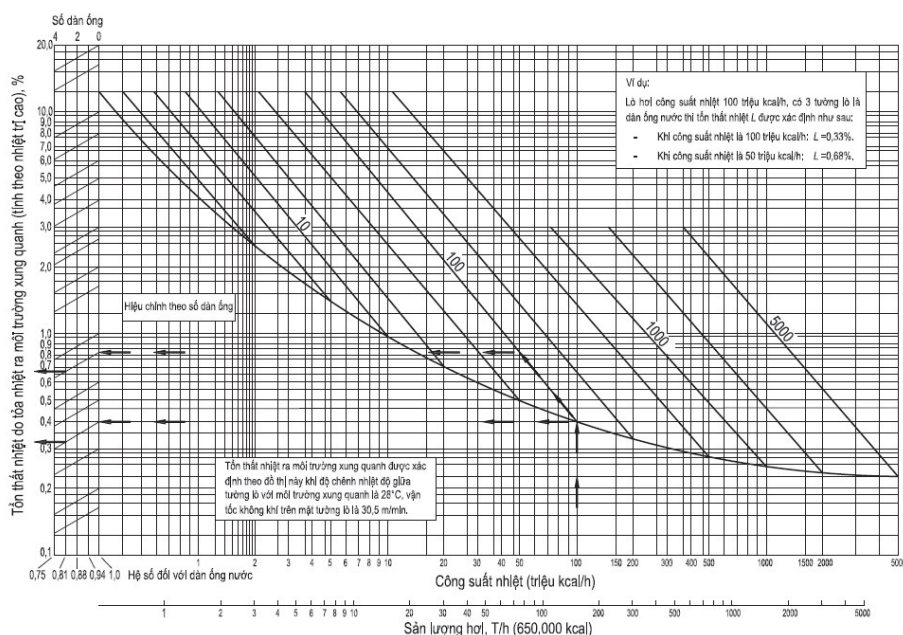
CHÚ THÍCH:

- Khi lựa chọn trong bảng cần đáp ứng điều kiện $a_x + a_b + a_l = 1$
- Đối với nồi hơi đốt dầu và đốt khí thì $q_4 = 0$.
- **Tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh q_5**
- q_5 có thể được xác định bằng việc đo nhiệt độ bề mặt và tính toán như đã được trình bày trong bài giảng chính. Hoặc có thể tra đồ thị trong trường hợp phụ tải định mức. Khi phụ tải hoạt động bé hơn công suất định mức, q_5 tăng lên và được xác định theo công thức :

$$q_5^x = q_5 \frac{D}{D_x} \quad \%$$

- Trong đó D = Phụ tải định mức
- D_x = Phụ tải hoạt động

Phần_4_131



Phần_4_132

Xác định các tổn thất khác

- Tổn thất nhiệt do xỉ mang ra ngoài lò hơi q_6

$$q_6 = \frac{a_x A^{lv} c_x t_x}{Q_t} \%$$

- Trong đó :
- a_x là tỷ lệ độ tro của nhiên liệu phân phối theo đường xỉ
- t_x là nhiệt độ của xỉ thải ra khỏi lò, °C
- c_x là nhiệt dung riêng của xỉ được xác định theo Bảng dưới đây, kJ/kg °C

Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng, kJ/kg °C	Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng, kJ/kg °C	Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng, kJ/kg °C
100	0,805	800	0,957	1500	1,117
200	0,844	900	0,970	1600	1,117
300	0,876	1000	0,983	1700	1,214
400	0,900	1100	0,995	1800	1,214
500	0,915	1200	1,002	1900	1,254
600	0,933	1300	1,004	2000	1,254
700	0,954	1400	1,113		

Quy trình xác định các tổn thất trên công cụ excel

Tổn thất nhiệt do cháy không hết về hóa học q3			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Hàm lượng CO đo được	CO ppm	ppm	300
Hàm lượng CO đo được	CO %	%	0.03
Thể tích khối khô lý thuyết	$V^0_{khô khô}$	m3tc/kg	3.20
Nhiệt trị nhiên liệu	Q^{lv}_t	kJ/kg	12150
Tổn thất nhiệt do cháy không hết về hóa học q3	q3	%	0.1

Tổn thất nhiệt do cháy không hết về cơ học q4			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Tỉ lệ tro bay trong tổng lượng tro	ab	%	10
Tỉ lệ xỉ đáy thải ra ngoài	ax	%	85
Tỉ lệ tro xỉ lọt ghi	al	%	5
Hàm lượng carbon cháy không hết trong tro bay	Cb	%	15
Hàm lượng carbon cháy không hết trong xỉ đáy	Cx	%	10
Hàm lượng carbon cháy không hết trong thành phần lọt	Cl	%	40
Hàm lượng tro trong nhiên liệu	Alv	%	0.15
Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học	Q4	kJ/kg	711.13
Nhiệt trị của nhiên liệu	Q^{lv}_t	kJ/kg	12150.00
Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học	q4	%	5.853

Quy trình xác định các tổn thất trên công cụ excel



Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường q5			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Công suất lò hơi ở phụ tải định mức	D	Tấn hơi/h	10
Công suất đang hoạt động của lò	Dx	Tấn hơi/h	5
Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường ở phụ tải định mức	q5	%	0.5
Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường ở phụ tải hoạt động	q5	%	1

Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường q5 (tính theo đo nhiệt độ các bề mặt)						
Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Mặt trước	Mặt sau	Mặt trái	Mặt phải
Nhiệt độ môi trường	ta	°C	30	30	30	30
Nhiệt độ vỏ lò	tv	°C	52.0	52.0	52.0	52.0
Diện tích	A	m ²	19	19	18	18
Hệ số truyền nhiệt	H	W/m ²	219.1	219.1	219.1	219.1
Lượng nhiệt các bề mặt	Q	W	4,073	4,073	3,948	3,948
Tổng lượng nhiệt bề mặt lò	Qtotal	kW				16
lượng nhiên liệu tiêu thụ	B	kg/h				667
Nhiệt trị thấp của nhiên liệu	Q ^{tr} _t	kJ/kg				12,150
Tổng lượng nhiệt cấp lò	Qc	kW				2,251
Tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh q5	q5	%				0.71

Phần_4_135

Quy trình xác định các tổn thất trên công cụ excel



Tổn thất do xỉ thải ra ngoài			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Tỉ lệ xỉ thải	ax	%	85
Hàm lượng tro trong nhiên liệu	Alv	%	0.15
Nhiệt độ xỉ thải	tx	oC	600
Nhiệt dung riêng xỉ thải	Cx	kJ/kg.oC	0.933
Tổn thất nhiệt do xỉ thải	Q6	kJ/kg	0.71
Nhiệt trị của nhiên liệu	Q ^{tr} _t	kJ/kg	12150
Tổn thất nhiệt do xỉ thải	q6	%	0.01

Hiệu suất lò hơi theo cân bằng thuận			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Áp suất hơi sản xuất ra	P	bar	10
Sản lượng hơi sản xuất ra	D	Tấn/h	10
Lượng nhiên liệu tiêu hao	B	Tấn/h	2.5
Nhiệt trị thấp nhiên liệu	Q ^{tr} _t	kJ/kg	12150
Nhiệt độ nước đầu vào	tn	oC	80
Enthalpy nước đầu vào	hn	kJ/kg	334.88
Enthalpy hơi sản xuất ra (tra bảng)	hh	kJ/kg hơi	2777.5
Lượng nhiệt hữu ích sinh ra	Q1	kJ/h	24426200
Nhiệt lượng đầu vào	Qv	kJ/h	30375000
Hiệu suất lò hơi theo cân bằng thuận	η	%	80.4

Hiệu suất lò hơi theo phương pháp cân bằng nghịch (gián tiếp)			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Tổn thất nhiệt do khói thải	q2	%	8.1
Tổn thất nhiệt do cháy không hết về hóa học	q3	%	0.1
Tổn thất nhiệt do cháy không hết về cơ học	q4	%	5.853
Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường	q5	%	1
Tổn thất do xỉ thải	q6	%	0.01
Hiệu suất lò hơi theo phương pháp cân bằng nghịch	η	%	84.91

Phần_4_136

Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất nhiệt theo khói thải q_2 :

$$q_2 = (m + n\alpha) \left(\frac{t_k - t_{kkl}}{100} \right) \left(1 - \frac{q_4}{100} \right)$$

Trong đó:

t_k - nhiệt độ khói thải, °C

t_{kkl} - nhiệt độ không khí cấp vào lò, °C

α - hệ số không khí thừa

m, n - hệ số tính toán (tra bảng)

q_4 - tổn thất do cháy không hoàn toàn về cơ học, %

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}$$

Loại nhiên liệu	Than nâu và NL sinh khối	Than bitum	Than antraxit	Dầu, khí đốt
m	0,6	0,4	0,3	0,5
n	3,8	3,6	3,5	3,45

Lưu ý: - Tổn thất nhiệt trong TCVN tính theo nhiệt trị thấp
- Hàm lượng O_2 tính theo khối khô.

Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất do cháy không hoàn toàn về hóa học q_3 :

- Xác định theo hàm lượng CO trong khói thải.
- Trị số q_3 được xác định theo bảng sau:

Đại lượng	Đơn vị	Giá trị		
CO	% (ppm)	$CO \leq 0,05$ ($CO \leq 500$)	$0,05 < CO \leq 0,1$ ($500 < CO \leq 1000$)	$CO > 0,1$ ($CO > 1000$)
q_3	%	0,2	0,5	1

- Theo QCVN 19:2009/BTNMT đối với khói thải, hàm lượng CO trong khói thải không được vượt quá $1000 \text{ mg/Nm}^3 = 800 \text{ ppm}$.

Khi khói thải đạt quy chuẩn môi trường thì tổn thất do cháy không hoàn toàn về hóa học $q_3 \leq 0,5\%$.

Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất do cháy không hoàn toàn về cơ học q_4 :

$$q_4 = \frac{326 \left(a_x \frac{C_x}{100 - C_x} + a_b \frac{C_b}{100 - C_b} + a_l \frac{C_l}{100 - C_l} \right) \cdot A^{lv}}{Q_t^{lv}} \cdot 100$$

C_x, C_b, C_l - tỷ lệ phần trăm cacbon trong xỉ, tro bay và than lọt, %

a_x, a_b, a_l - tỷ lệ tro phân phối theo đường xỉ, đường tro bay và than lọt

Phương thức đốt	Chủng loại		
	Xỉ, a_x	Tro bay, a_b	Than lọt, a_l
Ghi dồn cấp	0,75 - 0,85	0,20 - 0,10	0,05
Ghi xích	0,75 - 0,85	0,20 - 0,10	0,05
Ghi có cơ cấu hất than	0,65 - 0,75	0,30 - 0,20	0,05
Lớp sôi	0,50 - 0,60	0,50 - 0,40	-
Phun than	0,10 - 0,20	0,90 - 0,80	-

Phần_4_139

Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất do cháy không hoàn toàn về cơ học q_4 (tiếp)

- Đối với nồi hơi ghi xích và ghi dồn cấp (ghi bậc thang), tỷ lệ tro phân phối chủ yếu trong xỉ → có thể bỏ qua tro bay.
- Đối với nồi hơi tầng sôi, tỷ lệ tro phân phối theo đường xỉ và tro bay gần như tương đương → cần phân tích thêm mẫu tro bay.
- Để đơn giản hóa, có thể tính như sau:

- Đối với lò đốt ghi:

$$q_4 = \frac{326 \cdot A^{lv} \cdot C_x}{(100 - C_x) \cdot Q_t^{lv}} \cdot 100$$

- Đối với lò tầng sôi:

$$q_4 = \frac{163 \cdot A^{lv}}{Q_t^{lv}} \cdot \left(\frac{C_x}{100 - C_x} + \frac{C_b}{100 - C_b} \right) \cdot 100$$

Phần_4_140

Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường q5

Công suất định mức của nồi hơi	t/h	≤ 4	6	10	15	20	35	≥ 65
Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh $q_{5, dm}$	%	2,9	2,4	1,7	1,5	1,3	1,1	0,8

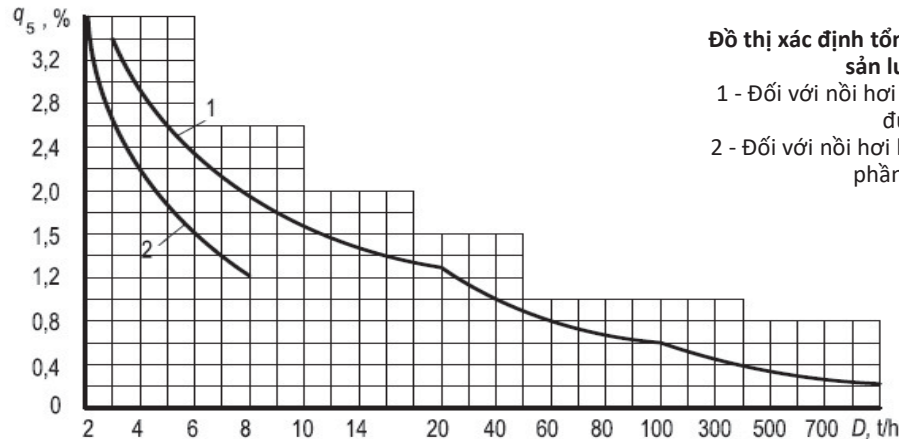
- Trường hợp phụ tải trong vận hành thực tế của nồi hơi thấp hơn 75% công suất định mức:

$$q_5 = q_{5, dm} \frac{D_{dm}}{D_{tt}}$$

D_{dm} là công suất định mức của nồi hơi, t/h
 D_{tt} là phụ tải vận hành thực tế của nồi hơi, t/h

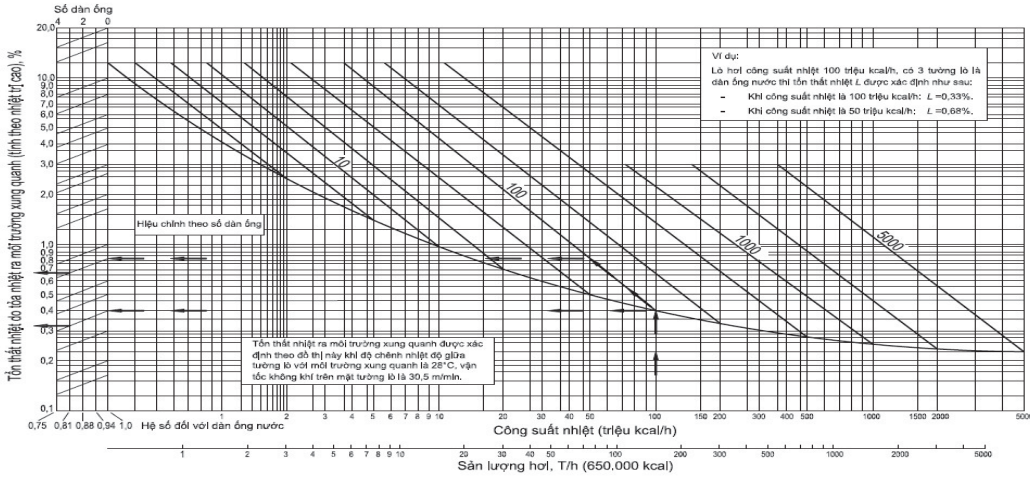
Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường q5 (tra đồ thị)



Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường q₅ (tra đồ thị)



Phần_4_143

Xác định hiệu suất bằng tính nhanh theo tiêu chuẩn

Tổn thất nhiệt độ theo xỉ thải ra khỏi lò q₆

$$q_6 = \frac{a_x A^{lv} c_x t_x}{Q_t^{lv}}$$

Trong đó:

a_x là tỷ lệ độ tro của nhiên liệu phân phối theo đường xỉ

- Nồi hơi đốt trên ghi: $a_x = 1$ (gần đúng)
- Nồi hơi tầng sôi: $a_x = 0,5$ (gần đúng)

t_x là nhiệt độ của xỉ thải ra khỏi lò, °C

- Nồi hơi đốt trên ghi: $t_x = 600^\circ\text{C}$
- Nồi hơi tầng sôi: $t_x = 800^\circ\text{C}$
- Hoặc đo thực tế nhiệt độ xỉ thải trước khi làm nguội)

c_x là nhiệt dung riêng của xỉ (Bảng 5.3-TCVN 8630:2018), kJ/kg °C

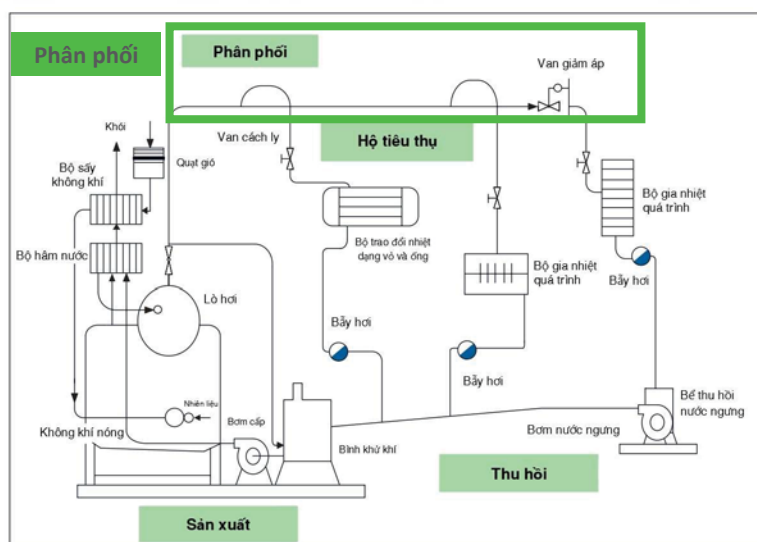
Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng, kJ/kg °C	Nhiệt độ, °C	Nhiệt dung riêng, kJ/kg °C
100	0,805	800	0,957
200	0,844	900	0,970
300	0,876	1000	0,983
400	0,900	1100	0,995
500	0,915	1200	1,002
600	0,933	1300	1,004
700	0,954	1400	1,113

Phần_4_144

Phần 5: Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Phân phối

- Rò rỉ hơi nước
- Tổn thất do truyền nhiệt qua vật liệu cách nhiệt

Phần_5_1



Hệ thống hơi nước tổng quát

Phần_5_2

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

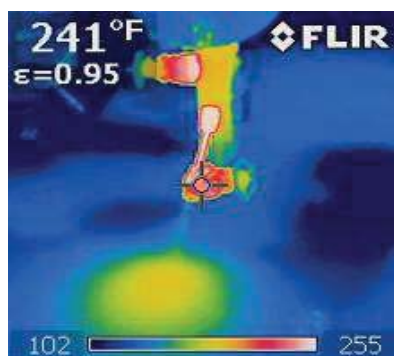
Rò rỉ hơi nước

- Quan điểm của người vận hành – “Rò rỉ hơi nước là một yếu tố thiết yếu trong hệ thống của tôi, nếu tôi không nghe hoặc nhìn thấy chúng, tôi không thể biết liệu hệ thống hơi nước của mình có đang hoạt động hay không!”
- Quan điểm tối ưu hệ thống hơi: **Rò rỉ hơi nước là tổn thất!**



Phần_5_3

Rò rỉ hơi nước



- Rò rỉ hơi nước xảy ra ở khắp mọi nơi nhưng phổ biến nhất là những nơi như:
 - Mặt bích và khớp nối đệm
 - Phụ kiện ống
 - Van – thân và đệm kín
 - Bẫy hơi
 - Van an toàn
 - Sự cố đường ống, v.v.
- Ước tính tổn thất hơi nước theo “mức độ lớn” có thể cung cấp đủ thông tin để xác định xem việc sửa chữa có phải được thực hiện ngay lập tức hay không, trong thời gian ngừng hoạt động trong tương lai hay trực tuyến
- Sự cố đường ống (rò rỉ hơi nước) thường gây ra “vấn đề an toàn” cần được chú ý ngay lập tức

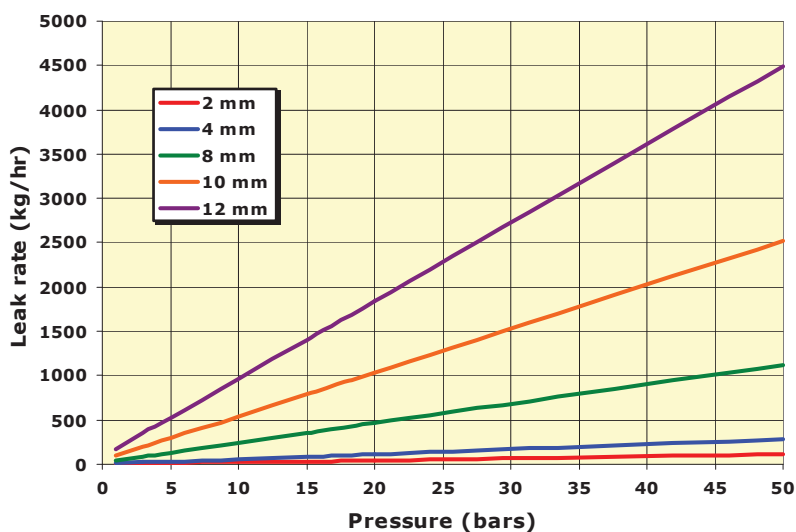
Phần_5_4

Rò rỉ hơi nước



- Phương pháp xác định ảnh hưởng kinh tế của rò rỉ hơi nước
 - Sử dụng mô hình dựa trên MEASUR
 - Dựa trên thực nghiệm và quan sát – chiều cao chùm tia
 - Đo và tính toán dựa trên phương trình lưu lượng tới hạn – phương trình Napier
 - Đo hiện trường bằng ống pitot
 - Kỹ thuật siêu âm, dụng cụ và giao thức (tiêu chuẩn) của nhà sản xuất cụ thể dựa trên
 - Các phương pháp cân bằng hệ thống hoặc thiết bị khác
- Rò rỉ nước ngưng có thể được đo bằng phương pháp đồng hồ bấm giờ và thùng chứa

Phần_5_5



Rò rỉ hơi nước

Phần_5_6

Rò rỉ hơi nước

- Phương trình lưu lượng tới hạn của Napier

$$m_{steam} = 0,695 \times A_{orifice} \times P_{steam}$$

- Phương trình này có giá trị cho
 - Điều kiện của lưu lượng tới hạn: Áp suất khô thải $< 0,51 \times P_{steam}$
 - Hệ số xả = 0,6
 - $A_{orifice}$ là diện tích của lỗ tiết lưu (hoặc rò rỉ) tính bằng mm^2
 - P_{steam} là áp suất hơi tính bằng bar (tuyệt đối)
- Chi phí rò rỉ hơi nước có thể được xác định bằng cách nhân tỷ lệ rò rỉ với chi phí đơn vị hơi nước

Phần_5_7

Ví dụ về hệ thống hơi

- Phát hiện rò rỉ hơi nước ở lỗ có đường kính ~4 mm trên ống góp 2 bar. Ước tính chi phí rò rỉ hơi nước.

- Phương trình lưu lượng tới hạn của Napier

$$m_{steam} = 0,695 \times A_{orifice} \times P_{steam}$$

$$m_{steam} = 0,695 \times 12,56 \times 3 = 26,2 \text{ kg/h}$$

- Chi phí đơn vị hơi nước: \$93,72 trên 1.000 kg

$$\text{Chi phí rò rỉ} = m_{steam} \times \kappa_{steam}$$

$$\text{Chi phí rò rỉ} = \frac{26,2 \times 93,72 \times 8.760}{1.000} \approx \$21.500/\text{yr}$$

Phần_5_8

Modification Name

Steam Leak

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☐ Adjust Boiler Operations

☐ Adjust Condensate Handling

☐ Adjust Heat Loss Percentages

☒ Adjust Steam Demand/Usage

☐ Adjust High Pressure Steam Usage

☐ Adjust Medium Pressure Steam Usage

☒ Adjust Low Pressure Steam Usage

Baseline

Steam Usage

70 t/hr

Modifications

Steam Usage

69.9738

t/hr

Đánh giá rò rỉ
hơi nước trên
MEASUR

Phần_5_9

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	Steam Leak	
Percent Savings (%)	—	—	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,415,227.6	
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$110,380,690	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000	
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	640,232.7	
Water Cost (\$/yr)	422,638	422,554	
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2	
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.6	
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	91.7	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2	
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.1	
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	222,041.8	
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	43.07	
Annual Cost (\$)	115,204,737	115,183,243	
Annual Savings (\$)	—	21,494	

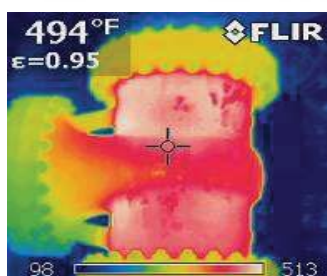
Đánh giá rò rỉ
hơi nước trên
MEASUR

Phần_5_10

Những điểm chính / Mục cần hành động

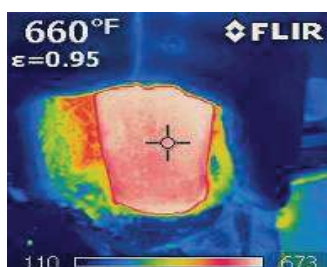
1. Rò rỉ hơi nước xảy ra ở tất cả các nhà máy và chương trình quản lý rò rỉ hơi cải tiến liên tục nên được thực hiện trong các nhà máy công nghiệp
2. Ước tính tổn thất hơi nước theo “mức độ lớn” có thể cung cấp đủ thông tin để xác định xem việc sửa chữa có phải được thực hiện ngay lập tức hay không, trong thời gian ngừng hoạt động trong tương lai hay trực tuyến

Phần_5_11

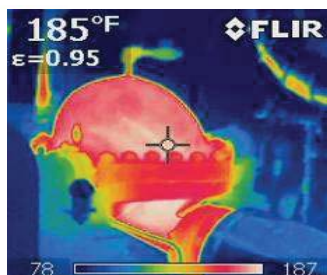


Bảo ôn hệ thống hơi nước

- Tại sao cần bảo ôn cho hệ thống hơi nước?
 - An toàn con người – nhiệt độ cao
 - Giảm thiểu tổn thất năng lượng
 - Bảo vệ khỏi điều kiện môi trường xung quanh
 - Bảo toàn tính toàn vẹn của hệ thống
- Các khu vực điển hình có cơ hội cải thiện khả năng bảo ôn
 - Ống góp phân phối
 - Dọc theo đường đi người kiểm tra
 - Van
 - Đường ống nước ngưng hồi về
 - Thiết bị tiêu thụ cuối
 - Bể chứa, bình chứa, v.v.



Phần_5_12



Bảo ôn hệ thống hơi nước

- Có một số lý do khiến lớp bảo ôn bị hư hỏng hoặc mất và do đó, có cơ hội tiết kiệm năng lượng trong khu vực cách nhiệt
 - Mất lớp bảo ôn do hoạt động bảo trì
 - Lớp bảo ôn bị thiếu / hư hỏng do lạm dụng
 - Lớp bảo ôn bị hư hỏng do tai nạn
 - Sự hao mòn thông thường của lớp bảo ôn do điều kiện môi trường xung quanh
 - Van và các bộ phận khác không được bảo ôn



Phần_5_13



Bảo ôn hệ thống hơi nước

- Một số dụng cụ, phần mềm và dữ liệu cơ bản cần thiết để định lượng tác động kinh tế của bảo ôn
 - Camera đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Súng đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Thước dây
 - Phần mềm đánh giá bảo ôn 3E Plus
 - Thông tin vận hành
 - Số giờ mỗi năm
- Điều kiện môi trường xung quanh
 - Nhiệt độ
 - Gió

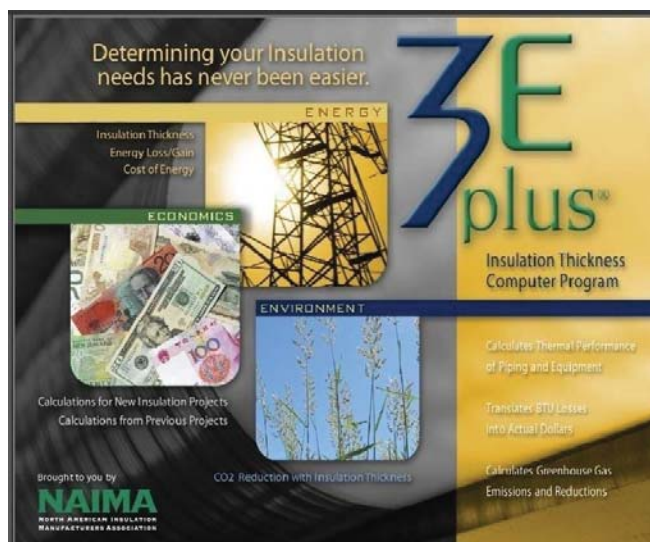


Phần_5_14

Công cụ tính lớp cách nhiệt – 3EPlus

- Hiệp hội các nhà sản xuất vật liệu cách nhiệt Bắc Mỹ (NAIMA) đã phát triển 3EPlus - xác định độ dày cách nhiệt tối ưu cho nhiều loại vật liệu cách nhiệt
- Kết quả đầu ra của phần mềm bao gồm:
 - Tổn thất truyền nhiệt bề mặt
 - Nhiệt độ bề mặt cách nhiệt
 - Hoàn vốn giản đơn của một dự án cách nhiệt

Phần_5_15



Phần mềm đánh giá cách nhiệt

- Chương trình miễn phí có sẵn từ NAIMA
- Energy (Năng lượng)
 - Tổn thất nhiệt
 - Tác động của chi phí
- Environment (Môi trường)
- Economic Insulation Thickness (Tính kinh tế của độ dày của lớp cách nhiệt)
 - Phân tích chi phí vòng đời

Phần_5_16



3EPlus có sẵn TRỰC TUYẾN

<https://www.3eplus.org>

Make the Easy Choice

Determining the appropriate amount of insulation can be tricky. But we're making it easy. Calculating thickness is a critical part of the success or failure of an insulation system. And with 3E Plus®, you calculate what you need—where you need it.

Our new, innovative, game-changing software ensures accuracy with customizable inputs for every aspect of your job. Insulation selections are based on K-values from ASTM material standards. We also

Energy. Calculate energy reduction and cost savings from insulating mechanical systems.

Economics. Calculate the most cost-effective thickness for any application.

Environment. Quantify the operational emission reductions from insulating mechanical systems for your decarbonization goals.

Phần_5_17

Phiên bản trực tuyến 3EPlus

Insulation Details

System Application: Pipe - Horizontal | Dimensional Convention: ASTM C 565 Rigid | Pipe Size: 150

Insulation Layers

Type	Name	Thickness
Base Metal	Steel	
Insulation 1	Calcium Silicate BLK+PIPE, Type L...	Varied
Jacket Material	0.9 - All Service Jacket	

Insulation Preview

Calculations

Heat Loss Per Year: 8760

Annual Temp: 25 °C | Process Temp: 275 °C | Wind Speed: 0 m/s

Results

Test-Default

Insulation Thickness (mm)	Surface Temp (°C)	Heat Flow (kW/m)	Efficiency (%)
80.0	274.2	23902	-
110.0	101.8	3609	18.2
210.0	71.4	3347	87.71
40.0	58.1	2456	90.84
40.0	49.8	1937	92.84
65.0	45.2	1647	93.63
80.0	42	1463	94.37
90.0	39.1	1289	95.03
100.0	37.4	1186	95.43
115.0	36	1103	95.78
125.0	34.9	1035	96.01
140.0	33.9	976	96.23
160.0	33.2	930	96.42
165.0	32.5	898	96.58
170.0	31.9	862	96.72
190.0	31.4	820	96.84
200.0	31	791	96.96
210.0	30.6	766	97.06
220.0	30.3	743	97.14
240.0	30	722	97.22
250.0	29.7	702	97.29

Phần_5_18

<https://www.3eplus.org>



Ví dụ về hệ thống hơi nước – Thiếu lớp cách nhiệt

- Một phần dài 10 m của ống góp hơi 10 bar được quan sát là không cách nhiệt
 - Đường kính danh nghĩa 25,4 cm
 - Nhiệt độ hơi nước là ~ 362°C
- Ước tính ảnh hưởng kinh tế của cách nhiệt

Phần_5_19

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

3E Plus v4.0

File Edit Units Help

< Back Calculate

ENERGY ENVIRONMENT ECONOMICS OPTIONS

ENERGY

INSULATION THICKNESS
Surface Temperatures
Condensation Control
Personnel Protection

COST OF ENERGY
Bare and Insulated Surfaces

Insulation Thickness

Item Description: 10 bar header from HP-LP Turbine

System Application: Pipe - Horizontal

System Units: ASTM C585

Calculation Type: Heat Loss Per Hour

Process Temp: 362 °C

Ambient Temp: 20 °C

NPS Pipe Size: 250

Wind Speed: 1.0 m/s

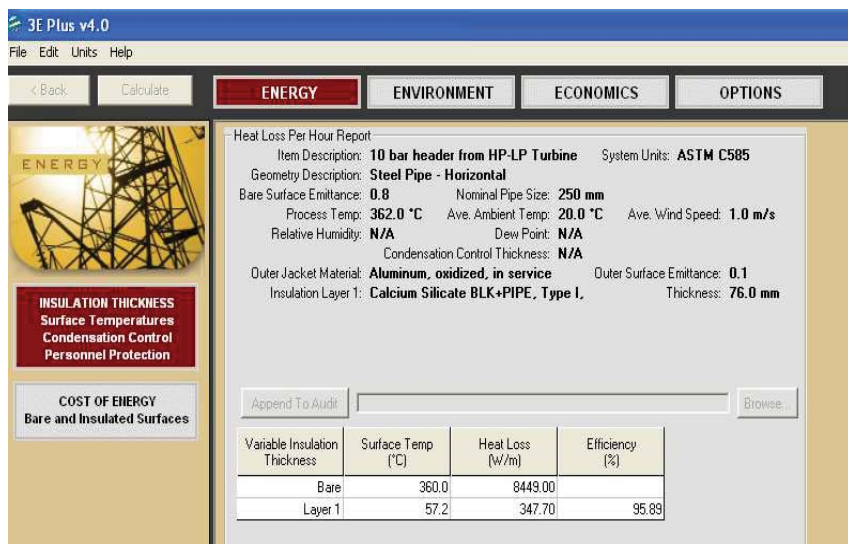
Insulation Layers

Add Delete

#	Type	Name	Lock	Thickness, mm
	Base Metal	Steel		
1	Insulation	Calcium Silicate BLK+PIPE, Type I, C533-07	Fix	76
	Jacket Material	0.1 Aluminum, oxidized, in service		

Đánh giá lớp cách nhiệt

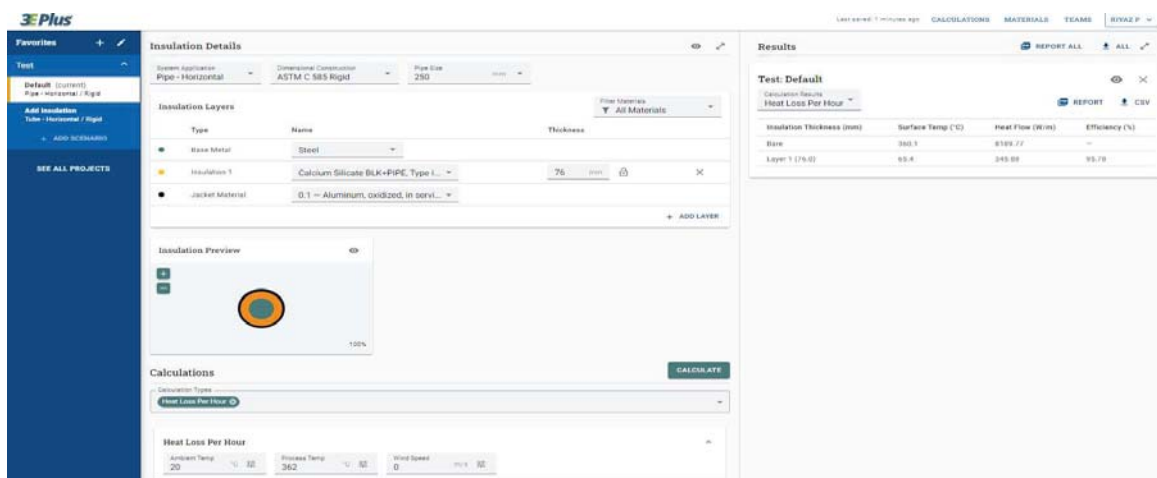
Phần_5_20



Đánh giá lớp cách nhiệt

Phần_5_21

Đánh giá lớp cách nhiệt (Phiên bản trực tuyến 3EPlus)



Phần_5_22

Đánh giá lớp cách nhiệt

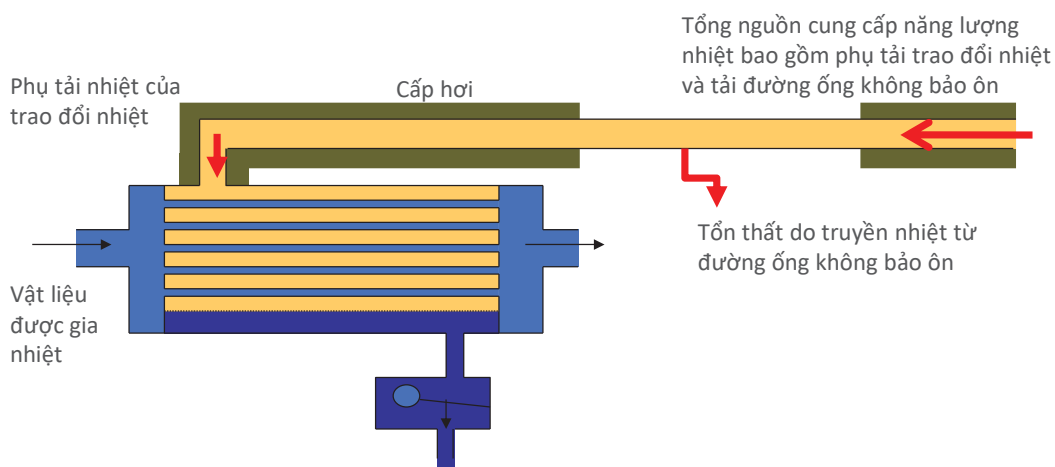
$$Q_{saved} = (8.190 - 346) \times 10 = 78,5 \text{ kW}$$

$$Fuelsaved = 78,5 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \times 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \times 8.760 \frac{\text{hr}}{\text{năm}} \times \frac{1}{0,80} = 3.094 \frac{\text{GJ}}{\text{năm}}$$

$$Savings = 3.094 \frac{\text{GJ}}{\text{năm}} \times 25,0 \frac{\$}{\text{GJ}} = 77.350 \frac{\$}{\text{năm}}$$

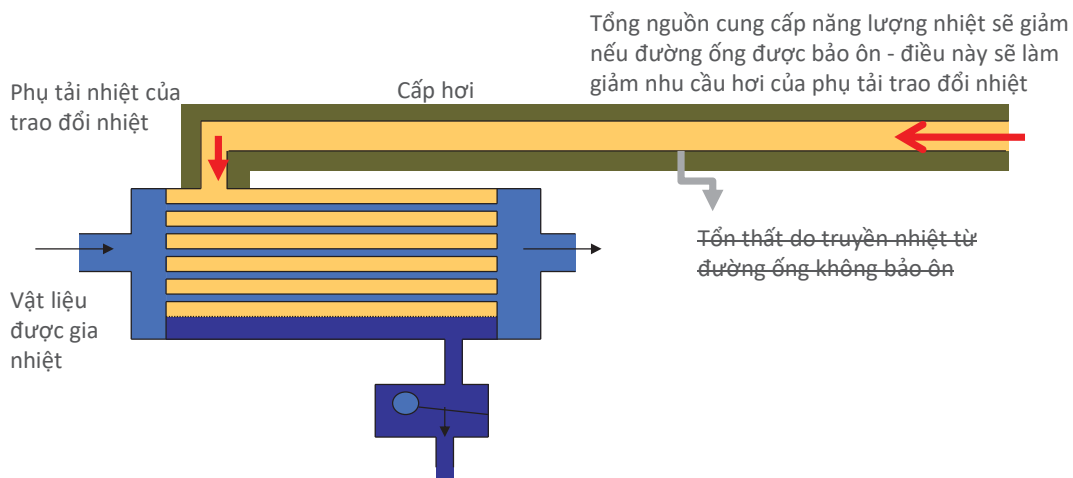
Phần_5_23

Nhu cầu về hơi nước tương đương



Phần_5_24

Nhu cầu về hơi nước tương đương



Phần_5_25

Tổn thất năng lượng được chuyển thành tổn thất hơi nước

- Nếu tác động năng lượng được thực hiện “với chi phí hơi nước”:

$$Q_{\text{saved}} = (8.190 - 346) \times 10 = 78,5 \text{ kW}$$

MARGINAL STEAM COST	
High Pressure	\$93.89 /t
Medium Pressure	\$93.89 /t
Low Pressure	\$93.72 /t

Phần_5_26

Location	Temperature [°C]	Specific Volume [m³/kg]	Enthalpy [kJ/kg]	Quality [%]	Pressure [bar(g)]
Steam	362	0.26130	3,181.0	****	10.00
Saturated vapor	184	0.17730	2,781.0	100.0	10.00
Saturated liquid	184	0.00113	781.5	0.0	10.00

Tổn thất năng lượng được chuyển thành tổn thất hơi nước

$$m_{steam} = \frac{Q_{saved}}{(h_{steam} - h_{condensate})}$$

$$m_{steam} = \frac{78,5}{(3.181 - 781,5)}$$

$$m_{steam} = 0,0327 \frac{kg}{s} = 117,8 \frac{kg}{h}$$

Phần_5_27

Tổn thất năng lượng được chuyển thành tổn thất hơi nước

$$\sigma_{savings} = m_{steam} \times k_{steam}$$

$$\sigma_{savings} = 117,8 \times \frac{93,89}{1.000} = 11,06 \frac{\$}{h}$$

$$\sigma_{savings} = 11,06 \times 8.760 = \sim 97.000 \frac{\$}{năm}$$

Nếu chi phí hơi nước được tính đến

- Việc giảm nhu cầu hơi nước của MEASUR cũng có thể được sử dụng

Phần_5_28

Đánh giá lớp cách nhiệt bằng MEASUR

SELECT POTENTIAL ADJUSTMENT PROJECTS

Select potential adjustment projects to explore opportunities to increase efficiency and the effectiveness of your system.

Add New Scenario

Modification Name

Insulation

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☐ Adjust Boiler Operations

☐ Adjust Condensate Handling

☐ Adjust Heat Loss Percentages

☒ Adjust Steam Demand/Usage

Baseline

Steam Usage

40 t/hr

Modifications

Steam Usage

39.8785 t/hr

☐ Adjust High Pressure Steam Usage

☒ Adjust Medium Pressure Steam Usage

☐ Adjust Low Pressure Steam Usage

RESULTS

SANKEY

	Baseline	Insulation
Percent Savings (%)	—	—
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,412,103.6
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$110,302,591
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	639,765.3
Water Cost (\$/yr)	422,638	422,245
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.4
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	91.7
Vent Losses (GJ/yr)		
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	221,884.69
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	200.17
Annual Cost (\$)	115,204,737	115,104,836
Annual Savings (\$)	—	99,901

3E Plus v4.0

File Edit Units Help

ENERGY

ENVIRONMENT

ECONOMICS

OPTIONS

ECONOMICS

THICKNESS CALCULATIONS
New Project

THICKNESS CALCULATIONS
Previous Project

Cost and Thickness Data

Surface Number: 17Pipe Size: 250

Single Layer

Thick	Cost
25	0.00
38	17.04
51	20.65
64	24.46
76	27.72
102	34.75

Double Layer

Thick	Cost
76	31.15
102	39.75
127	48.60
152	57.24
0	0.00
0	0.00

Triple Layer

Thick	Cost
152	63.74
178	75.49
203	87.73
229	99.47
254	110.71
0	0.00

< Back

Next >

Calculate

Đánh giá lớp cách nhiệt

3E Plus v4.0

File Edit Units Help

< Back Calculate

ENERGY ENVIRONMENT ECONOMICS OPTIONS

ENVIRONMENT

CO₂, NO_x & CE REDUCTION Emission Reduction Table

Pollutant Reduction:

Item Description: **10 bar header from HP-LP Turbine** System Units: **ASTM C585**

Geometry Description: **Steel Pipe - Horizontal**

Bare Surface Emittance: **0.8** Nominal Pipe Size: **250 mm**

Process Temp: **362.0 °C** Ave. Ambient Temp: **20.0 °C** Ave. Wind Speed: **1.0 m/s**

Fuel: **Natural Gas** Heat Content: **4.0144E+07 J/m³**

Fuel Cost: **1 \$/m³** Efficiency: **80%** Hours/Year: **8760**

Outer Jacket Material: **Aluminum, oxidized, in service** Outer Surface Emittance: **0.1**

Insulation Layer 1: **Calcium Silicate BLK+PIPE, Type I,** Thickness: **76.0 mm**

Append To Audit: Browse...

Variable Insulation Thickness	CO ₂ (kg/m/yr)	NO _x (kg/m/yr)	CE (kg/m/yr)
Bare	16690.000	33.470	4547.000
Layer 1	686.618	1.377	187.089

Đánh giá lớp cách nhiệt

Phần_5_31

Các vấn đề cách nhiệt phổ biến

- Mất lớp cách nhiệt do hoạt động bảo trì
- Mất cách nhiệt do lạm dụng
- Cách nhiệt bị hư hỏng
- Van và các bộ phận khác không được cách nhiệt

Phần_5_32

Đánh giá cách nhiệt cho hệ thống không đồng phát

- Hệ thống hơi nước chỉ cung cấp năng lượng nhiệt (không đồng phát) chi phí hơi nước về cơ bản là chi phí nhiên liệu chia cho hiệu suất lò hơi
- 3E-Plus có thể được sử dụng trực tiếp để tính toán mức tiết kiệm cách nhiệt cho các hệ thống không đồng phát

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Có nhiều nguyên nhân khiến lớp cách nhiệt bị hư hỏng hoặc thiếu
2. Những khu vực này dẫn đến tổn thất năng lượng đáng kể và chương trình đánh giá (kiểm toán) loại cách nhiệt cải tiến liên tục cần được thực hiện trong các nhà máy công nghiệp
3. Một số thiết bị cơ bản, mô hình truyền nhiệt và dữ liệu xử lý được yêu cầu để định lượng tác động kinh tế của lớp cách nhiệt bị thiếu hoặc hư hỏng

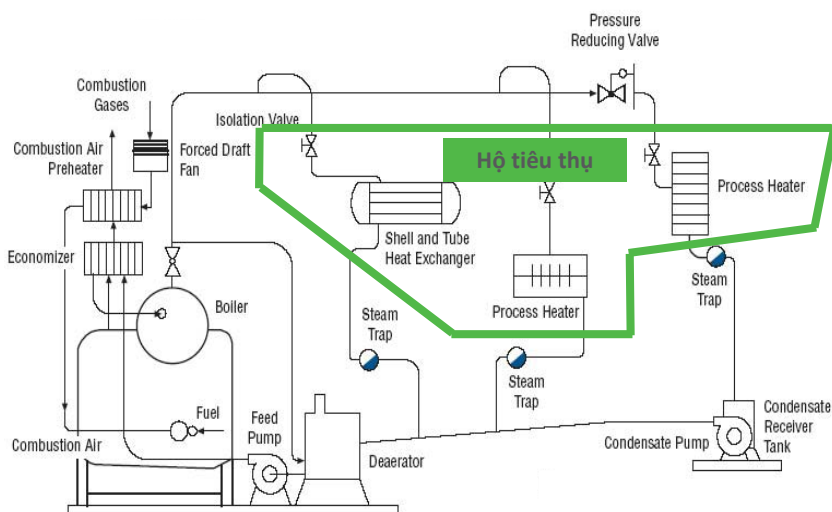
Những kinh nghiệm thực hiện tốt nhất (Common BestPractices) – Phân phối

- Sửa chữa rò rỉ hơi nước
- Giảm thiểu hơi thoát ra ngoài
- Đảm bảo rằng đường ống, van, phụ kiện và bình chứa của hệ thống hơi nước được cách nhiệt tốt
- Cô lập hơi nước khỏi các đường ống không sử dụng
- Giảm thiểu dòng chảy qua trạm giảm áp
- Giảm sụt áp trong ống góp
- Xả nước ngưng từ các ống góp hơi

Phần 6.1: Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Nhu cầu hơi nước (Hệ tiêu thụ)

- Nhu cầu hơi nước (Hệ tiêu thụ)
- Các dự án tiết kiệm nhu cầu hơi nước MEASUR

Phần_6_1



Hệ thống hơi nước tổng quát

Phần_6_2

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Nhu cầu hơi nước

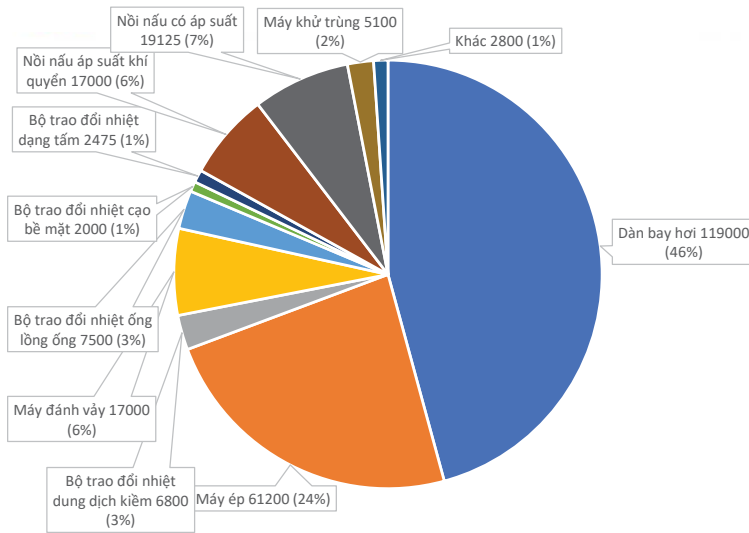
- Nhu cầu về hơi nước có nhiều hình thức khác nhau
- Giảm tiêu thụ hơi nước thường có thể mang lại cơ hội giảm năng lượng đáng kể nhất
 - Loại bỏ việc sử dụng hơi nước không phù hợp
 - Giảm thiểu việc sử dụng hơi nước phù hợp
- Tuy nhiên, rất khó để bao quát các hệ tiêu thụ cụ thể cho các quy trình công nghiệp trong một nhóm chung.
 - Do đó, các phương pháp chung sẽ được mô tả và cung cấp các công cụ để nắm bắt và định lượng nhu cầu tiết kiệm hơi nước

Phần_6_3

Một số hệ tiêu thụ hơi phổ biến

- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| • Tháp chưng cất | • Ống/ Vòi phun hơi |
| • Bộ sấy | • Tháp chưng cất |
| • Dàn bay hơi | • Máy nén nhiệt |
| • Bộ trao đổi nhiệt | • Máy làm lạnh hấp thụ |
| • Nồi chưng cất | • Máy tạo độ ẩm |
| • Máy định hình | • Dàn sấy/ tái nhiệt không khí |

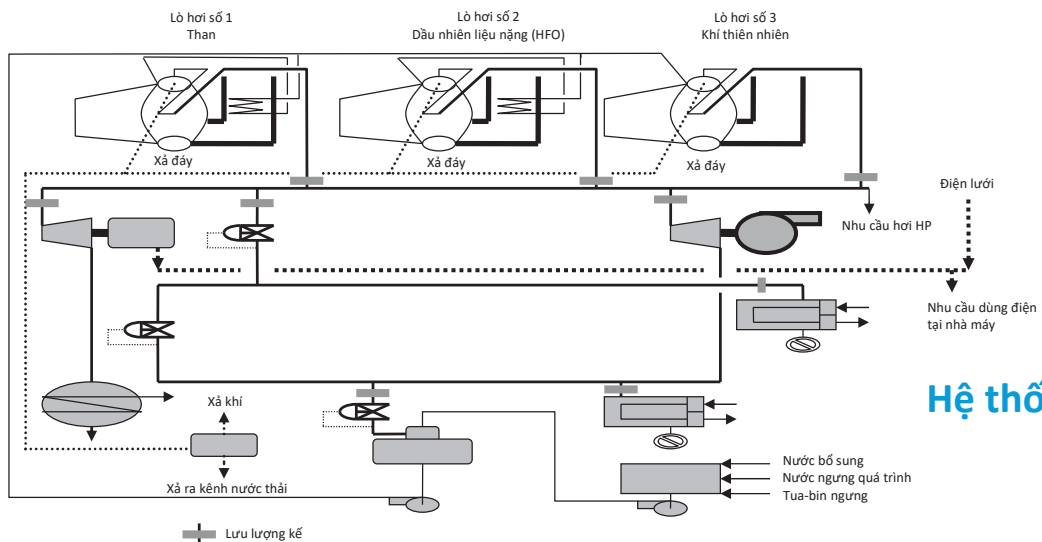
Phần_6_4



Biểu đồ phân phối hơi cho các hệ tiêu thụ*

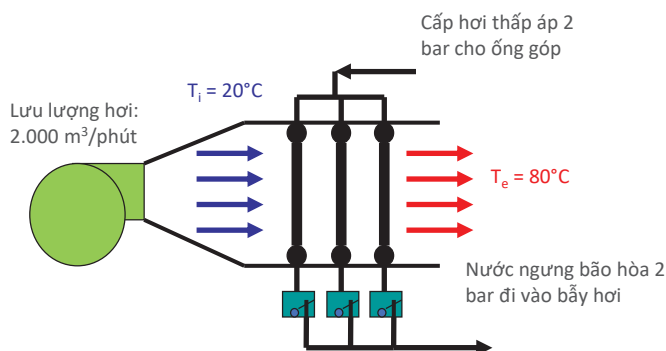
* Thực phẩm & Đồ uống – Nước ép & rau quả

Phần_6_5



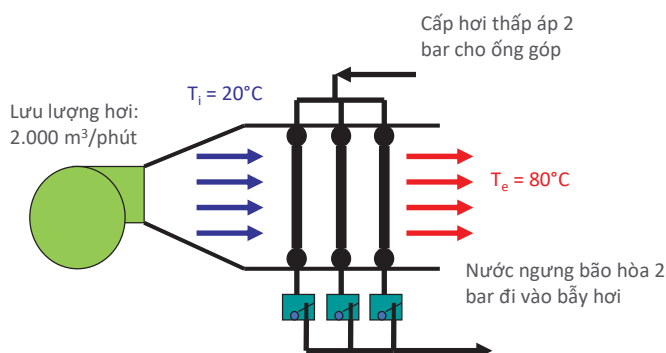
Hệ thống hơi

Phần_6_6



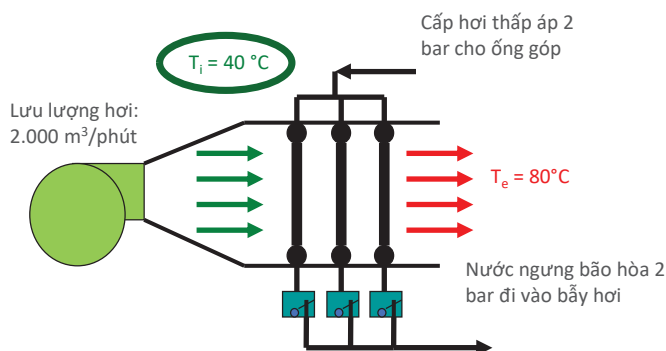
Ví dụ về nhu cầu hơi nước (Sấy không khí)

- Một quá trình đòi hỏi không khí phải được làm nóng đến 80°C
- Không khí bên ngoài hiện đang được cung cấp cho lò xử lý



Ví dụ về nhu cầu hơi nước (Sấy không khí)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air}} &= m_{\text{air}} c_{p,\text{air}} (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})_{\text{air}} \\
 Q_{\text{air}} &= 2.000 \times 1,188 \times 1,006 \times (80 - 20) \times \frac{1}{60} \\
 Q_{\text{air}} &= 2.391 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Ví dụ về nhu cầu hơi nước (Sấy không khí)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air}} &= m_{\text{air}} C_{p,\text{air}} (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})_{\text{air}} \\
 Q_{\text{air}} &= 2.000 \times 1,188 \times 1,006 \times (80 - 40) \times \frac{1}{60} \\
 Q_{\text{air}} &= 1.594 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Ví dụ về nhu cầu hơi nước (Sấy không khí)

- Lượng năng lượng tiết kiệm = $2.391 - 1.594 \approx 796 \text{ kW}$

$$\begin{aligned}
 m_{\text{steamsaved}} &= \frac{\text{Lượng năng lượng tiết kiệm}}{(h_{\text{steam}} - h_{\text{condensate}})} \\
 m_{\text{steamsaved}} &= \frac{796}{(3.181 - 561,5)} \times 3.600 \\
 m_{\text{steamsaved}} &= 1.094 \frac{\text{kg}}{\text{h}}
 \end{aligned}$$

- Lượng hơi tiết kiệm = $1.094 \times 8.760 = 9.582 \text{ tấn/năm}$
- Đơn giá sản xuất hơi nước: 93,72 \$/tấn hơi
- Chi phí tiết kiệm hàng năm = 898.000 \$
- Phân tích tương tự này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng Phần tiết kiệm nhu cầu hơi nước trong MEASURE

Modification Name

Steam Demand

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☐ Adjust Boiler Operations

☐ Adjust Condensate Handling

☐ Adjust Heat Loss Percentages

☒ Adjust Steam Demand/Usage

☐ Adjust High Pressure Steam Usage

☐ Adjust Medium Pressure Steam Usage

☒ Adjust Low Pressure Steam Usage

Baseline

Steam Usage

70 t/hr

Modifications

Steam Usage

68.906

t/hr

Đánh giá
MEASUR - Tiết
kiệm nhu cầu
hơi nước

Phần_6_11

RESULTS		SANKEY		HELP	
Baseline		Steam Demand			
Percent Savings (%)				1.0%	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,380,326.3			
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$109,508,157			
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000			
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000			
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	634,994.6			
Water Cost (\$/yr)	422,638	419,096			
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2			
Process Use (GJ/yr)	320.7	317.8			
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	91			
Vent Losses (GJ/yr)					
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	44.7			
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2			
Other Losses (GJ/yr)	35.1	34.8			
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	220,286.61			
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	1,798.25			
Annual Cost (\$)	115,204,737	114,307,254			
Annual Savings (\$)	—	897,483			

Đánh giá
MEASUR - Tiết
kiệm nhu cầu
hơi nước

Phần_6_12

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Có một số hộ tiêu thụ hơi nước trong các nhà máy công nghiệp
2. Thực hiện cân bằng lượng hơi nước của hộ tiêu thụ trong một nhà máy công nghiệp và xác định những hộ tiêu thụ lớn nhất trong nhà máy
3. Giảm lượng hơi nước của hộ tiêu thụ bằng cách
 - Nâng cao độ hiệu quả của quá trình
 - Chuyển nhu cầu hơi sang nguồn nhiệt thải hoặc hơi có áp suất thấp hơn có sẵn trong nhà máy

Phần_6_13

Các thực hành tốt nhất phổ biến – Hộ tiêu thụ

- Giảm mức sử dụng hơi nước trong một quy trình
 - Nâng cao độ hiệu quả của quá trình
 - Chuyển nhu cầu hơi nước sang nguồn nhiệt thải
- Giảm áp suất hơi cần thiết cho quy trình, đặc biệt là trong các hệ thống đồng phát
- Nâng hơi áp suất thấp (hoặc nhiệt thải) để cung cấp cho nhu cầu của quy trình
- Tích hợp quy trình dẫn đến tối ưu hóa năng lượng tổng thể của nhà máy

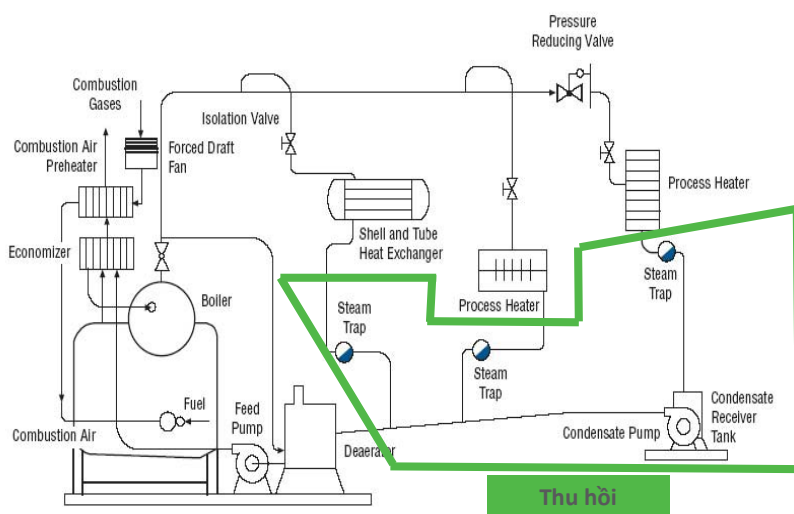
Phần_6_14

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

Phần 6.2: Tối ưu hệ thống hơi – Thu hồi nước ngưng

- Các loại bể hơi
- Phần mềm quản lý bể hơi
- Đánh giá & Tác động kinh tế trên MEASUR
- Đánh giá hệ thống thu hồi nước ngưng
- Bình chứa nước ngưng flash
- Lỗ thông hơi bình ngưng tụ
- Đánh giá & Tác động kinh tế trên MEASUR

Phần_6_15



**Hệ thống hơi
nước chung**

Phần_6_16

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Bẫy hơi

- Bẫy hơi là thiết bị có nhiệm vụ tách nước ngưng ra khỏi hơi để quay về hệ thống và đảm bảo cho quá trình trao đổi nhiệt vẫn tiếp diễn trong thiết bị trao đổi nhiệt một cách liên tục.
- Bẫy hơi đáp ứng một số chức năng vận hành quan trọng cho hệ thống hơi nước
 - Trong quá trình khởi động, chúng cho phép không khí và một lượng lớn nước ngưng thoát ra ngoài
 - Trong quá trình vận hành bình thường, chúng cho phép nước ngưng được thu gom đi vào hệ thống thu hồi nước ngưng, đồng thời giảm thiểu (hoặc loại bỏ) thất thoát hơi nước
- Có nhiều loại bẫy hơi khác nhau và do đó, cần phải hiểu rõ chức năng và nguyên tắc hoạt động
- Tất cả các nhà máy cần có phần mềm quản lý bẫy hơi hiệu quả
- Sự cố bẫy hơi sẽ dẫn đến thất thoát năng lượng trong hầu hết các trường hợp, nhưng chắc chắn chúng sẽ dẫn đến các vấn đề về vận hành hệ thống, các vấn đề về an toàn và độ tin cậy trong mọi trường hợp

Phần_6_17

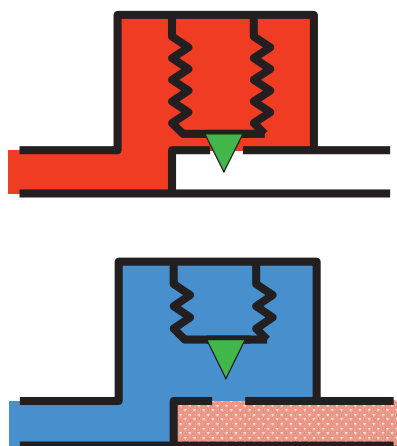
Các loại bẫy hơi

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Bẫy hơi nhiệt tĩnh<ul style="list-style-type: none">• Ống xếp*• Lưỡi kim*• Bẫy hơi cơ học<ul style="list-style-type: none">• Phao• Phao và Đòn bẫy• Gầu ngược*• Gầu hở• Phao và Nhiệt tĩnh* | <ul style="list-style-type: none">• Bẫy hơi nhiệt động<ul style="list-style-type: none">• Đĩa*• Bẫy hơi đồng tiền<ul style="list-style-type: none">• Tấm tiết lưu• Ống Venturi |
|---|--|

*** Thường được sử dụng nhất**

Phần_6_18

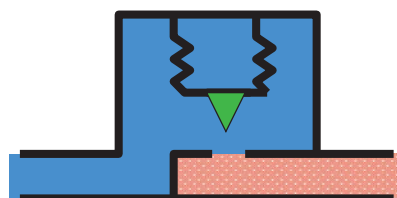




Bẫy hơi nhiệt tĩnh

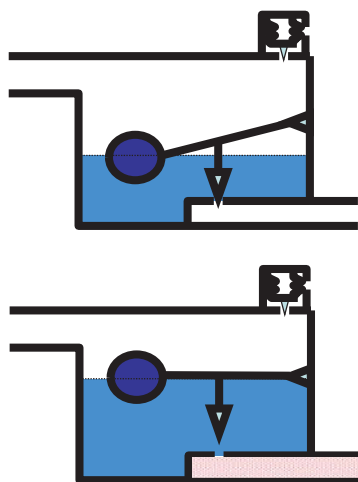
- Phản ứng với những thay đổi nhiệt độ
- Ống xếp hoặc dải lưỡng kim đóng van bằng hơi nước ở nhiệt độ cao
- Khi nước ngưng tụ (thường được quá lạnh) tích tụ – ống xếp co lại và mở van để nước ngưng tụ thoát ra ngoài





Bẫy hơi nhiệt tĩnh

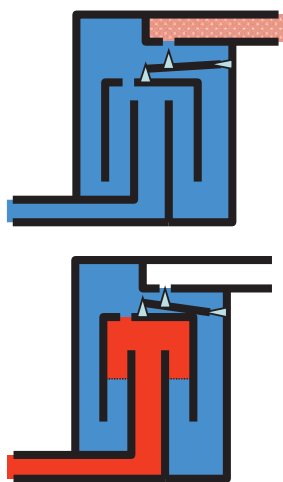
- Mở ra cho nước ngưng quá lạnh
- Tùy thuộc vào độ quá lạnh nó có thể xả nước ngưng hoặc nước ngưng và hơi flash
- Cho phép thu hồi năng lượng từ nước ngưng
- Khả năng loại bỏ không khí rò rỉ



Bẫy phao và ổn nhiệt (F&T)

Bẫy hơi cơ học

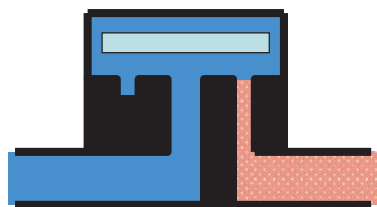
- Mở ra cho nước ngưng bão hòa và/hoặc quá lạnh
- Sẽ xả nước ngưng và hơi flash
- Khả năng loại bỏ không khí và khởi động đáng kể
- Vận hành kiểu điều biến



Bẫy xô ngược (Phao mở)

Bẫy hơi cơ học

- Mở ra cho nước ngưng bão hòa và/hoặc quá lạnh
- Sẽ xả nước ngưng và hơi flash
- Khả năng loại bỏ không khí và khởi động hạn chế
- Ứng dụng với hơi nước quá nhiệt cần được đánh giá
- Hoạt động không liên tục



Bẫy đĩa

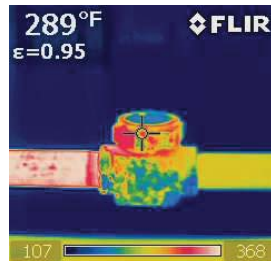
Bẫy hơi nhiệt động

- Hoạt động dựa trên sự khác biệt về động năng (vận tốc) giữa nước ngưng và hơi nước để vận hành van
- Mở ra cho nước ngưng bão hòa
- Sẽ xả nước ngưng và hơi flash
- Hoạt động không liên tục
- Có thể được trang bị bộ phận ổn nhiệt để cải thiện khả năng loại bỏ không khí

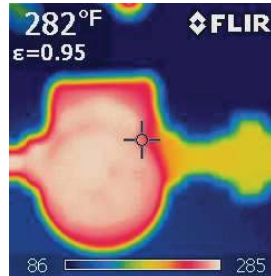
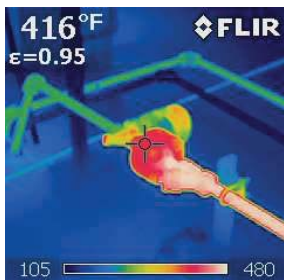


Bẫy hơi đồng tiền

- Không có bộ phận chuyển động
- Hoạt động liên tục
- Ứng dụng phổ biến cho tải ổn định
- Khả năng loại bỏ không khí hạn chế do giới hạn về lỗ thoát khí
- Nó được thiết kế để loại bỏ một lượng nước ngưng xác định
- Nếu không có nước ngưng thì sẽ có một lượng nhỏ hơi nước rò rỉ liên tục

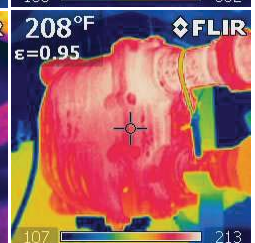
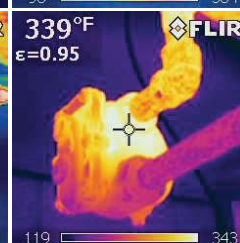
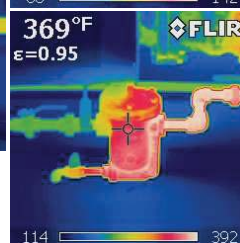
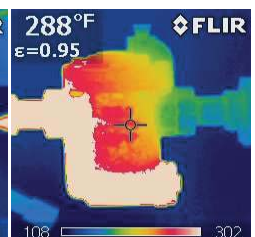
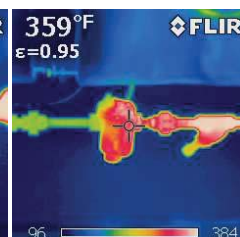
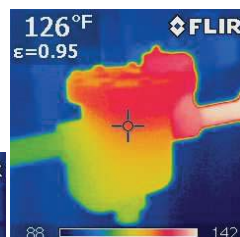
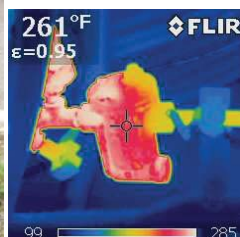


Bẫy hơi tại hiện trường



Phần_6_25

Bẫy hơi tại hiện trường



Phần_6_26

Các sự cố bẫy hơi

- Đã có rất nhiều nghiên cứu trong ngành và một trong những “quy tắc kinh nghiệm” được chấp nhận về mặt thống kê cho rằng hàng năm có khoảng 10% sự cố bẫy hơi.
- Điều này phụ thuộc vào một số yếu tố và cũng có thể theo từng ngành
- Các sự cố chính như:
 - Không đóng được
 - Không mở được
 - Bị rò rỉ một phần hoặc đóng một phần
- Việc mở và đóng không thành công sẽ gây ra tác động lớn nhất đến hệ thống
 - Những sự cố này dễ dàng nhận ra
 - Những sự cố này phải được ưu tiên hàng đầu

Phần_6_27

Kiểm tra bẫy hơi theo hiệu suất

- Có một số phương pháp để điều tra hiệu suất bẫy hơi
 - Trực giác
 - Âm học
 - Nhiệt
- Trong hầu hết các trường hợp, sử dụng duy nhất một phương pháp có thể không thuyết phục – nên áp dụng những phương pháp sau:
 - Kết hợp các phương pháp
 - Cần có thêm thông tin về quy trình hoặc hệ thống
- Công nghệ giám sát trong bẫy (thời gian thực) tiên tiến nhất hiện có đối với một số bẫy hơi

Phần_6_28

Kiểm tra bể hơi theo trực quan

- Giới hạn về khả năng ứng dụng
 - Hầu hết các hệ thống ngưng tụ đều đóng
 - Tính an toàn và thực tiễn hạn chế việc sử dụng phương pháp này
- Cần phải nắm rõ quy trình vận hành và tính ứng dụng của từng bể hơi
 - Gián đoạn
 - Liên tục
- Một số bể có thể thu hồi nước ngưng thông qua hệ thống thu hồi nước ngưng theo tầng – lỗ thông hơi của thiết bị thu hồi nước ngưng trở thành điểm kiểm tra trực quan

Phần_6_29

Kiểm tra bể hơi bằng âm thanh

- Nhiều dụng cụ có sẵn
 - Cái vặn vít
 - Ống nghe
 - Thiết bị siêu âm
- Cần phải nắm chắc quy trình vận hành và tính ứng dụng của từng bể hơi
- Cảm biến siêu âm là thiết thực nhất
- Một số nhà sản xuất có các công cụ ghi nhận âm thanh của dòng hơi đi qua bể và sử dụng thông tin đó để phát hiện lỗi.

Phần_6_30

Kiểm tra bể hơi bằng nhiệt

- Nhiều dụng cụ có sẵn
 - Thanh nhiệt độ
 - Súng đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Camera đo nhiệt độ hồng ngoại
- Cần phải nắm chắc quy trình vận hành và tính ứng dụng của từng bể hơi
- Dữ liệu có thể không thuyết phục
 - Nước ngưng và hơi nước sẽ giảm nhiệt độ khi đi qua lỗ - nên rất khó để xác định liệu bể có bị hỏng không khi mở!

Phần_6_31

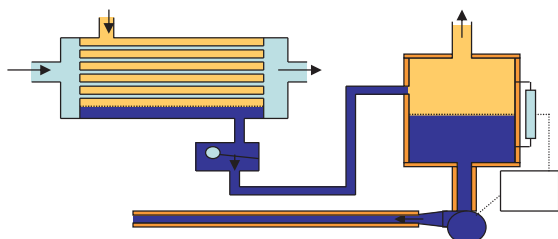
Kiểm tra bể hơi theo thời gian thực tế (SMART)

- Thử nghiệm liên tục bể hơi
- Sử dụng kết hợp các phương pháp
 - Nhiệt
 - Âm học
- Có thể được sử dụng trên các bể hơi quan trọng
- Cho phép thông báo trên DCS, nền tảng web, điện thoại, v.v.
- Có sẵn thông qua một số nền tảng truyền thông



Phần_6_32

Khảo sát bể hơi – Kiểm tra thu hồi nước ngưng



- Nước ngưng có được thu hồi không?
- Có phải nước ngưng được thu hồi vào nồi hơi có năng lượng nhiệt thực tế lớn nhất?
- Hệ thống thu hồi nước ngưng có gây áp lực ngược quá mức lên bể không?
- Hơi flash có áp dụng được không?
- Thiết kế hệ thống thu hồi nước ngưng để đạt hiệu quả cao nhất

Lắp đặt bể hơi

- Mỗi bể phải được lắp đặt đúng cách
- Phải xem xét đến khí không ngưng và khởi động
- Hệ thống thu gom nước ngưng phải được xem xét
 - Cân nhắc về áp suất ngược
 - Cân nhắc nâng cao
 - Xem xét dòng hai pha

Chương trình quản lý bể hơi hiệu quả

- Duy trì cơ sở dữ liệu bể hơi
 - Loại bể, số model, kích thước, v.v.
 - Ứng dụng
 - Mất năng lượng nếu không mở được
 - Sự cố nếu không đóng được
 - Lần sự cố và sửa chữa cuối cùng được ghi lại là khi nào
- Ưu tiên sửa chữa dựa trên ước tính tổn thất và mức độ quan trọng của hệ thống hơi nước và hoạt động sản xuất
- Giám sát hàng ngày lỗi thông hơi của thiết bị gom
- Kiểm tra tất cả các bể ít nhất mỗi năm một lần
- Đào tạo bảo trì bể là cần thiết

Phần_6_35

Phân tích tiết kiệm bể hơi

Chi phí hơi cận biên	
Áp suất cao	93,89\$/t
Áp suất trung bình	93,89\$/t
Áp suất thấp	93,72/t

- Tiến hành kiểm toán bể hơi
 - Sử dụng kích thước lỗ và tính toán lưu lượng rò rỉ hơi
 - Sử dụng Đánh giá MEASUR và tiết kiệm nhu cầu ở từng cấp độ
 - Chi phí cận biên của hơi nước được tính hợp lý cho hệ thống đồng phát

Phần_6_36

Phân tích tiết kiệm bể hơi

Location Number	Location Description	FLOOR LEVEL	Elevation	Manufact	Mod	Orif	Line Size	Pressure	Service	2019 New Comments	Trap Condition	Estimated Steam Loss per year/100	Estimated Dollar Loss per year
139T	WEST OF SOUTH DRY BAY, OVERHEAD	5TH FLOOR	16'	ARMINT	30-B4		1-1/4"	30	DRIP		CP		\$1,500.00
140T	WEST OF SOUTH DRY BAY, OVERHEAD	5TH FLOOR	12'	ARMINT	30-B6		1-1/2"	30	PROCESS		OK		
141T	NW OF SOUTH DRY BAY, OVERHEAD	5TH FLOOR	18'	ARMINT	1811		3/4"	30	DRIP		OK		
142T	NW OF SOUTH DRY BAY, OVERHEAD	5TH FLOOR	18'	ARMINT	30-A3		3/4"	30	PROCESS		VO		
143T	ABOVE VP-766, OVERHEAD	5TH FLOOR	11'	ARMINT	800		3/4"	30	HEATER	HEATER IS IN NORTH DRY BAY	VO		
144T	ABOVE VP-766, OVERHEAD	5TH FLOOR	9'	ARMINT	1811		3/4"	130	DRIP	STRAHMAN STATION IS IN NORTH DRY BAY	OK		
145T	WEST SIDE OF E-306	5TH FLOOR	1'	ARMINT	2010		3/4"	130	DRIP		VO		

Phần_6_37

☒ Adjust Steam Demand/Usage

☒ Adjust High Pressure Steam Usage

Baseline	Modifications
Steam Usage	Steam Usage
20 t/hr	20 t/hr

☒ Adjust Medium Pressure Steam Usage

Baseline	Modifications
Steam Usage	Steam Usage
40 t/hr	40 t/hr

☒ Adjust Low Pressure Steam Usage

Baseline	Modifications
Steam Usage	Steam Usage
70 t/hr	70 t/hr

Đánh giá MEASUR – Phân tích bể hơi

- Làm việc về các bể hơi không mở được và chuẩn bị danh sách các bể hơi bị hỏng ở mỗi cấp áp suất

$$m_{steam} = 0.695 \times A_{orifice} \times P_{steam}$$

Phần_6_38

Điểm chính/Mục hành động

1. Có nhiều loại bể hơi khác nhau và do đó phải hiểu rõ chức năng và nguyên tắc hoạt động của chúng
2. Lỗi bể hơi chủ yếu là chế độ - mở / đóng
3. Phải có một chương trình quản lý bể hơi hiệu quả
4. Có một số công cụ thương mại có sẵn để kiểm tra bể hơi
5. Tiến hành đánh giá bể hơi ít nhất mỗi năm một lần và sửa chữa / thay thế bể bị lỗi
6. Các nhà sản xuất bể hơi là một nguồn tham khảo giá trị

Phần_6_39

Thu hồi nước ngưng

- Nước ngưng được tạo ra sau khi hơi đã truyền toàn bộ nhiệt năng và ngưng tụ thành nước
- Tuy nhiên, nước ngưng chứa một lượng nhiệt đáng kể.
- Mỗi đơn vị nước ngưng được thu hồi tái sử dụng thì đơn vị nước bổ sung sẽ cần ít hơn
- Thu hồi nước ngưng
 - Giảm tiêu thụ năng lượng (hơi yêu cầu) trong thiết bị khử khí
 - Giảm lượng nước bổ sung
 - Giảm hóa chất xử lý nước
 - Giảm khả năng làm nguội nước
 - Có thể giảm xả đáy

Phần_6_40

Thu hồi nước ngưng

- Nước ngưng thường có giá trị
 - Năng lượng
 - Giảm lượng nước bổ sung
 - Điều này thường cải thiện chất lượng nước cấp
 - Kết quả là giảm hiện tượng xả đáy lò hơi
 - Hóa chất
- Chi phí thu hồi nước ngưng thường tập trung vào đường ống của hệ thống thu hồi
 - Thiết bị thu hồi
 - Đường ống thu hồi

Phần_6_41

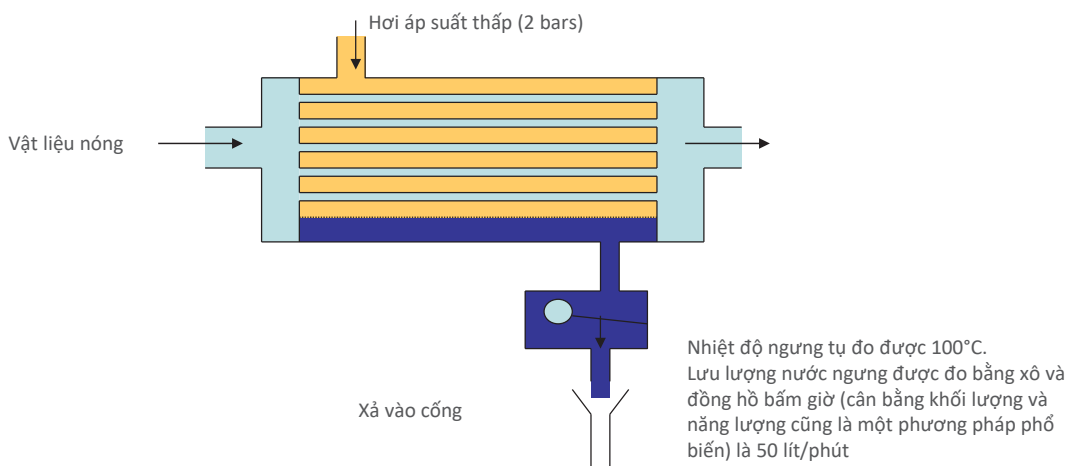
Thu hồi nước ngưng

- Các thiết bị thu hồi nước ngưng phục vụ các “khu vực” có thể giảm chi phí dự án
- Các thiết bị thu hồi nước ngưng và bể chứa flash giúp giảm lượng hơi đi vào đường ống hồi nước ngưng, giảm các vấn đề giới hạn dòng chảy
- Nước ngưng bị ô nhiễm là một vấn đề quan trọng
- Lỗ thông hơi của thiết bị thu hồi là dấu hiệu bẫy hơi bị sự cố
- Cần phải kiểm tra các vấn đề liên quan đến NPSH của máy bơm

Phần_6_42

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

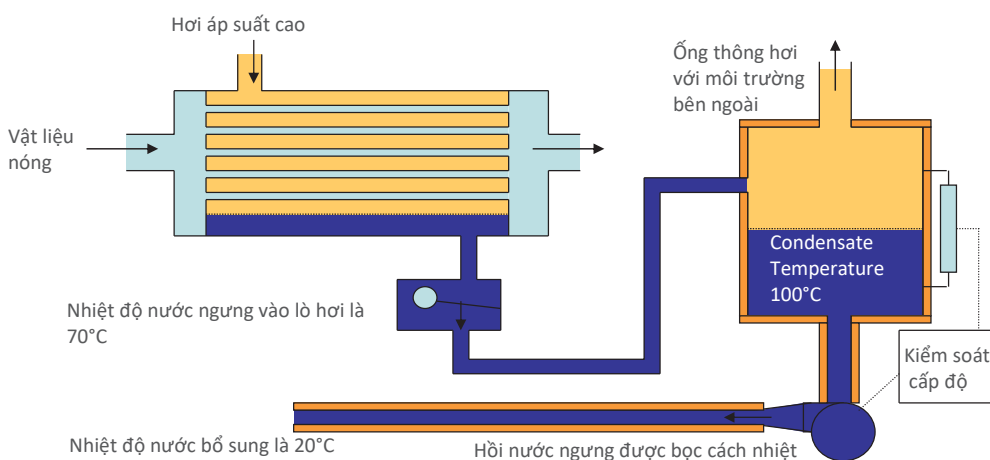
Ví dụ về thu hồi nước ngưng



Phần_6_43

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Ví dụ về nước ngưng hồi về



Phần_6_44

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Ví dụ về nước ngưng hồi về

- Enthalpy của nước ngưng: 293.1 kJ/kg
- Enthalpy của nước bổ sung: 83.9 kJ/kg
- Tỷ lệ lưu lượng nước ngưng: 50 l/s

Từ bảng hơi

$$m_{\text{condensate}} = 50 \times 977.8 \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{60} = 0.81 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{condensate}} = m_{\text{condensate}} \times (h_{\text{condensate}} - h_{\text{makeup}})$$

$$Q_{\text{condensate}} = 0.81 \times (293.1 - 83.9) = 169.5 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{system}} = Q_{\text{condensate}} \times \frac{1}{\eta_{\text{boiler}}} = 169.5 \times \frac{1}{0.80} = 212 \text{ kW}$$

$$\text{Năng lượng tiết kiệm} = 212 \times 3,600 \times \frac{25}{1,000,000} \times 8,760 \approx \$167,000$$

Tiết kiệm từ việc thu hồi nước ngưng

Phần_6_45

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Explore Opportunities
Modify All Conditions

Novice View
Expert View

SELECT POTENTIAL ADJUSTMENT PROJECTS

Select potential adjustment projects to explore opportunities to increase efficiency and the effectiveness of your system.

Add New Scenario

Modification Name: Condensate Return

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☐ Adjust Boiler Operations

☒ Adjust Condensate Handling

☐ Adjust High Pressure Condensate Recovery Rate

☐ Adjust Medium Pressure Condensate Recovery Rate

☒ Adjust Low Pressure Condensate Recovery Rate

Baseline	Modifications
Condensate Recovery Rate	Condensate Recovery Rate
50%	50 %

☐ Flash Condensate to Medium Pressure

☐ Flash Condensate to Low Pressure

☐ Modify Condensate Return Temperature

Đánh giá MEASUR – Tiết kiệm nước ngưng hồi về

Phần_6_46

Đánh giá MEASUR – Tiết kiệm nước ngưng hồi về

- Lưu ý rằng MEASUR yêu cầu đầu vào nước ngưng hồi về dưới dạng phần trăm hơi được cung cấp cho quy trình ở mỗi mức
- Sẽ cần phải tính toán thủ công để đạt được giá trị mới của nước ngưng hồi về
 - Nhu cầu hơi LP = 70 Tph
 - Nước ngưng hồi về hiện tại = 50%
 - Nước ngưng hồi về hiện tại = 35 Tph
 - Nước ngưng bổ sung = 0.81 kg/s = 2.92 Tph
 - Nước ngưng hồi về mới = 35 + 2.92 = 37.92 Tph
 - Nước ngưng hồi về mới = 37.92 / 70 = 54.17%

Phần_6_47

Đánh giá MEASUR – Tiết kiệm nước ngưng hồi về

SELECT POTENTIAL ADJUSTMENT PROJECTS

Select potential adjustment projects to explore opportunities to increase efficiency and the effectiveness of your system.

Add New Scenario

Modification Name

Condensate Return

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☐ Adjust Boiler Operations

☒ Adjust Condensate Handling

☐ Adjust High Pressure Condensate Recovery Rate

☐ Adjust Medium Pressure Condensate Recovery Rate

☒ Adjust Low Pressure Condensate Recovery Rate

Baseline
Condensate Recovery Rate
50%

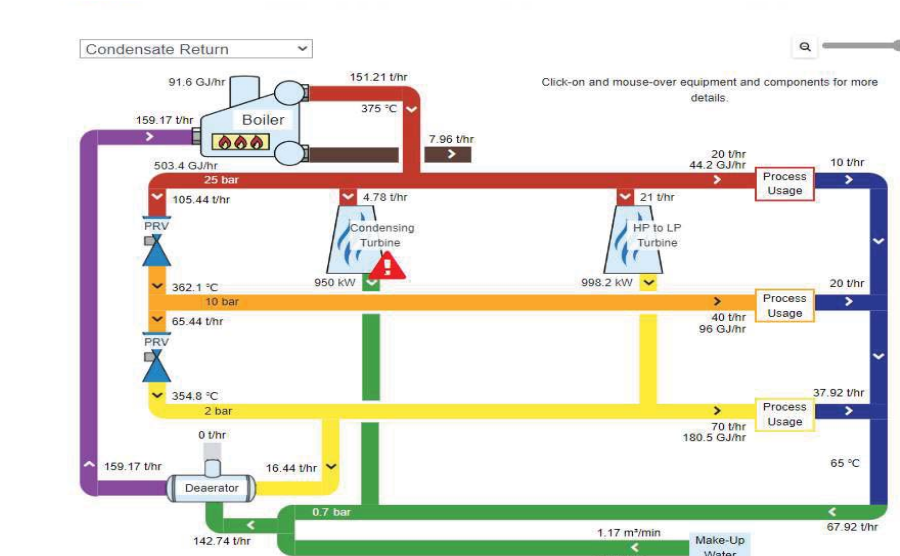
Modifications
Condensate Recovery Rate
54.17 %

☐ Flash Condensate to Medium Pressure

☐ Flash Condensate to Low Pressure

☐ Modify Condensate Return Temperature

Phần_6_48

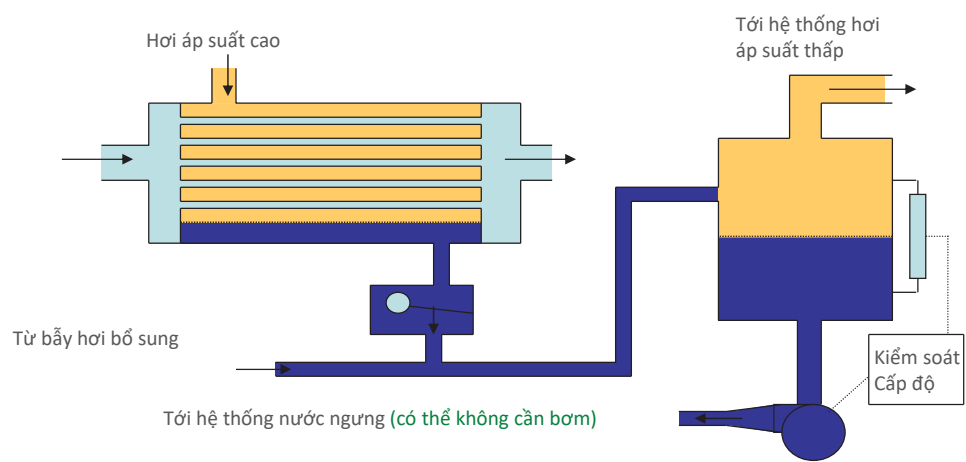


Đánh giá
MEASUR – Tiết
kiệm nước
ngưng hồi về

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	Condensate Return	
Percent Savings (%)	—	—	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,410,101.2	
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$110,252,531	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000	
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	614,660.2	
Water Cost (\$/yr)	422,638	405,676	
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2	
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7	
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	91.6	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	43.4	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2	
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.9	
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	221,783.99	
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	300.87	
Annual Cost (\$)	115,204,737	115,038,207	
Annual Savings (\$)	—	166,531	

Đánh giá MEASUR –
Tiết kiệm nước
ngưng hồi về

Ví dụ về nước ngưng hồi về



Modification Name

Condensate Flash Tanks

☐ Adjust General Operations

☐ Adjust Unit Costs

☐ Adjust Boiler Operations

☒ Adjust Condensate Handling

☐ Adjust High Pressure Condensate Recovery Rate

☐ Adjust Medium Pressure Condensate Recovery Rate

☐ Adjust Low Pressure Condensate Recovery Rate

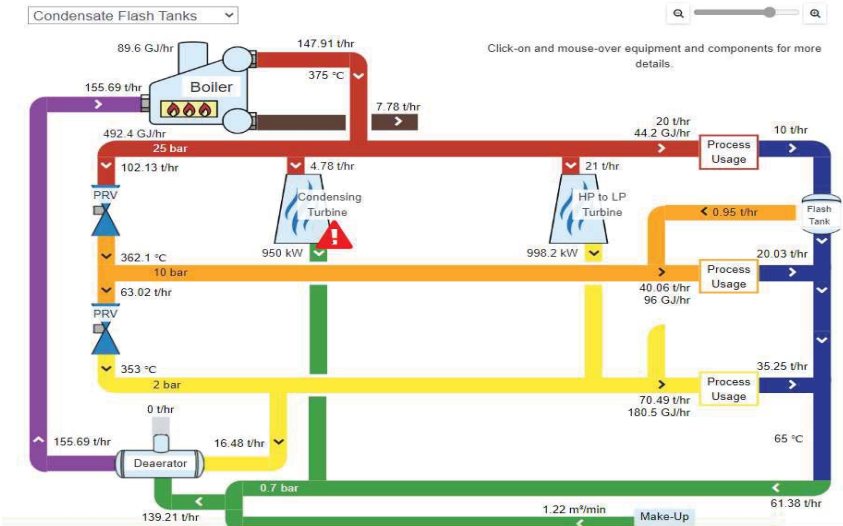
☒ Flash Condensate to Medium Pressure

Baseline	Modifications
Flash Condensate to Medium Pressure	Flash Condensate to Medium Pressure
No	Yes v

☒ Flash Condensate to Low Pressure

Baseline	Modifications
Flash Condensate to Low Pressure	Flash Condensate to Low Pressure
No	Yes v

Đánh giá MEASUR – Bình flash nước ngưng



Đánh giá
MEASUR – Bình
flash nước
ngưng

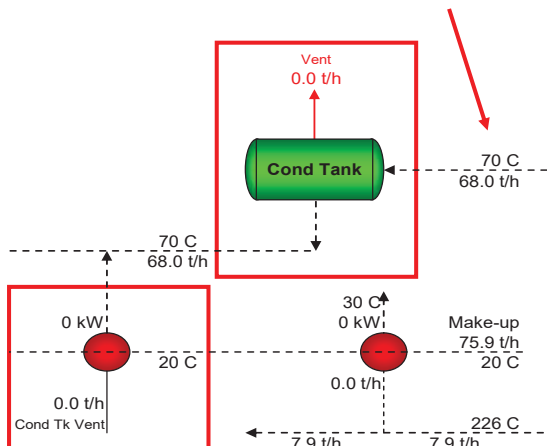
Phần_6_53

RESULTS	SANKEY	HELP
	Baseline	Condensate Flash Tanks
Percent Savings (%)	—	2.0%
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,313,704.3
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$107,842,608
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	641,171.4
Water Cost (\$/yr)	422,638	423,173
Power Generated (kW)	1,948.2	1,948.2
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	89.6
Vent Losses (GJ/yr)		
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.2
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2
Other Losses (GJ/yr)	35.1	25.4
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	216,936.19
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	5,148.67
Annual Cost (\$)	115,204,737	112,645,781
Annual Savings (\$)	—	2,558,956

Đánh giá MEASUR –
Bình flash nước
ngưng

Phần_6_54

Nhiệt độ nước ngưng hồi về nên > 100°C



Đánh giá MEASUR – Bình flash nước ngưng

- Lưu ý - điều này CHỈ có thể thực hiện được khi nhiệt độ nước ngưng hồi về > 100°C
- Lưu ý - điều này hiện KHÔNG thể thực hiện được trong MEASUR do vấn đề về kỹ thuật nhưng có thể được mô hình hóa bằng công cụ tính bình bốc hơi (flash tank)

Phần_6_55

Đánh giá MEASUR – Bình flash nước ngưng

FLASH TANK

Pressure: 2 bar

Known Variable: Quality

Quality Value: 0

Mass Flow: 65 t/hr

Tank Pressure: 0 bar

Generate Example

Reset Data

RESULTS		HELP	
	Inlet	Steam Out	Liquid Out
Pressure (bar)	2	0	0
Temperature (°C)	133.7	100	100
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	562.1	2,675.5	419
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	1.673	7.354	1.307
Quality	Liquid	Gas	Liquid
Mass Flow (t/hr)	65	4.12	60.88
Energy Flow (GJ/hr)	36.5	11	25.5

Phần_6_56

Những điểm chính / Mục cần thực hiện – Thu hồi nước ngưng

1. Nước ngưng hồi về
 - Giảm năng lượng
 - Giảm nước bổ sung
 - Giảm hoá chất để xử lý nước
 - Giảm khả năng làm nguội nước
 - Giảm xả lò
2. Thu hồi nước ngưng thường bị bỏ qua nhưng nó có thể tiết kiệm năng lượng đáng kể
3. Định lượng lượng nước ngưng được thu hồi trong nhà máy thông qua cân bằng khối lượng đơn giản trên toàn bộ hệ thống hơi
4. Xác định các khu vực có khả năng thu hồi nước ngưng

Phần_6_57

Thực hành thông thường tốt nhất– Thu hồi

- Thực hiện chương trình quản lý và bảo trì bẫy hơi hiệu quả
- Thu hồi càng nhiều càng tốt nước ngưng có sẵn
- Thu hồi nước ngưng ở năng lượng nhiệt cao nhất có thể
- Nước ngưng flash ở áp suất cao để tạo ra hơi ở áp suất thấp

Phần_6_58

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

TUYÊN BỐ MIỄN TRỪ

Tài liệu này được biên soạn trong khuôn khổ Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp vừa và nhỏ tại Việt Nam” (Dự án IEEP) do Liên minh châu Âu (EU) tài trợ, Bộ Công Thương (Bộ CT) quản lý và Tổ chức Phát triển công nghiệp Liên hợp quốc (UNIDO) thực hiện. Nội dung tài liệu hoàn toàn thuộc trách nhiệm của Dự án và không nhất thiết phản ánh quan điểm của bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào.