

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” (IIEP)

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

Hà Nội, 21 - 22/03/2024



KHÓA ĐÀO TẠO DOANH NGHIỆP
“TỐI ƯU HOÁ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP”

21 – 22/03/2024

Khách sạn Adonis, 55 Quang Trung, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Ngày 1

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-8.40	Giới thiệu đại biểu tham dự	Đại diện Văn phòng dự án UNIDO
8.40-8.50	Phát biểu khai mạc	Đại diện Ban Quản lý dự án
8.50-9.00	Giới thiệu 2 giảng viên	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
9.00-10.30	Phần 1: Những kiến thức căn bản - Phương pháp tiếp cận hệ thống - Nguyên tắc cơ bản của hệ thống hơi	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
10.30-10.45	Nghỉ giữa giờ	
10.45-12.00	Phần 2: Công cụ SSST (Steam System Scoping Tool) - Các cơ hội tối ưu hóa hệ thống hơi - Công cụ SSST - Bài tập thực hành	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.15-15.15	Phần 3: Công cụ MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ - Các tính năng chính của MEASUR - Bài tập thực hành (hiệu suất lò hơi)	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
15.15-15.30	Nghỉ giữa giờ	
15.30-17.00	Phần 4: Công cụ MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ - Mô phỏng tuabin ngưng hơi và tuabin đối áp trong MEASUR - Bài tập thực hành (đánh giá tác động kinh tế của các cơ hội tối ưu hóa trong hệ thống hơi)	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang



BỘ CÔNG THƯƠNG

CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VN-EU (SETP)

Đẩy mạnh hoạt động TKNL trong các DN công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý NL
và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam (IEEP)

Funded by
the European Union

TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN
CÔNG NGHIỆP LIÊN HỢP QUỐC

Ngày 2

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-9.50	- Hỏi đáp - Tổng kết lại kiến thức của Ngày 1	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
8.50-10.15	Phần 5: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Nguồn cấp hơi	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
10.15-10.30	Nghỉ giữa giờ	
10.30-11.15	Phần 6: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Hệ thống phân phối hơi	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
11.15-12.00	Phần 7: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Hệ tiêu thụ sử dụng hơi	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
12.00-13.15	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.15-14.15	Phần 8: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Hệ thống thu hồi nước ngưng	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
14.15-15.15	Phần 9: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Hệ thống đồng phát	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
15.15-15.30	Nghỉ giữa giờ	
15.30-15.45	Phần 9: Tối ưu hóa Hệ thống hơi – Hệ thống đồng phát (tiếp theo)	
15.45-16.15	Tổng kết	Ông Riyaz Papar Ông Nguyễn Xuân Quang
16.15-16.45	Đánh giá lớp học và ý kiến phản hồi	Ông Riyaz Papar
16.45 -17.00	Phát biểu kết thúc lớp đào tạo	Đại diện Ban Quản lý dự án



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

Ghi nhận

- Nhóm UNIDO – Vienna, Áo
- Nhóm UNIDO – Thái Lan
- Bộ Năng lượng Hoa Kỳ, Hoa Kỳ
- Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge, Hoa Kỳ

Riyaz Papar, P.E., CEM, Fellow – ASME, ASHRAE

Học vấn:

- M.S. (Kỹ sư cơ khí), Đại học Maryland, College Park
- B.Tech. (Kỹ sư cơ khí), Học viện Công nghệ Ấn Độ, Mumbai

Kinh nghiệm chuyên môn:

- CEO, Giải pháp bền vững C2A, Hoa Kỳ
 - Tối ưu hóa hệ thống nhiệt công nghiệp, phát triển bền vững và khử cacbon
- Các nhà tuyển dụng trước đây - Công ty Công nghệ Hudson, Dịch vụ Năng lượng Enron, Phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Berkeley, Energy Concepts Company (tất cả đều ở Hoa Kỳ)

Trình độ chuyên môn & liên kết khác:

- Giảng viên chính và Cố vấn kỹ thuật về quy trình làm mát & hơi nước BestPractices của Bộ NL (DOE), Hoa Kỳ
- Chuyên gia về năng lượng hơi nước của DOE, Hoa Kỳ
- Chuyên gia năng lượng của UNIDO – Hơi nước, điện lạnh & thiết bị làm lạnh và thu hồi nhiệt thải
- Chủ tịch, Ban Công nghiệp Chế biến ASME, 2003-04
- Chủ tịch, Ủy ban Kỹ thuật 8.2 ASHRAE: Thiết bị ly tâm, 2009-10
- Chủ tịch, Ủy ban Kỹ thuật 1.10 ASHRAE: Hệ thống đồng phát, 2010-11



Phần_1_3

Thông tin liên hệ

Riyaz Papar

CEO; Giải pháp bền vững C2A, LLC

Số điện thoại: (346) 610 8787

E-mail: rapapar@c2asustainable.com

Phần_1_4

TS. Nguyen Xuan Quang

Học vấn:

- Kỹ sư nhiệt điện, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Việt Nam
- Thạc sĩ Công nghệ Năng lượng, Viện Công nghệ châu Á (AIT), Thái Lan
- Tiến sĩ, Công nghệ Hóa học, Viện Công nghệ hóa học, Đại học Công nghệ Viên, Áo.

Kinh nghiệm chuyên môn:

- Giảng dạy môn Lò hơi, Cơ sở nguồn và công nghệ Năng lượng tại Đại học Bách Khoa Hà Nội
- Chuyên gia về lò hơi, hệ thống hơi, kiểm toán năng lượng và thực hành tiết kiệm năng lượng trong công nghiệp – Công ty cổ phần Năng lượng Môi trường ENERVI Việt Nam.
- Đã được đào tạo và cấp chứng chỉ về kiểm toán viên Năng lượng, quản lý năng lượng theo ISO 50001, ESCO profesional



Những hoạt động chính đã thực hiện:

- Khởi tạo mô hình lò gạch liên tục kiểu đứng tại Việt Nam và thực hiện chuyển giao công nghệ từ 2001 – 2013
- Chuyên gia quốc tế thực hiện dự án do World Bank tài trợ về tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải cho hoạt động sản xuất gạch nung tại Bangladesh từ 2011 - 2016
- Soạn thảo dự thảo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN về thí nghiệm nghiệm thu các đặc tính kỹ thuật của toàn nhà máy Nhiệt điện dự kiến ban hành trong năm 2024
- Tổ chức thực hiện việc đo đặc hiệu chỉnh lò hơi tại các nhà máy nhiệt điện
- Thực hiện 17 dự án về đánh giá hiệu suất lò hơi và hỗ trợ thực hiện các giải pháp nâng cao hiệu suất lò hơi và đánh giá hiệu quả thực hiện

Phần_1_5

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_6

Tóm tắt chung

- Khóa đào tạo Đơn vị kéo dài 2 ngày bắt đầu bằng việc xác định Phương pháp tiếp cận hệ thống và cách áp dụng phương pháp này để tối ưu hóa hệ thống hơi nước trong công nghiệp và/hoặc tổ chức
- Khóa đào tạo bao gồm việc vận hành các hệ thống hơi nước công nghiệp điển hình có tính đến
 - Sinh hơi
 - Phân phối
 - Hệ tiêu thụ / Nhiệt & Điện kết hợp
 - Thu hồi nước ngưng

Phần_1_7

Tóm tắt chung

- Khóa đào tạo xác định các cơ hội cải tiến hiệu quả giúp tối ưu hóa toàn bộ hệ thống hơi nước
- Hội thảo thảo luận về các phương pháp cải thiện hiệu suất hệ thống, các phương pháp định lượng mức tiết kiệm năng lượng và chi phí từ những cải tiến này, các khía cạnh thực hiện và các chương trình cải tiến liên tục

Phần_1_8

Tóm tắt chung

- Trình bày và thực hành chức năng cũng như cách sử dụng Steam BestPractices Program của DOE Hoa Kỳ. Chương trình bao gồm các:
 - Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi nước (SSST)
 - US DOE MEASUR (MEASUR) (hệ thống phần mềm online)
 - Phần mềm thẩm định cách nhiệt 3E-Plus
- Các công cụ phần mềm đều miễn phí và sẵn có để tải xuống từ các trang web cũng như sử dụng trực tuyến
- Ví dụ thực tiễn và ứng dụng của việc sử dụng các công cụ phần mềm này trong việc đánh giá năng lượng hệ thống hơi nước công nghiệp

Phần_1_9

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 1

- Thiết lập máy tính xách tay cho tất cả người tham dự – công cụ phần mềm và tệp chương trình
- Trình bày về Dự án Hiệu quả Năng lượng Công nghiệp của UNIDO
- Giới thiệu về “Phương pháp tiếp cận hệ thống”
- Xem xét các nguyên tắc cơ bản của hệ thống hơi – nhiệt động lực học
- Đánh giá về Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi nước (SSST) của DOE, Hoa Kỳ
- Bài tập dành cho sinh viên – Đánh giá hệ thống hơi nước của nhà máy công nghiệp sử dụng SSST và xác định các khu vực tiết kiệm năng lượng
- Nghỉ giải lao

Phần_1_10

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 1

- Ví dụ về hệ thống hơi
- Nhận biết được ảnh hưởng của lò hơi – ví dụ từ nhà máy công nghiệp
- Chỉ số chi phí hơi nước
- Xem xét về Công cụ Đánh giá Năng lượng Sản xuất để Giảm tiêu hao trong các thiết bị sử dụng (MEASUR) của DOE Hoa Kỳ
- Công cụ tính toán MEASUR

Phần_1_11

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 1

- Xây dựng Mô hình hệ thống hơi nước trong MEASURE
- Tính toán hiệu suất lò hơi bằng cách sử dụng các phép đo hiện trường
- Các tổn thất ở lò hơi
 - Tổn thất nhiệt qua vỏ lò hơi
 - Tổn thất do xả lò
 - Tổn thất theo ống khói
- Nghỉ trưa

Phần_1_12

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 1

- Hoàn thiện xây dựng mô hình hệ thống hơi nước trong MEASUR
- Thảo luận / So sánh chi phí hơi nước cận biên
- Nghỉ giải lao
- Nguyên tắc cơ bản của tua bin
- Mô hình hóa tua bin đối áp trong MEASUR
- Mô hình hóa tuabin ngưng tụ trong MEASUR
- Đánh giá mô hình cuối cùng
- Tạm dừng

Phần_1_13

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 2

- Xem lại tài liệu Ngày 1
- Đặt câu hỏi và trả lời về kiến thức được học trong Ngày 1
- Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Khu vực sinh hơi
 - Cải thiện hiệu suất lò hơi
 - Quản lý việc xả lò
 - Thu hồi năng lượng từ việc xả lò
 - Bộ hâm nước / Bộ sấy không khí
 - Kiểm soát không khí thừa
 - Chuyển đổi nhiên liệu
- Bài tập thực hành của học sinh
- Nghỉ giải lao

Phần_1_14

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 2

- Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Khu vực phân phối
 - Rò rỉ hơi
 - Tổn thất nhiệt qua vật liệu cách nhiệt
- Phần mềm đánh giá cách nhiệt 3E Plus
- Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Khu vực sử dụng cuối
 - Nhu cầu sử dụng hơi (Hộ tiêu thụ cuối)
- Các dự án tiết kiệm nhu cầu sử dụng hơi MEASUR
- Nghỉ trưa

Phần_1_15

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 2 (Tiếp tục)

- Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Khu vực thu hồi nước ngưng
 - Chương trình quản lý bốc hơi
 - Đánh giá hệ thống thu hồi nước ngưng
 - Bể chứa nước ngưng từ hơi flash
 - Lỗ thông hơi của bể chứa nước ngưng
- Bài tập dành cho học viên - Các ví dụ hoàn chỉnh về thu hồi nước ngưng và thu hồi hơi nước ngưng từ hơi flash bằng công cụ phần mềm MEASURE

Phần_1_16

Khóa đào tạo – Tóm tắt

Ngày 2 (Tiếp tục)

- Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Khu vực nhiệt và điện kết hợp
 - Tua bin đối áp – Vận hành PRV
 - Dự án kinh tế tua bin MEASUR
 - Những ảnh hưởng của tua bin ngưng tụ
 - Dự án Tua bin ngưng tụ MEASUR
- Nghỉ giải lao
- Kết luận
- Công cụ & Tài nguyên

Phần_1_17

Mục tiêu cá nhân

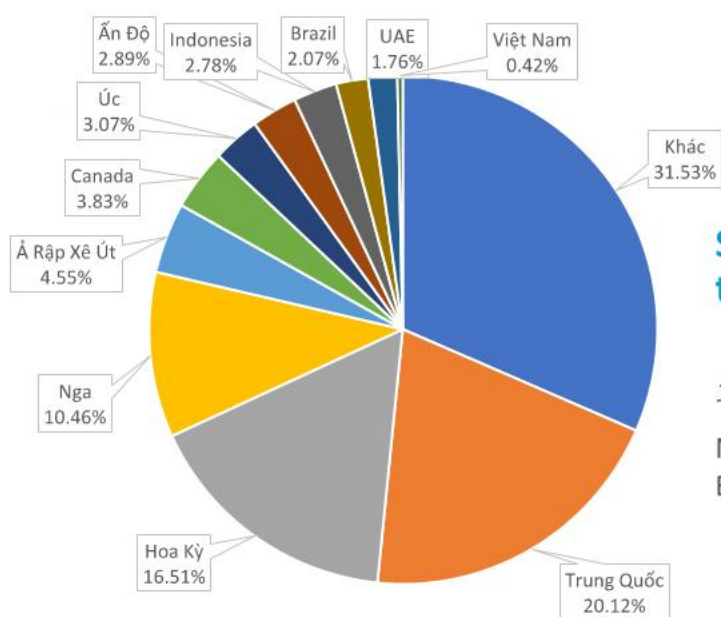
- Giới thiệu người tham dự
- Bất kỳ vấn đề hoặc quan ngại chính nào liên quan đến tài liệu khóa học, thời gian, v.v.
- Xác định các lĩnh vực có thể cần truyền đạt sâu hơn dựa trên lợi ích của người tham dự

Phần_1_18

Tổng quan:

- Sử dụng năng lượng tổng thể
- Sử dụng năng lượng hơi nước
- Phương pháp tiếp cận hệ thống
- Tối ưu hóa hệ thống hơi nước (SSO)

Phần_1_19



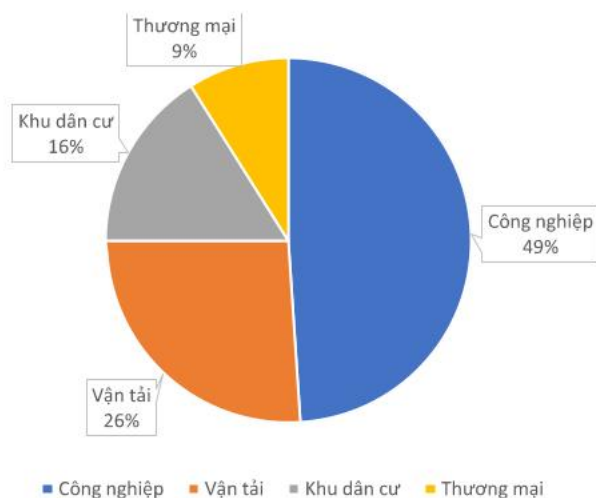
Sản xuất năng lượng trên thế giới

1 quad Btu = 1.055 EJ

Nguồn: US DOE EIA; International Energy Agency

Tổng sản lượng năng lượng thế giới ~ 620 quad Btu

Phần_1_20



Năng lượng dành cho công nghiệp = ½ Năng lượng của thế giới

1 quad Btu = 1.055 EJ

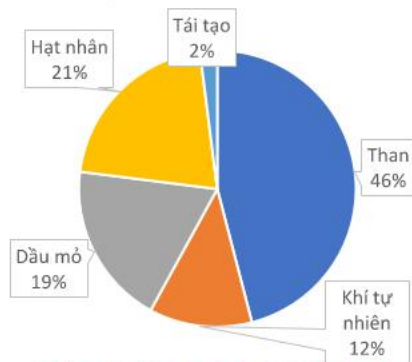
Nguồn: US DOE EIA; International Energy Agency

Tổng sản lượng năng lượng thế giới ~ 620 quad Btu

Phần_1_21

Sản xuất – Tiêu thụ năng lượng tại Việt Nam

- Nhập khẩu nhiên liệu Việt Nam – Than, Khí tự nhiên, Dầu mỏ và nhiên liệu lỏng khác

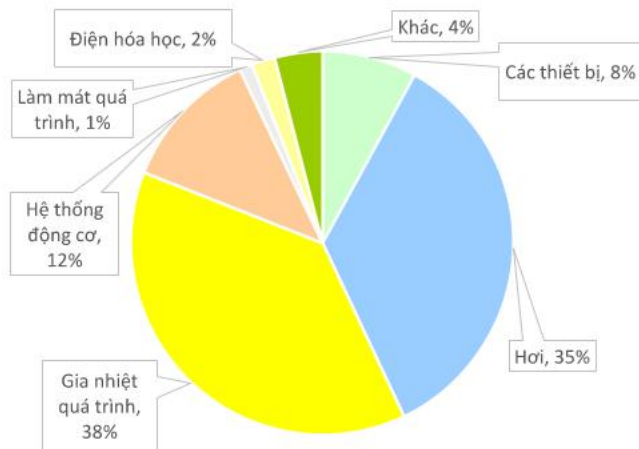


Sản xuất: 2.56 quad Btu

Tiêu thụ: quad Btu

Phần_1_22

Source: International Energy Agency Data - 2019



Tiêu thụ năng lượng điện hình của nhà máy công nghiệp

Lưu ý: Không bao gồm tổn thất ngoài hiện trường

Nguồn: DOE/EIA Monthly Energy Review 2004 (preliminary)

Phần_1_23



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_24



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_25

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_26

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_27

Phương pháp tiếp cận hệ thống



Hiệu suất động cơ 15 kW = 91%



Hiệu suất động cơ và bơm kết hợp = 59%



Hiệu suất hệ thống = 13%

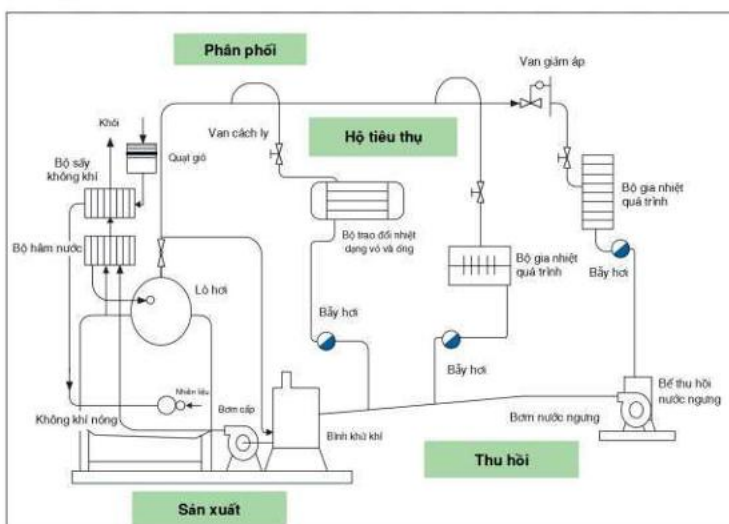
Phần_1_28

Nguồn: US DOE BestPractices Program; Courtesy: Don Casada, Diagnostic Solutions, USA

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_29



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_30

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_31

Tóm tắt khoản tiết kiệm được xác định trên mỗi nhà máy (ở Hoa Kỳ)

Kiểu hệ thống (Số SENAs)	Lượng tiết kiệm trung bình của nguồn năng lượng đề xuất (GJ/nhà máy trên năm)	% lượng tiết kiệm trung bình của nguồn năng lượng đề xuất (%)	Chi phí tiết kiệm trung bình được đề xuất (\$/nhà máy trên năm)	Lượng tiết kiệm trung bình của khí đốt tự nhiên được đề xuất (GJ/nhà máy trên năm)	Lượng giảm phát thải CO ₂ được đề xuất (Tấn/nhà máy trên năm)
Khí nén (127)	30,800	2.2	\$177,000	440	1,700
Quạt (40)	206,900	3.1	\$1,151,000	38,400	9,000
Gia nhiệt quá trình (213)	246,300	11.2	\$1,582,000	187,400	13,300
Bơm (80)	42,400	1.2	\$219,000	1,250	2,400
Hơi (313)	270,100	7.0	\$2,075,000	220,000	18,000
Đa hệ thống giấy (20)	420,200	4.7	\$2,782,000	217,900	21,000

Phần_1_32

Nguồn: Oak Ridge National Laboratory, USA

Những nguyên tắc cơ bản của hệ thống hơi

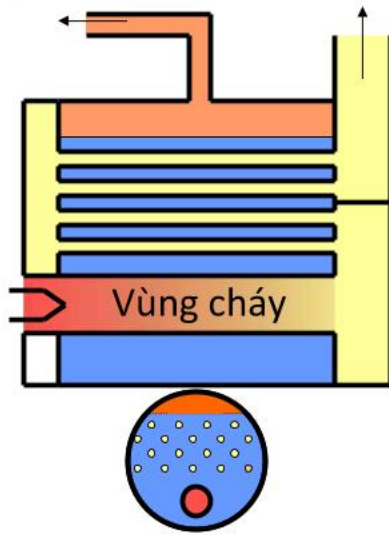
- Các thành phần trong hệ thống hơi
- Nhiệt động lực học – Đặc tính của hơi nước
- Bảo toàn khối lượng
- Bảo toàn năng lượng
- Nhiên liệu
- Cơ hội tối ưu hóa hệ thống hơi

Phần_1_33

Các thành phần trong hệ thống hơi

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Sinh hơi<ul style="list-style-type: none">• 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<ul style="list-style-type: none">• Đường ống hơi• Trạm giảm áp | <ul style="list-style-type: none">• Thiết bị sử dụng cuối cùng<ul style="list-style-type: none">• 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<ul style="list-style-type: none">• Bẫy hơi• Hệ thống thu và hồi nước ngưng• Bơm nước ngưng |
|--|---|

Phần_1_34

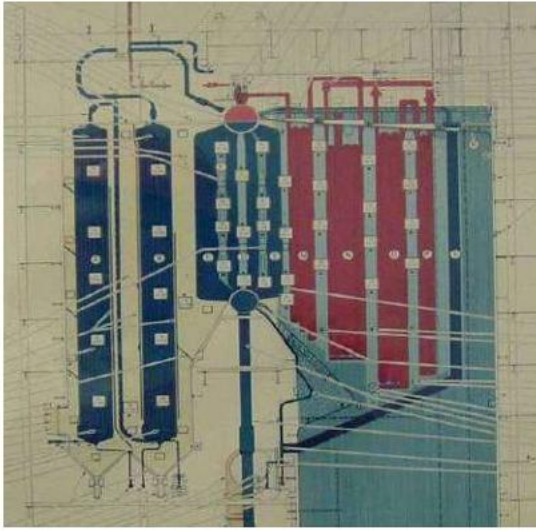


Lò hơi ống lửa

- 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
- Thường được sản xuất ngoại vi
- Nhiều loại hình khác nhau

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_37

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Lò hơi ống nước



Phần_1_38



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_39

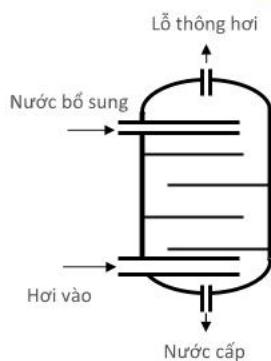


Thiết bị lưu trữ và xử lý nhiên liệu

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

Phần_1_40

Bình khử khí



- Loại bỏ oxy hòa tan khỏi nước bổ sung và nước ngưng
- Tính toàn vẹn 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_41

Bơm



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

Phần_1_42



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_43



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_44



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_45

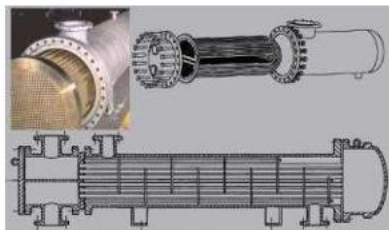


Tua-bin hơi

- 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_46



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_47

Thiết bị sử dụng cuối khác



Gia nhiệt thực phẩm



Nồi nấu



Giặt, Sấy & Hoàn thiện



Bình đun nước nóng

Phần_1_48



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_49



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_50



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_51



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_52

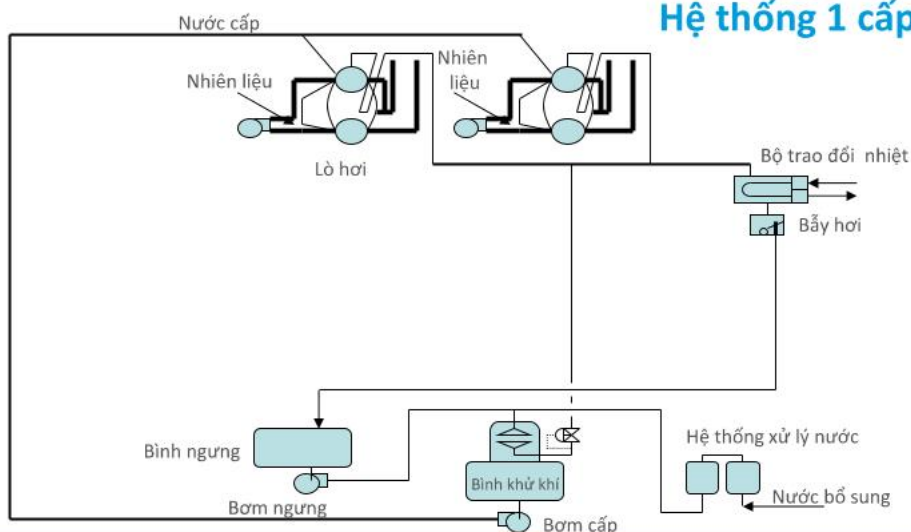


Bình ngưng

- 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_53

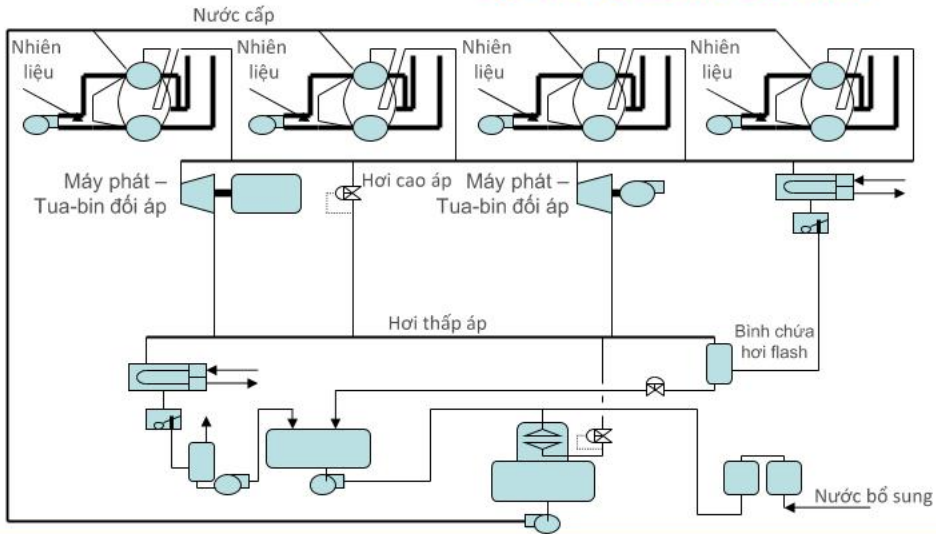
Hệ thống 1 cấp áp suất



Phần_1_54

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

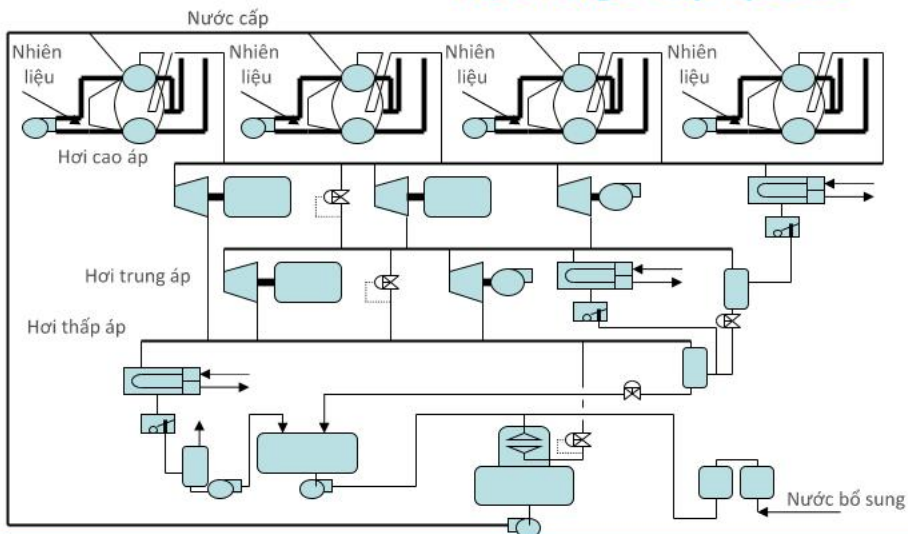
Hệ thống 2 cấp áp suất



Phần_1_55

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

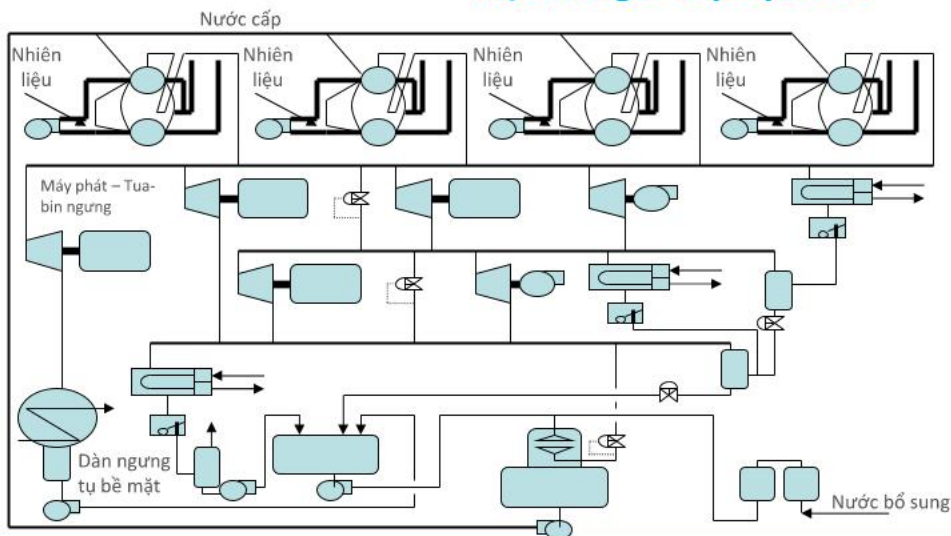
Hệ thống 3 cấp áp suất



Phần_1_56

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Hệ thống 3 cấp áp suất



Phần_1_57

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



H₂O

HƠI NƯỚC là gì?

- Hơi nước bão hòa và quá nhiệt

Khi nước được đun nóng đến hoặc cao hơn điểm sôi, nó sẽ tạo ra HƠI

Nước lỏng



Hơi nước

Phần_1_58



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_59

Tính chất nhiệt động của hơi nước

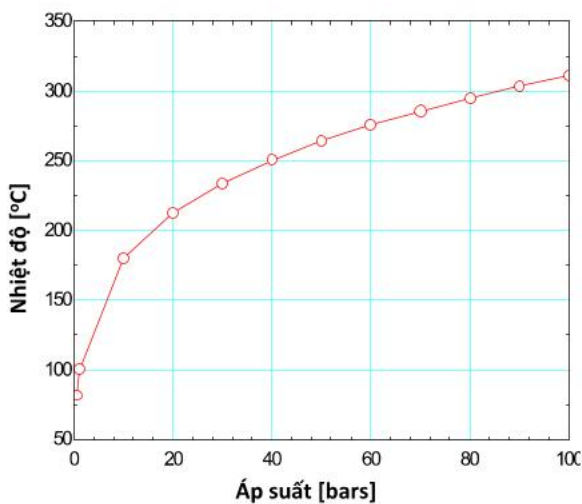
- P – Áp suất (bar, atm, kPa, MPa)
- T – Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)
 - Nhiệt độ tuyệt đối (K)
- X – Độ khô
- ρ – Khối lượng riêng (kg/m^3)
- V – Thể tích riêng (m^3/kg)
- H – Entanpy (kJ, kcal)
 - h – Entanpy riêng (kJ/kg, kcal/kg)
- S – Entropy (kJ/K, kcal/K)
 - s – Entropy riêng (kJ/kg-K, kcal/kg-K)

Phần_1_60

Tính chất nhiệt động của hơi nước

- 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)

Phần_1_61

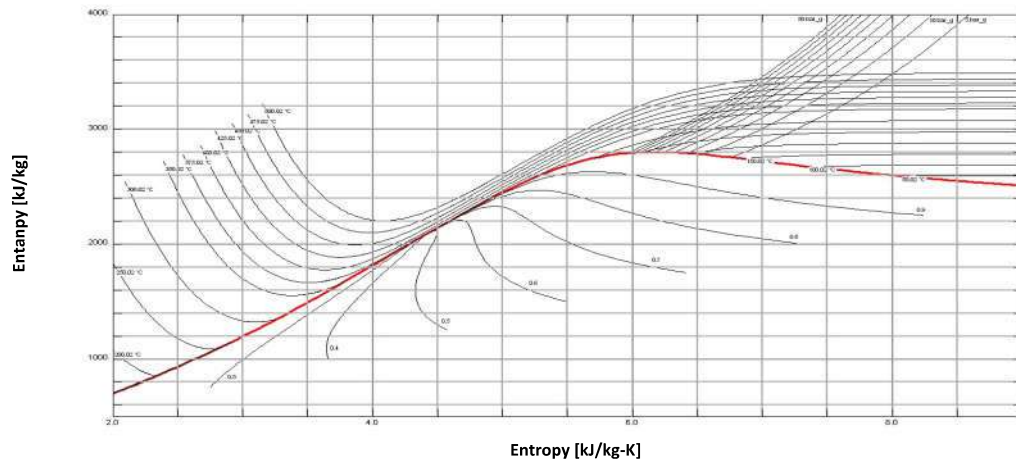


Nhiệt động lực học hơi nước

- Mối quan hệ giữa Áp suất và Nhiệt độ
 - Áp suất $\uparrow$ – Nhiệt độ $\uparrow$

Phần_1_62

Đồ thị H-S (Đồ thị Mollier)



Phần_1_63

Nhiệt động lực học hơi nước

- Bảng hơi nước

p _{steam} [bars]	t _{steam} [°C]	ρ _f [kg/m ³]	γ _f [m ³ /kg]	h _f [kJ/kg]	h _{fg} [kJ/kg]	h _g [kJ/kg]	s _f [kJ/kgK]	s _{fg} [kJ/kgK]	s _g [kJ/kgK]
0.5	81.31	971	3.244	340.4	2,305	2,645	1.091	6.502	7.593
1.0	100	958.4	1.672	419.2	2,257	2,676	1.307	6.047	7.354
10.0	179.9	887.2	0.1945	762.8	2,015	2,778	2.139	4.447	6.586
20.0	212.4	849.9	0.09962	908.6	1,890	2,799	2.447	3.893	6.34
30.0	233.9	822	0.06667	1,008	1,795	2,803	2.645	3.54	6.186
40.0	250.4	798.5	0.04978	1,087	1,713	2,801	2.796	3.273	6.069
50.0	264	777.5	0.03944	1,154	1,640	2,794	2.92	3.053	5.973
60.0	275.6	758.2	0.03244	1,213	1,571	2,784	3.027	2.862	5.889
70.0	285.9	739.9	0.02737	1,267	1,505	2,772	3.121	2.692	5.813
80.0	295	722.4	0.02352	1,317	1,441	2,758	3.207	2.536	5.743
90.0	303.4	705.4	0.02048	1,363	1,379	2,742	3.285	2.392	5.677
100.0	311	688.6	0.01802	1,407	1,317	2,724	3.359	2.255	5.614

Phần_1_64

Nhiệt động lực học hơi nước

- Đặc tính của hơi nước
 - Bảng hơi nước
 - Đồ thị Mollier
 - Cẩm nang cơ bản ASHRAE
 - Dữ liệu được lập bảng
 - Đồ thị P-h
 - Chương trình phần mềm
 - Phương trình trạng thái của các môi chất lạnh khác nhau
 - Engineering Equation Solver (EES)
 - Phần mềm khác
 - REFPROP – Viện Tiêu chuẩn & Thử nghiệm Quốc gia (NIST)
- Điểm tham khảo
 - Có thể khác nhau đối với các nguồn khác nhau!!

Phần_1_65

Phân tích hệ thống hơi nước

- Phân tích Lưu lượng ổn định Trạng thái ổn định (SSSF)
 - Bỏ qua các yếu tố phụ thuộc vào thời gian
 - Phản hồi động không được xem xét
 - Các điều kiện khởi động, tắt máy và dừng (hoặc ngắt) bị bỏ qua
- Điều kiện vận hành trung bình được sử dụng
- Tính thời vụ, Tỷ lệ sản xuất có thể được xử lý bằng phương pháp “Phân tích thủ công” (bin analysis)
- Phân tích mức độ ảnh hưởng (IMPACT) được thực hiện trên các hệ thống

Phần_1_66

Phân tích hệ thống hơi nước

- Để đánh giá đúng hệ thống hơi nước, phải hiểu rõ tính chất vật lý của từng quy trình
 - Nhiệt động lực học
 - Truyền nhiệt
 - Dòng chất lưu
- Đo lường quy trình
 - Nhiệt độ, Áp suất, Lưu lượng, v.v.
- Bộ công cụ U.S.DOE
 - Steam System Scoping Tool (SSST)
 - US DOE MEASUR
 - Insulation evaluation software – 3E-Plus
- Phần mềm có sẵn trên thị trường
 - Aspen Tech
 - ProSteam (KBC Linhoff March)
 - Visual MESA, etc.

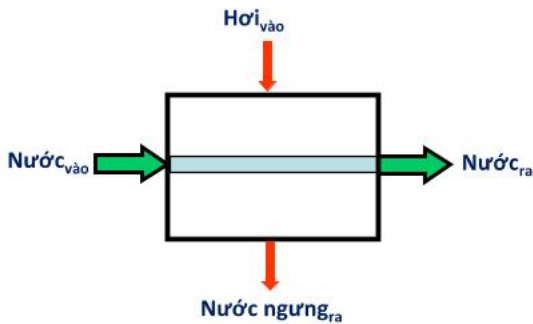
Phần_1_67

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

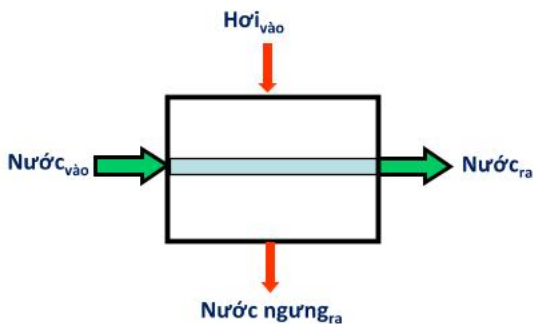
Phần_1_68



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 600 l/phút
- Lưu lượng hơi không biết

Phần_1_69



Ví dụ: F1

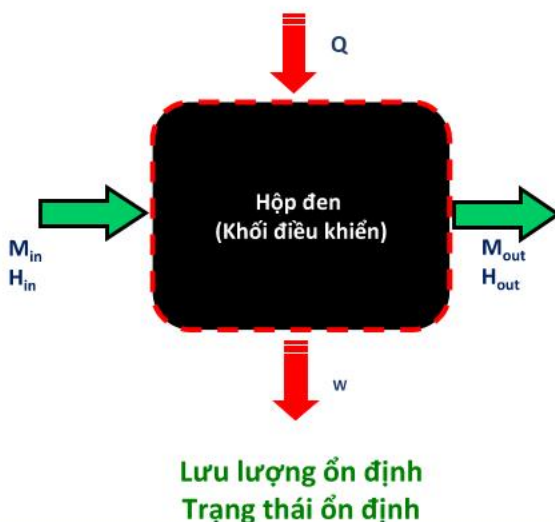
- Áp dụng Lưu lượng ổn định Trạng thái ổn định – Bảo toàn khối lượng
- Phía nước: Lưu lượng nước vào = Lưu lượng nước ra
- Phía hơi: Lưu lượng hơi vào = Lưu lượng nước ngưng ra

Phần_1_70

Ví dụ: F1

- Áp dụng Lưu lượng ổn định Trạng thái ổn định – **Bảo toàn khối lượng**
- Phía nước: Lưu lượng nước vào = 600 l/phút
= 600 kg/phút
Lưu lượng nước ra = 600 l/phút
= 600 kg/phút
- Lưu lượng hơi vào = Lưu lượng nước ngưng ra

Phần_1_71

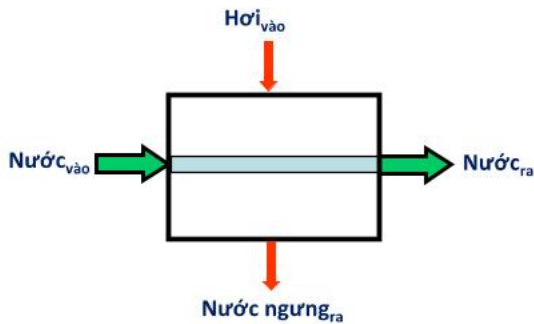


Bảo toàn năng lượng

- 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_1_72

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
 $= M_{\text{water}} \times C_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$

$$Q = \frac{600}{60} \times 4,183 \times (75 - 25) \text{ kW}$$

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

Phần_1_73

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_1_74

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

$$Q = M_{\text{steam}} \times (2.676 - 419)$$

$$2.091 = M_{\text{steam}} \times (2.257)$$

$$M_{\text{steam}} = 0,927 \text{ kg/s} = 3.336 \text{ kg/h} = 3,34 \text{ Tấn/h}$$

Phần_1_75

Ví dụ: F1

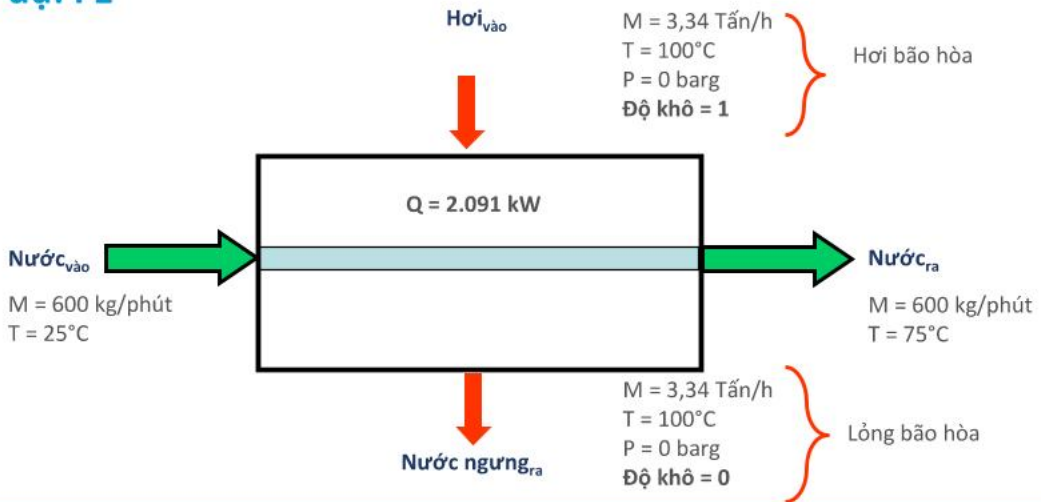
Pressure [bars]	t_{sat} [°C]	Quality	Enthalpy [kJ/kg]
0.5	81.3	0	340.4
0.5	81.3	1	2,645
1.013	100.0	0	419
1.013	100.0	1	2,676
1.5	111.4	0	467.1
1.5	111.4	1	2,693
2	120.2	0	504.7
2	120.2	1	2,707
2.5	127.4	0	535.4
2.5	127.4	1	2,717

Lỏng bão hòa

Hơi bão hòa
(Hơi khô)

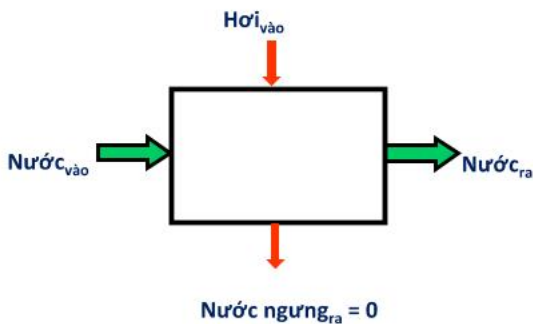
Phần_1_76

Ví dụ: F1



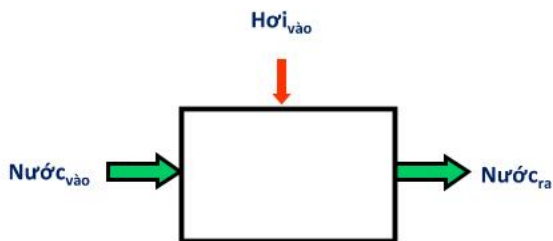
Phần_1_77

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_1_78



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

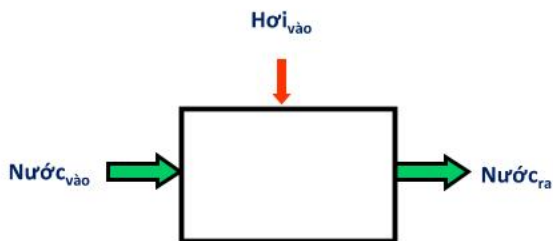
Phần_1_79

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)

Phần_1_80

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**

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

Phần_1_81

Ví dụ: F2

Pressure; [bar]	Temperature; [°C]	Quality; [kg/kg]	Enthalpy; [kJ/kg]	Density; [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

Phần_1_82

Ví dụ: F2

- Phương trình 1 được viết lại thành

$$\begin{aligned}
 M_{waterin} + M_{steam} &= M_{waterout} \\
 M_{waterin} + M_{steam} &= \frac{600}{60} \times \frac{974,9}{1.000} \\
 M_{waterin} + M_{steam} &= 9,75 \\
 M_{waterout} &= 9,75 \frac{kg}{s}
 \end{aligned}$$

Phần_1_83

Ví dụ: F2

- Phương trình 2 được viết lại thành

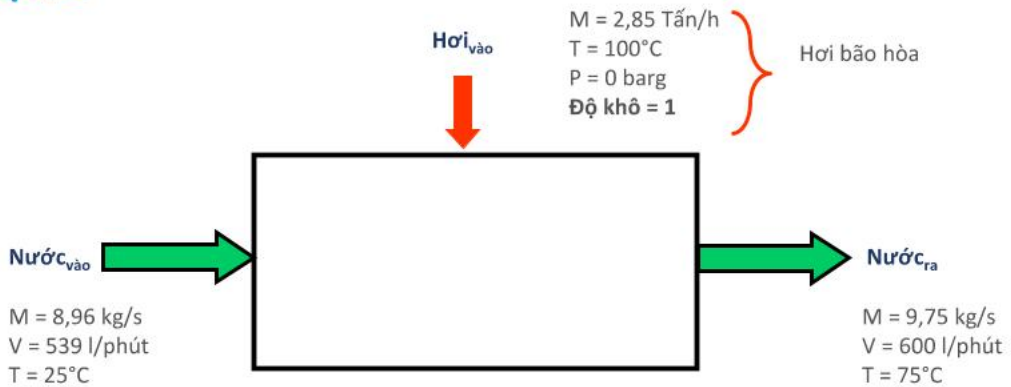
$$\begin{aligned}
 M_{waterin} \times (104,8) + M_{steam} \times (2.676) &= M_{waterout} \times (314) \\
 M_{waterin} \times (104,8) + M_{steam} \times (2.676) &= 9,75 \times (314) \\
 M_{waterin} \times (104,8) + M_{steam} \times (2.676) &= 3.061,5
 \end{aligned}$$

- Phương trình 2 được viết lại thành

$$\begin{aligned}
 M_{waterin} &= 8,96 \frac{kg}{s} = \frac{8.96}{997,1} \times 1.000 \times 60 \frac{1}{phút} = 539 \frac{l}{phút} \\
 M_{steam} &= 0,793 \frac{kg}{s} = 2.855 \frac{kg}{h} = 2,85 Tấn/h
 \end{aligned}$$

Phần_1_84

Ví dụ: F2



Phần_1_85

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)

Phần_1_86

- Các cơ hội tối ưu hóa hệ thống hơi
- Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi (SSST)
- Bài tập thực hành trên SSST

Phần_2_1



Phần 2 2

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

Phần_2_3

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

Thực hành tốt nhất thông dụng của khu vực Phân phối

- Sửa chữa các điểm rò rỉ hơi nước
- Giảm thiểu việc xả hơi nước
- Đảm bảo rằng đường ống, van, phụ kiện và bình chứa của hệ thống hơi nước 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

Phần_2_4

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

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 nước 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 nước 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 xác định phạm vi hệ thống hơi (SSST) của US DOE để đánh giá ban đầu

SSST có tích hợp đơn vị IP và SI

Phần_2_9

Công cụ xác định phạm vi 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

Phần_2_10

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, hộ 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 nước: 62%
 - Vận hành toàn bộ hệ thống hơi nước: 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%

Phần_2_18

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 nước (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 nước
 - SSST có thể được dùng để cải tiến xu hướng

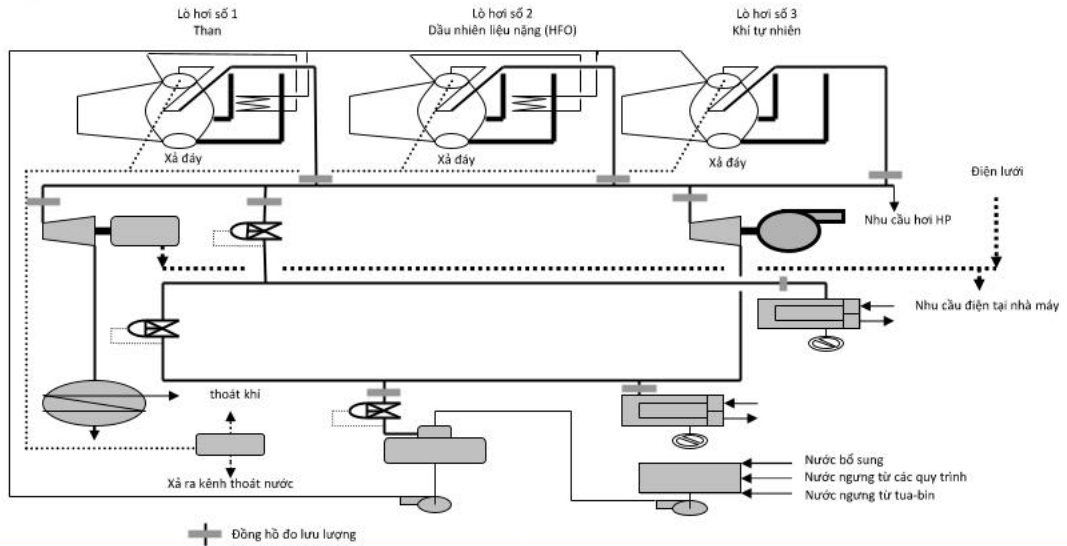
Phần_2_19

Bài tập thực hành SSST

- Bạn đã được giao nhiệm vụ đánh giá hệ thống hơi nước 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 nước 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 nước) 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 chuyến 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 nước 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 bẫy hơi	40	8
KẾ HOẠCH XỬ LÝ NƯỚC		
WT1: Xử lý Nước - Đảm Bảo Chức Năng	10	5
WT2: Làm sạch cầu cặn 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, O ₂ , 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 nước và xu hướng
 - Tương quan chi phí hơi nước với sản xuất và tiêu chuẩn
- Thực hành vận hành hệ thống hơi nước
 - Tích hợp kế hoạch quản lý bốc 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

Phần_2_33

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

Phần_2_34

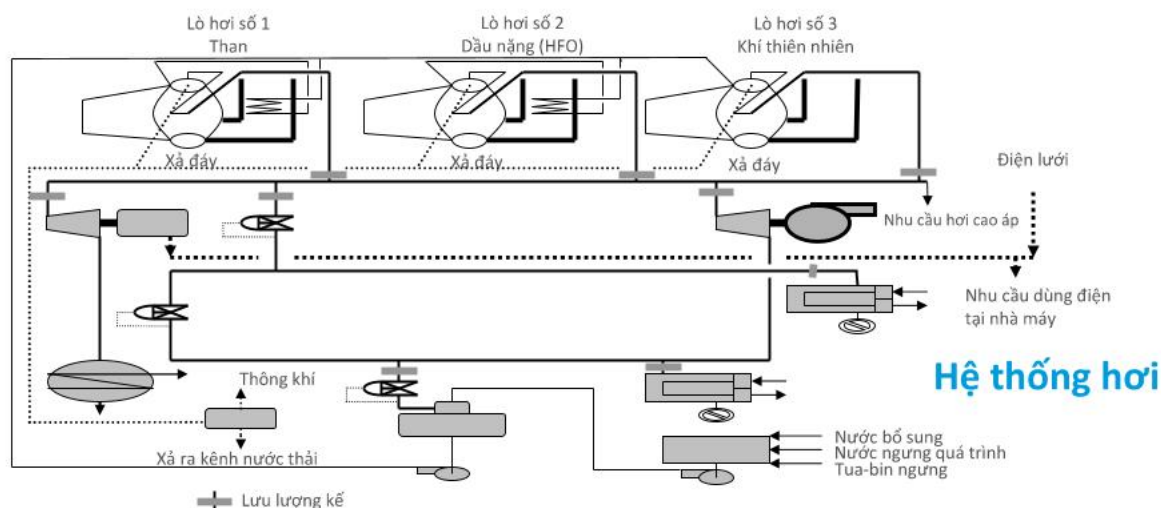
Những điểm chính / Mục cần hành động

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 nước
2. Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi nước (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

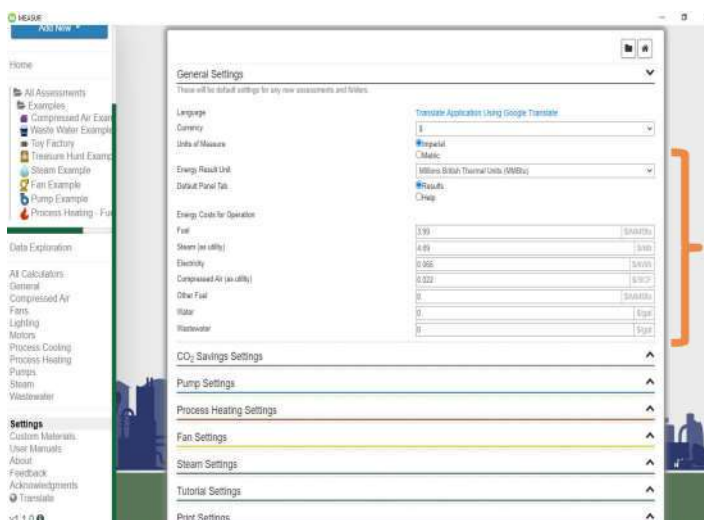
Công cụ MEASUR của US DOE (Tiếp)



Phần_3_5

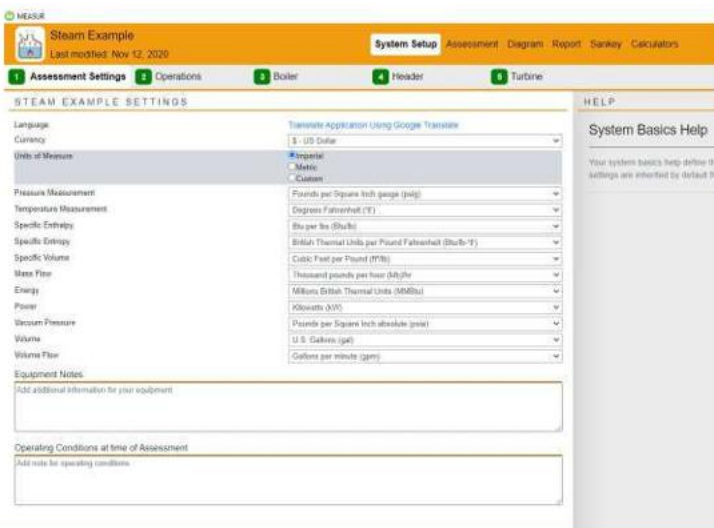
Cài đặt

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



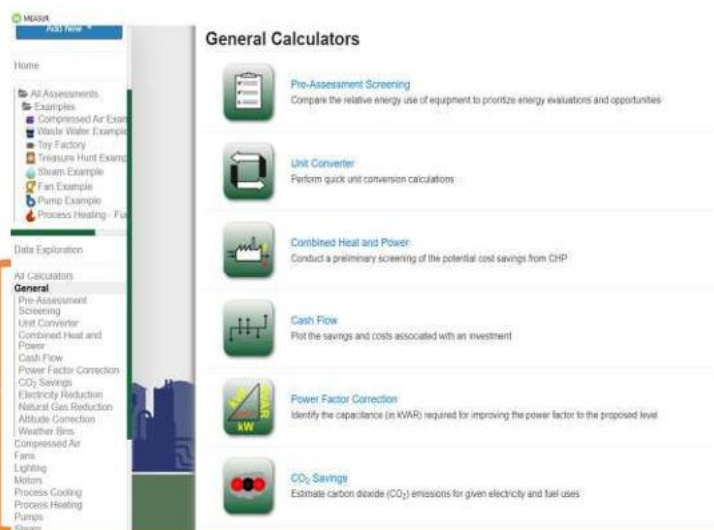
Phần_3_6

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 dễ giao dịch nhất nhưng vẫn có sẵn một số loại tiền tệ khác
- HELP luôn ở bên

Phần_3_7

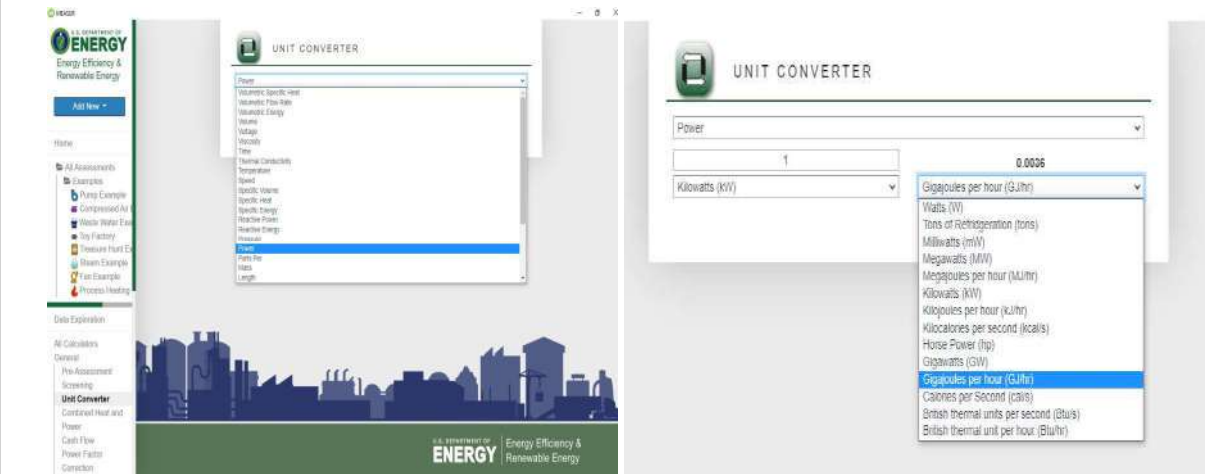


Tất cả các công cụ

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

Phần_3_8

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.
- Deaerator**
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

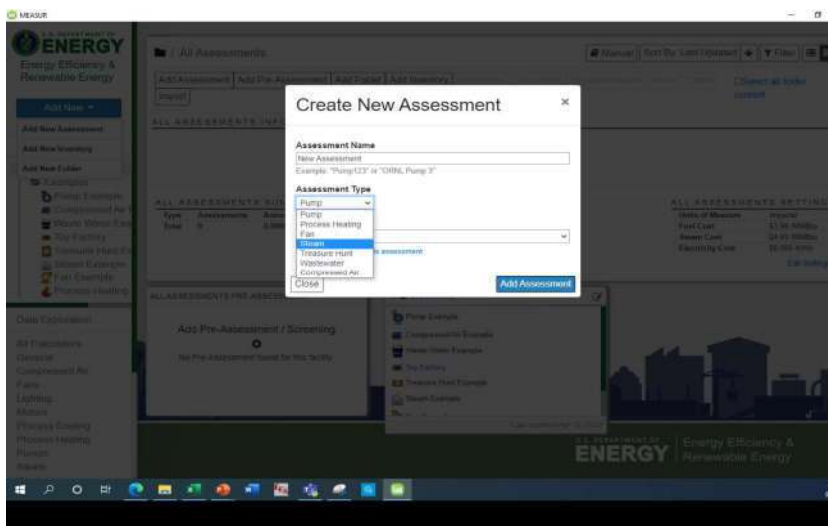
Công cụ tính hệ thống bơm

Phần_3_12



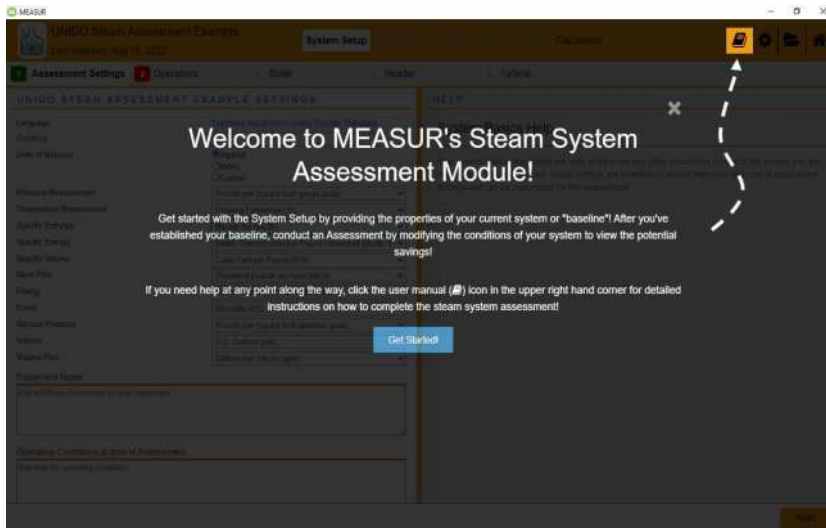
Bảng điều khiển MEASUR

Phần_3_13



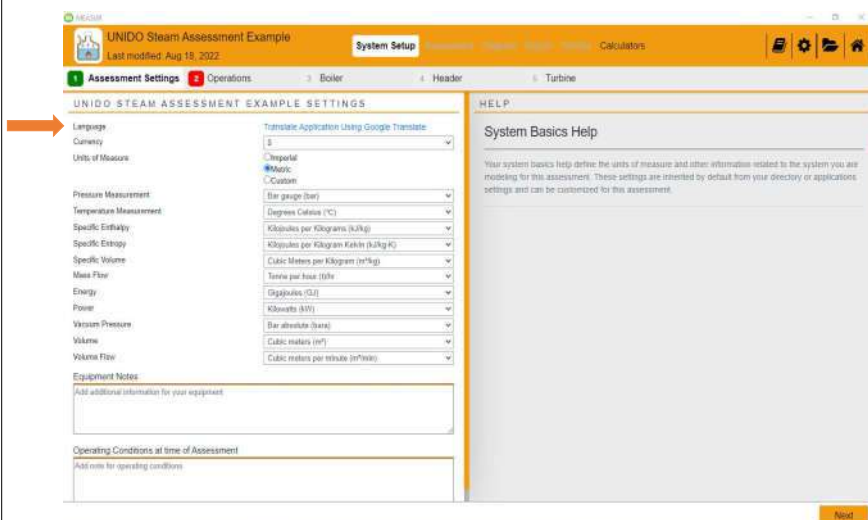
MEASUR's - Mô-đun đánh giá

Phần_3_14



Mô-đun đánh giá
hơi nước của
MEASUR

Phần_3_15



Phần đầu vào –
Cài đặt đánh giá

Phần_3_16

UNIDO Steam Assessment Example
Last modified: Aug 18, 2022

System Setup

Translate Application

Select Language

Assessment Settings Operations Boiler

Mass Flow: Tonne per hour (t/hr)

Energy: Gigajoules (GJ)

Power: Kilowatts (kW)

Vacuum Pressure: Bar absolute (bara)

Volume: Cubic metres (m³)

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

Equipment Notes

Operating Conditions at time of Assessment

Next

Phần đầu vào –
Cài đặt đánh giá
(Tiếp)

Phần_3_17

UNIDO Steam Assessment Example
Last modified: Aug 18, 2022

System Setup

Assessment Settings Operations Boiler Header

OPERATING CONDITIONS

General Details

Operating Hours: 8750 hrs/yr

Site Power Import: kW

Value Required

Make-up Water Temperature: 10 °C

Energy Costs for Operation

Fuel: 5.48 \$/GJ

Electricity: 0.05 \$/kWh

Make-Up Water Cost: 7.925161546675 \$/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

Phần đầu vào –
Vận hành

Phần_3_18

MEASUR



UNIDO Steam Assessment Example

Last modified: Aug 18, 2022

System Setup

Assessment

1 Assessment Settings 2 Operations 3 **Boiler** 4 Header

BOILER DETAILS

Boiler Combustion Efficiency	85	%
Calculate Efficiency		
Blowdown Rate	5	%
Calculate Blowdown Rate		
Is the blowdown flashed?	No	
Preheat Make-up Water with Blowdown	No	
Steam Temperature	200	°C
Deaerator Vent Rate	0	%
Deaerator Pressure	3	bar

Phần đầu vào –
Lò hơi

Phần_3_19

Phần đầu vào – Ống góp

MEASUR



UNIDO Steam Assessment Example

Last modified: Aug 18, 2022

System Setup

Assessment

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Boiler 4 **Header**

HEADER DETAILS

Number Of Headers	1	
Condensate Return	1	
Condensate Return Temperature	2	
Flash Condensate Return	No	
High Pressure Header		
Pressure		bar
Process Steam Usage		l/hr
Condensate Recovery Rate		%
Heat Loss	0.1	%

MEASUR



UNIDO Steam Assessment Example

Last modified: Aug 18, 2022

System Setup

Assessment

1 Assessment Settings 2 Operations 3 **Boiler** 4 **Header**

HEADER DETAILS

Number Of Headers	1	
Condensate Return		
Condensate Return Temperature	80	°C
Flash Condensate Return	No	
High Pressure Header		
Pressure	10	bar
Process Steam Usage	15	l/hr
Condensate Recovery Rate	80	%
Heat Loss	0.0	%

Phần_3_20

Phần đầu vào – Tua-bin

MEASUR

UNIDO Steam Assessment Example

Last modified: Aug 18, 2022

System Setup Assessment Diagram Report Sink

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 bara

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

HELP

Turbine Help

Enter measured data to calculate

Isentropic Efficiency

The energy removed as a gas (entropy in - entropy out) / (specific enthalpy in - specific enthalpy out)

Turbine Type

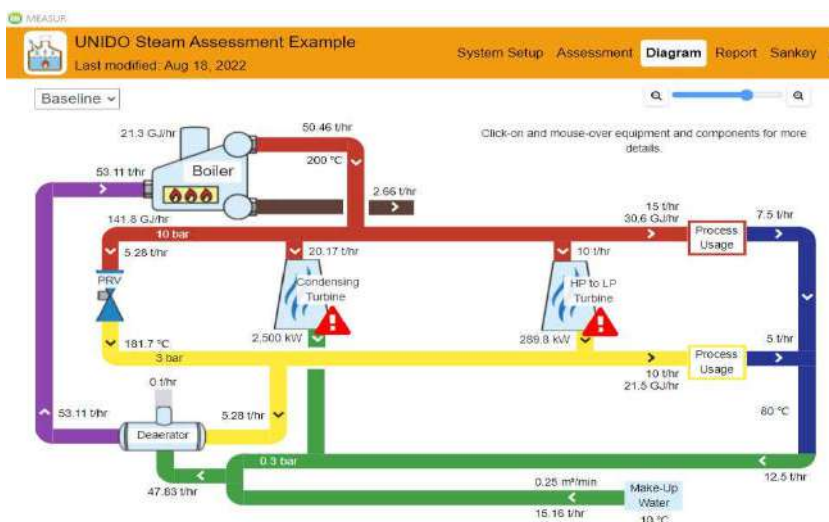
- Single Stage
- Single Stage
- Single Stage
- Multi-Stage <10

Turbine Type	Exhaust Type	Average (%)
Single Stage	Back Pressure	53
Single Stage	Condensing	57
Multi-Stage <10MW	Back Pressure	60
Multi-Stage <10MW	Condensing	67
Multi-Stage >10MW	Back Pressure	75
Multi-Stage >10MW	Condensing	80

Source: <https://www.elliott-turbo.com/TurbineCalculator>

Phần_3_21

Sơ đồ hệ thống hơi nước

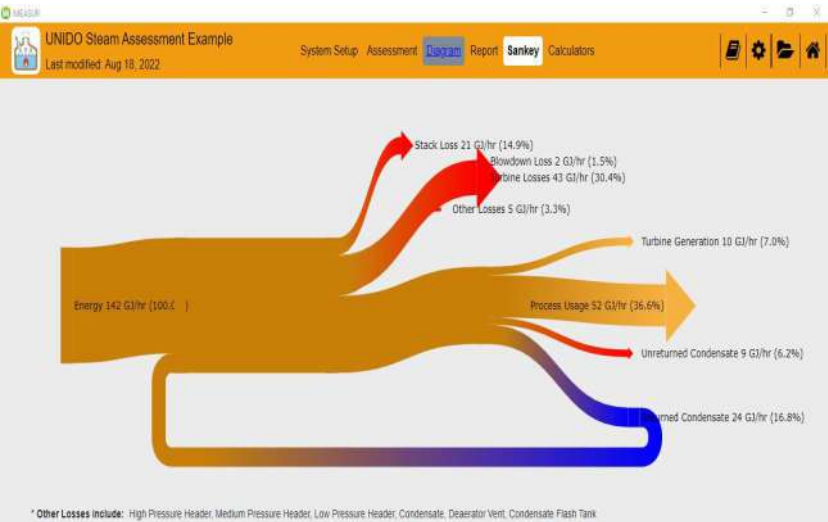


Phần_3_22

Tóm tắt hệ thống hơi nước

RESULTS	HELP
STEAM SYSTEM SUMMARY	
Steam Generated 50.5 t/hr Total Operating Cost \$10,050,894	
CO₂ Emissions (tonne CO₂/yr)	
Emissions From Fuel	62,480.81
Emissions From Selling Electricity	0
Emissions From Change in Electricity Imports	0
Total Emissions	62,480.81
Fuel	
Boiler Fuel Use	1,242,410.19 GJ/yr
Boiler Fuel Cost (\$)	\$6,808,408
Electricity	
Electricity Generated	2,789.8 kW
Electricity Imported	5,000 kW
Electricity Cost (\$)	\$2,190,000
Make-Up Water	
Make-Up Water Required	132,803.12 m ³
Make-up Water Cost (\$)	\$1,052,486
COST SUMMARY	
Power Balance	
Generation	2,789.8 kW
Demand	7,789.8 kW
Import	5,000 kW
Unit Cost	\$0.06 /kWh
Total \$/yr	\$2,190,000
Fuel Balance	
Boiler	141.83 GJ/hr
Unit Cost	\$5.48 /GJ
Total \$/yr	\$6,808,408
Make-Up Water	
Flow	0.25 m ³ /min
Unit Cost	\$7.9252 /m ³
Total \$/yr	\$1,052,486
Total Operating Cost \$10,050,894	
MARGINAL STEAM COST	
High Pressure	\$21.71 /t
Medium Pressure	\$0.00 /t
Low Pressure	\$21.68 /t

Phần_3_23



Hệ thống hơi nước – biểu đồ Sankey

Phần_3_24

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_25

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

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

Phần_3_26

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 đáy 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_27

Trang đánh giá (Chế độ xem dành cho người mới)

MEASUR



UNIDO Steam Assessment Example

Last modified: Aug 18, 2022

System Setup

Assessment

Explore Opportunities

Modify All Conditions

Novice View

Expert View

Now that you have setup your system and have baseline information, create duplicate baseline conditions to find efficiency opportunities.

Explore Opportunities

Data will be copied from your current baseline condition.

Phần_3_28

MEASUR
UNIDO Steam Assessment Example
 Last modified: Aug 18, 2022

System Setup **Assessment** Diagram Report Sankey

[Explore Opportunities](#) **Modify All Conditions**
[Baseline View](#) Expert View

Operations **Boiler** **Header** **Turbine**

BASELINE

General Details

Operating Hours: 6760 hrs/yr

Site Power Input: 5000 kW

Make-up Water Temperature: 10 °C

Energy Costs for Operation

Fuel: 5.48 \$/GJ

Electricity: 0.05 \$/kWh

Make-Up Water Cost: 7.925161546875 \$/m3

Carbon Emissions From Fuel

Energy Source: Natural Gas

Fuel Type: Natural Gas

Total Fuel Emission Output Rate: 60.29 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: 401.67 kg CO₂/MWh

MODIFICATION

Now that you have setup your system and have baseline information, create duplicate baseline conditions to find efficiency opportunities.

Add Modified Condition

Data will be copied from your current baseline condition.

Trang đánh giá
(Chế độ xem dành cho chuyên gia)

Phần_3_29

Steam Example
 Last modified: Aug 19, 2022

System Setup Assessment Diagram **Report** Sankey Calculators

[Examples](#) **Steam Example**
 Last Modified 8/19/22, 11:56 AM

Executive Summary Energy Summary Losses Diagram Report Graphs Input Summary Facility Info Sankey

	Baseline	Remove Turbines	Flash Condensate	Increase Condensate Recovery	Scenario 4
Percent Savings (%)	—	0.0%	3.0%	2.0%	—
Power Cost (\$/yr)	2,800,000	7,521,690	2,266,170	2,171,826	2,000,000
Savings	—	-5,521,690	-268,170	-171,826	0
Fuel Cost (\$/yr)	23,843,309	20,893,575	22,882,552	23,289,852	23,843,309
Savings	—	2,949,734	985,757	562,457	0
Make-up Water Cost (\$/yr)	440,595	393,930	434,286	230,336	440,595
Savings	—	46,666	6,309	210,259	0
Annual Cost (\$)	26,283,904	28,809,195	25,562,008	25,683,014	26,283,904
Annual Savings (\$)	—	-2,525,290	721,897	100,890	0
Implementation Cost	—	—	—	—	—
Payback Period (months)	—	—	—	—	—
Selected Energy Projects	—	—	—	—	—
Modifications	—	Operations Turbine	Operations Boiler Header	Operations Header	Operations

Báo cáo
(Tóm tắt điều hành)

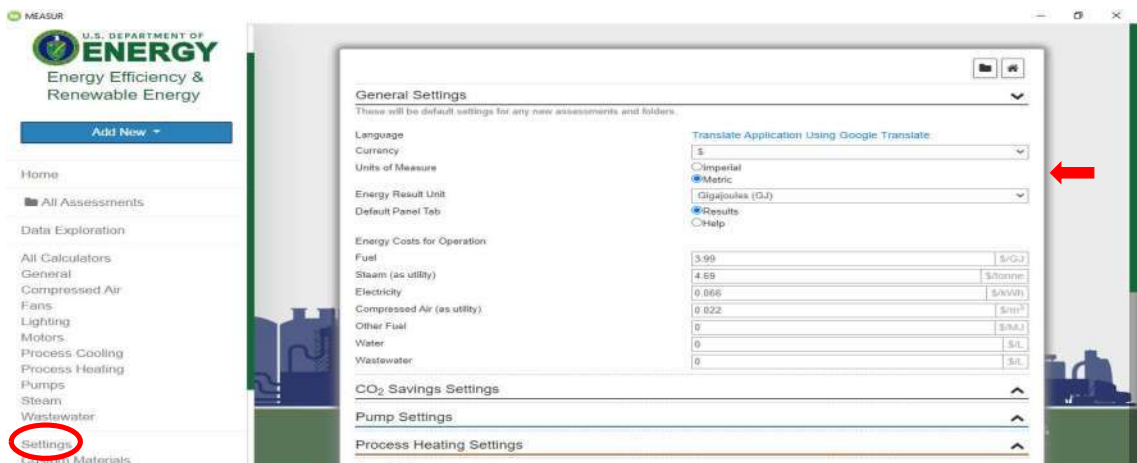
Phần_3_30

US DOE MEASUR

- Mở MEASUR
 - Phiên bản đã cài đặt
 - Phiên bản trực tuyến ←
- Bắt đầu ở “Settings”
 - Cài đặt tổng quát
 - Cài đặt hệ thống hơi
- Mở hai cửa sổ MEASUR trên trình duyệt
 - Đánh giá hệ thống hơi
 - Công cụ tính

Phần_3_31

MEASUR (Cài đặt hệ thống tổng thể)



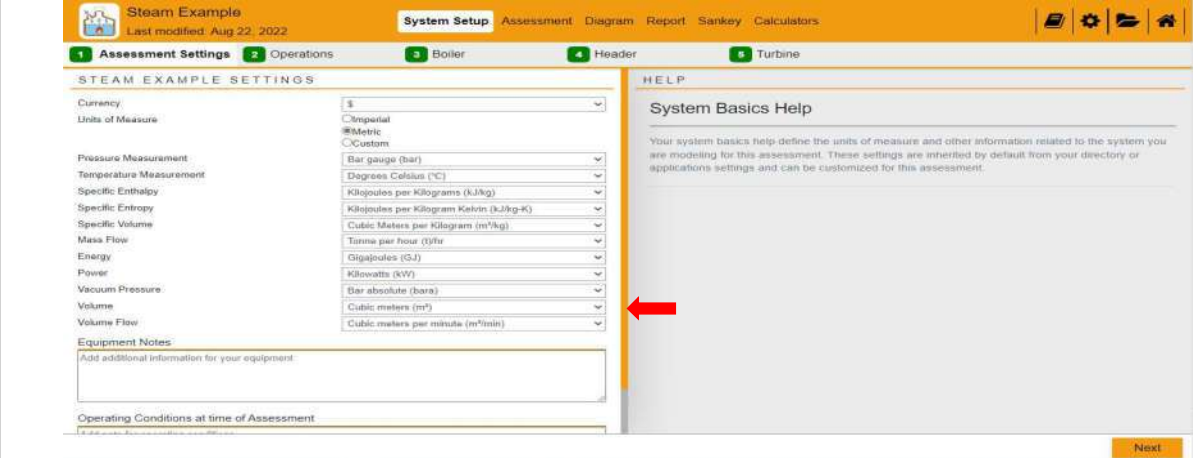
Phần_3_32

MEASUR (Đánh giá hệ thống hơi nước)



Phần_3_33

MEASUR (Cài đặt hệ thống tổng thể)



Phần_3_34

Steam Example
Last modified: Aug 22, 2022

System Setup | Assessment | Diagram | Report | Sankey | Calculators

1 Assessment Settings | **2 Operations** | 3 Boiler | 4 Header | 5 Turbine

OPERATING CONDITIONS

General Details		
Operating Hours	8000	hrs/yr
Site Power Import	5000	kW
Make-up Water Temperature	10	°C
Energy Costs for Operation		
Fuel	5.48	\$/GJ
Electricity	0.05	\$/kWh
Make-Up Water Cost	0.66043012890625	\$/m3
Carbon Emissions From Fuel		
Energy Source	Natural Gas	
Fuel Type	Natural Gas	
Total Fuel Emission Output Rate	47.66533560934923	kg CO ₂ /GJ
Carbon Emissions From Electricity		
Zip code	00000	
eGRID Subregion	U.S. Average	
Total Emission Output Rate	401.07	kg CO ₂ /MWh

HELP

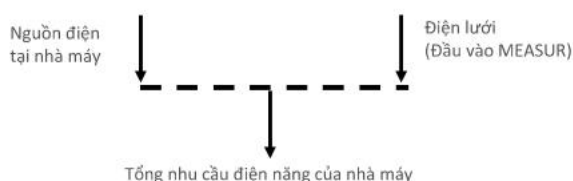
Steam Operations Help

Enter measured data to calculate your

MEASUR (Vận hành hệ thống hơi nước)

Phần_3_35

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

Phần_3_36

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

Phần_3_37

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_38

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_39

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_40

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_41

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_42

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 hydrocacbon 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_43

Nhiệt trị nhiên liệu

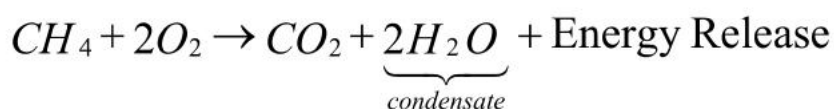
- Hàm lượng năng lượng của nhiên liệu được xác định bằng quá trình cháy
 - Quá trình cháy bắt đầu và kết thúc ở nhiệt độ môi trường
 - Năng lượng giải phóng trong quá trình cháy được đo
 - Lượng nhiệt đốt cháy nhiên liệu (năng suất tỏa nhiệt và nhiệt trị)
- Nhiên liệu chứa hydro sẽ tạo thành nước trong quá trình cháy



Phần_3_44

Nhiệt trị cao (HHV)

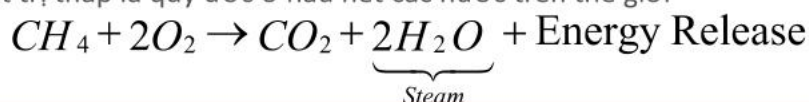
- Nước (H_2O) hình thành trong quá trình cháy ban đầu là hơi nước nhưng ngưng tụ trong quá trình thí nghiệm nhiệt trị
 - Mỗi kg nước giải phóng ~ 2.325 kJ năng lượng bằng cách ngưng tụ
 - Sự giải phóng năng lượng này được đo bằng Nhiệt trị cao
- Tại Hoa Kỳ, HHV là quy ước chung
 - Ngoại lệ chính là lĩnh vực tuabin đốt



Phần_3_45

Nhiệt trị thấp (LHV)

- Nhiệt trị thấp là năng lượng được giải phóng từ quá trình cháy mà không giải phóng nhiệt ẩn từ quá trình ngưng tụ
- Nhiệt trị thấp thường được xác định bằng cách tính toán từ nhiệt trị cao và thành phần nhiên liệu
- Trong hầu hết việc vận hành lò hơi, khói thải sẽ thoát ra khỏi lò hơi mà không ngưng tụ
- Nhiệt trị thấp là quy ước ở hầu hết các nước trên thế giới



Phần_3_46

Nhiệt trị cao và nhiệt trị thấp

- Sự chênh lệch về giá trị giữa nhiệt trị cao và nhiệt trị thấp phụ thuộc vào hàm lượng hydro trong nhiên liệu
 - Sự chênh lệch của khí thiên nhiên (Khí thiên nhiên) là 10%
 - Sự chênh lệch của dầu nhiên liệu là 6%
 - Sự chênh lệch của than là ~4%
 - Sự chênh lệch của gỗ tươi có thể nhiều hơn 20%
- Tại Hoa Kỳ, hầu hết nhiên liệu được bán trên thị trường dựa trên nhiệt trị cao của nhiên liệu
- Điểm quan tâm chính là tính nhất quán

Phần_3_47

Cơ cấu chi phí nhiên liệu – Ảnh hưởng của nhiên liệu

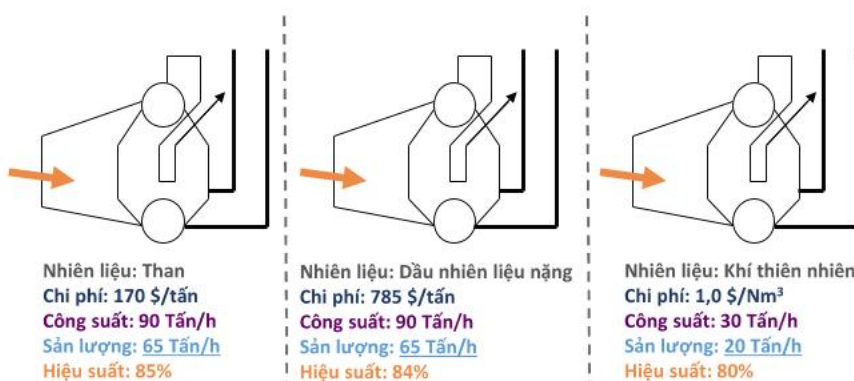
- Phân tích nên được hoàn thành bằng cách sử dụng chi phí tác động
- Chỉ số tổng thể về các cơ hội tiết kiệm có thể đạt được bằng cách sử dụng chi phí tác động trung bình hoặc chi phí dự kiến
- Nhiều mô hình có thể cần được phát triển để phản ánh các tình huống giá khác nhau
 - Giá nhiên liệu thường thay đổi theo mùa
- Khi nhiên liệu tại nhà máy không có trong MEASUR thì nên sử dụng nhiên liệu trong MEASUR tương tự nhất
 - Chi phí nhiên liệu trong MEASUR phải bằng chi phí nhiên liệu liên quan đến năng lượng thực tế

Phần_3_48

Lựa chọn nhiên liệu

- Nhà máy sử dụng nhiều loại nhiên liệu nên được mô hình hóa như thế nào?
 - Ảnh hưởng của chi phí nhiên liệu nên được sử dụng
 - Nhiên liệu sẽ thay đổi mức tiêu thụ nếu nhu cầu hơi nước thay đổi
 - Thông thường, chi phí cao nhất là chi phí nhiên liệu được sử dụng nhưng KHÔNG phải lúc nào cũng vậy
 - “Chi phí tổng hợp” thường không phản ánh những thay đổi thực tế của hệ thống
 - Chi phí tổng hợp có mang lại mức độ tin cậy trong kết quả mô hình

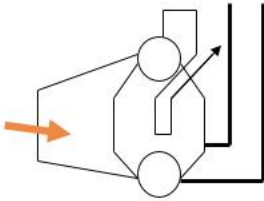
Phần_3_49



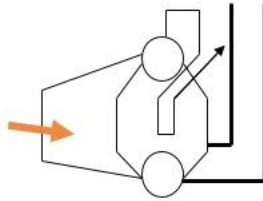
Lựa chọn nhiên liệu

- Việc giảm công suất bị giới hạn bởi khả năng vận hành cháy tối thiểu
- Vấn đề cháy tối đa bị giới hạn bởi công suất đầu ra liên tục
- Ảnh hưởng của nhiên liệu trong hệ thống này là gì?

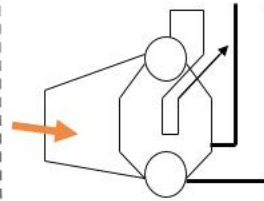
Phần_3_50



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



Nhiên liệu: Heavy Fuel Oil
Chi phí: 18 \$/GJ
Công suất: 90 Tấn/h
Sản lượng: 65 Tấn/h
Hiệu suất: 84%



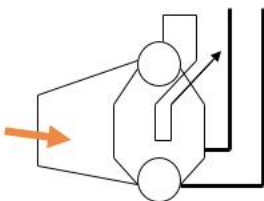
Nhiên liệu: Natural gas
Chi phí: 25 \$/GJ
Công suất: 30 Tấn/h
Sản lượng: 20 Tấn/h
Hiệu suất: 80%

Lựa chọn nhiên liệu

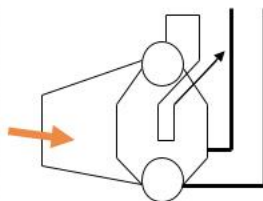
- Từ góc độ chi phí thuần túy – Lò hơi đốt khí thiên nhiên là lò hơi tác động nhất
 - Nó có chi phí sản xuất hơi nước cao nhất!

Phần_3_51

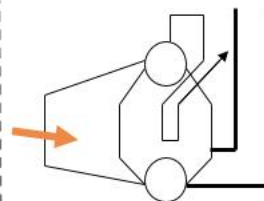
Thông số hơi:
25 bar và 375°C



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



Nhiên liệu: Heavy Fuel Oil
Chi phí: 18 \$/GJ
Công suất: 90 Tấn/h
Sản lượng: 65 Tấn/h
Hiệu suất: 84%



Nhiên liệu: Natural gas
Chi phí: 25 \$/GJ
Công suất: 30 Tấn/h
Sản lượng: 20 Tấn/h
Hiệu suất: 80%

Chi phí nhiên liệu trung bình

- Đối với điều kiện vận hành này, “chi phí nhiên liệu trung bình” là ~\$13,6/GJ
- Hiệu suất lò hơi kết hợp của nhà máy là 83,9%
- Điều này rất tốt để sử dụng kiểm tra tính thống nhất tổng thể của việc sử dụng nhiên liệu

Phần_3_52

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_53

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

6760

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

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_54

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_55

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_56

Phần lò hơi trong MEASUR

Steam Example
 Last modified: Aug 22, 2022

System Setup | Assessment | Diagram | Report | Sankey | Calculators

1 Assessment Settings | **2** Operations | **3** **Boiler** | **4** Header | **5** Turbine

BOILER DETAILS

Boiler Combustion Efficiency	85	%
Calculate Efficiency		
Blowdown Rate	2	%
Calculate Blowdown Rate		
Is the blowdown flashed?	No	▼
Preheat Make-up Water with Blowdown	No	▼
Steam Temperature	309.39	°C
Deaerator Vent Rate	0.1	%
Deaerator Pressure	1.03	bar

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

Phần_3_57

Hiệu suất lò hơi theo ASME

- Hiệp hội kỹ sư cơ khí Hoa kỳ (American Society of Mechanical Engineers (ASME)) đã thiết lập một tiêu chuẩn thử nghiệm toàn diện cho lò hơi
 - ASME Power Test Code 4 (ASME PTC-4)
 - Hiệu suất nhiên liệu (giống như phương trình cổ điển)
 - Hiệu suất tổng thể (bao gồm các dòng đầu vào phụ trợ)
 - ASME PTC-4 mô tả hai phương pháp khảo sát
 - Đầu vào/Đầu ra (phương pháp trực tiếp)
 - Cân bằng năng lượng (phương pháp gián tiếp)

Phần_3_58

ASME – PTC 4 Xác định hiệu suất lò hơi

- Hai phương pháp thường được chấp nhận
 - Phương pháp đầu vào/đầu ra

$$\text{Hiệu suất} = \frac{\text{Đầu ra}}{\text{Đầu vào}} \times 100$$

- Phương pháp cân bằng năng lượng

$$\text{Hiệu suất} = \left[\frac{\text{Đầu vào} + \text{Bổ sung} - \text{Tổn thất}}{\text{Đầu vào}} \right] \times 100$$

$$\text{Hiệu suất} = \left[1 - \frac{(\text{Tổn thất} - \text{Bổ sung})}{\text{Đầu vào}} \right] \times 100$$

- Sự khác biệt cơ bản giữa các phương pháp nằm ở độ chính xác của phép đo và xác định tổn thất

Hiệu suất lò hơi cổ điển

- Hiệu suất sinh hơi được định nghĩa là nhiệt lượng hấp thụ bởi hơi nước chia cho năng lượng đầu vào của nhiên liệu.

$$\eta_{\text{boiler}} = \frac{\text{Nhiệt lượng hấp thụ bởi hơi nước}}{\text{Năng lượng đầu vào của nhiên liệu}} \times 100$$

$$\eta_{\text{boiler}} = \frac{m_{\text{steam}} (h_{\text{steam}} - h_{\text{feedwater}})}{m_{\text{fuel}} HHV_{\text{fuel}}} \times 100$$

- Phương trình này có thể được áp dụng cho lò hơi hoặc nhà máy lò hơi
- Phương trình này có thể được áp dụng cho các phép đo tức thời hoặc bất kỳ khoảng thời gian xác định nào (hàng ngày, tháng, hàng năm, v.v.)

Hiệu suất lò hơi điển hình

- Một nồi hơi thông thường sẽ có hiệu suất ----?

75%
Gỗ

82%
Khí thiên nhiên

87%
Dầu và Than

- Hiệu suất phụ thuộc vào nhiều yếu tố:
 - Loại nhiên liệu
 - Thiết bị lắp đặt và điều khiển
 - Phụ tải lò hơi, v.v.

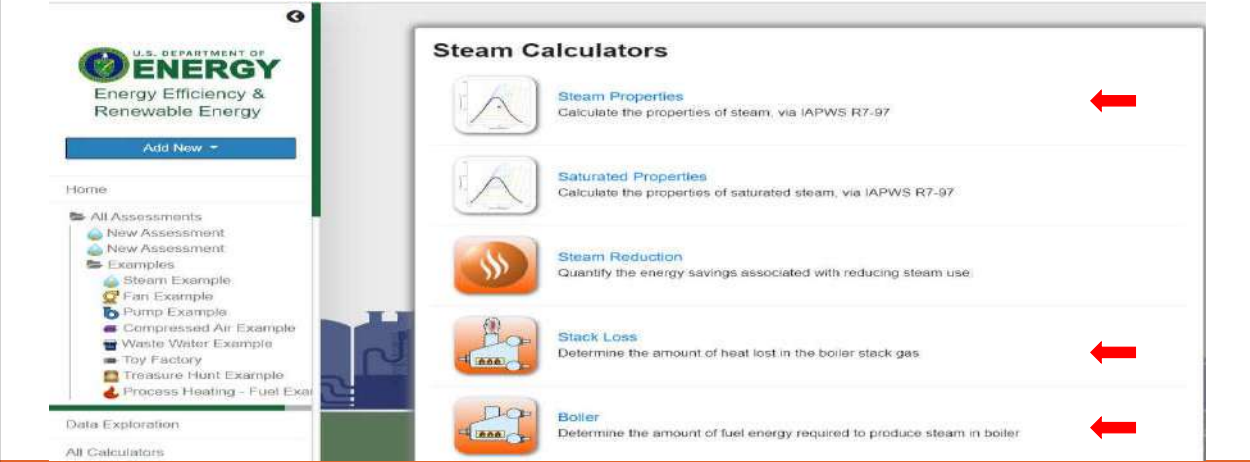
Phần_3_61

Hiệu suất sinh hơi

- Lò hơi đốt khí thiên nhiên có nhiệt trị cao bằng 54.220 kJ/kg
 - HHV bằng 40.144 kJ/m³
- Sản lượng hơi: 20 Tấn/h (ổn định quanh năm)
- Thông số hơi: 25 bar, 375°C
- Nước cấp lò hơi: 30 bar, 110°C
- Nhiên liệu tiêu hao: 1.693 Nm³/h (28 Nm³/phút)
- Chi phí nhiên liệu: 1,0 \$/Nm³
- Xác định hiệu suất vận hành lò hơi?**

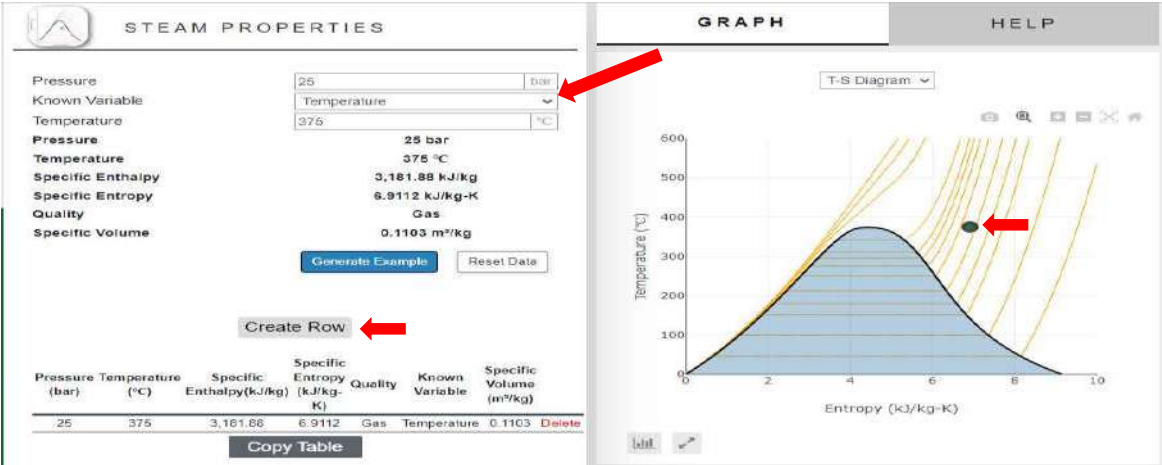
Phần_3_62

Công cụ hơi trong MEASUR



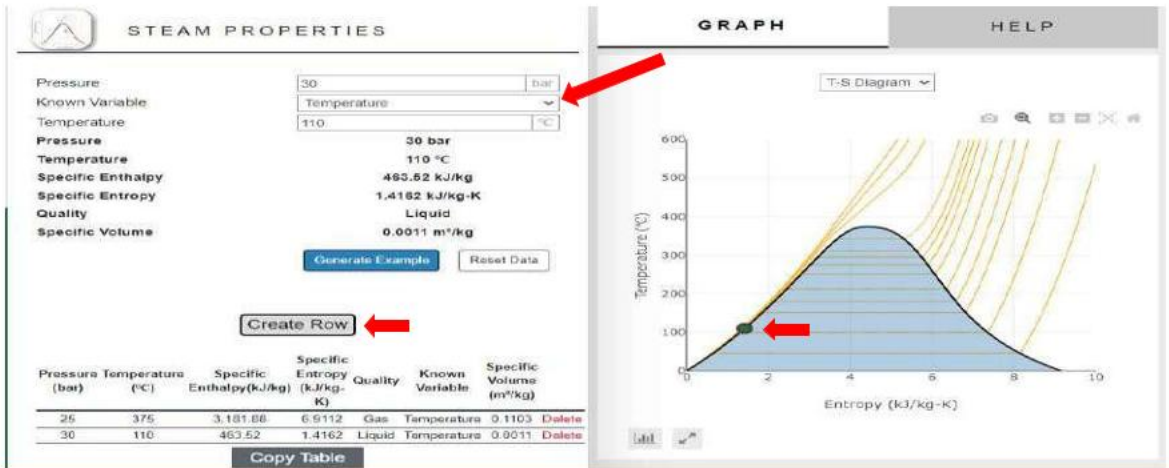
Phần_3_63

Công cụ hơi trong MEASUR



Phần_3_64

Công cụ hơi trong MEASUR



Phần_3_65

Hiệu suất sinh hơi

$$\eta_{\text{boiler}} = \frac{m_{\text{steam}} (h_{\text{steam}} - h_{\text{feedwater}})}{m_{\text{fuel}} HHV_{\text{fuel}}} \times 100$$

- $m_{\text{team}} = 20.000 \text{ kg/h}$
- $h_{\text{steam}} = 3.181,9 \text{ kJ/kg}$
 - 25 bar, 375°C – quá nhiệt
- $h_{\text{feedwater}} = 463,5 \text{ kJ/kg}$
 - 30 bar, 110°C
- $M_{\text{fuel}} = 1.693 \text{ m}^3/\text{h}$
- $HHV_{\text{fuel}} = 40.144 \text{ kJ/m}^3$

* Bảng thông số hơi nước cung cấp số liệu nhiệt động học của hơi nước và nước cấp

Phần_3_66

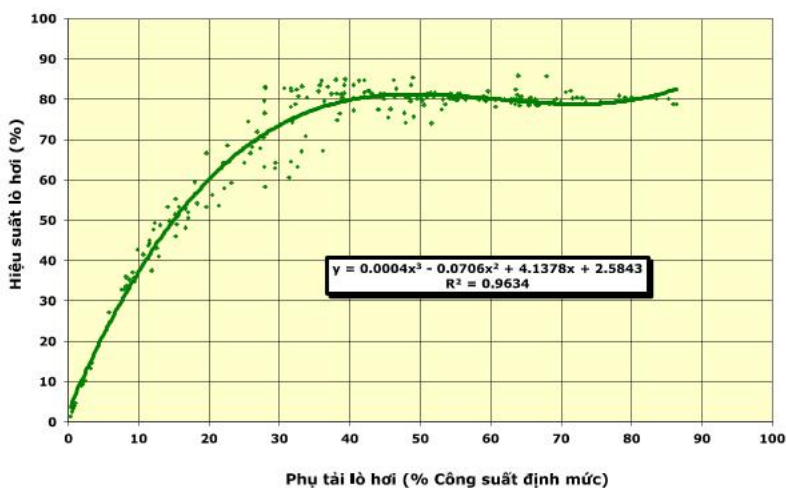
Hiệu suất sinh hơi

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$

$$\eta_{boiler} = \frac{20.000 (3.181,9 - 463,5)}{1.693 \times 40.144} \times 100$$

$$\eta_{boiler} = 80,0\%$$

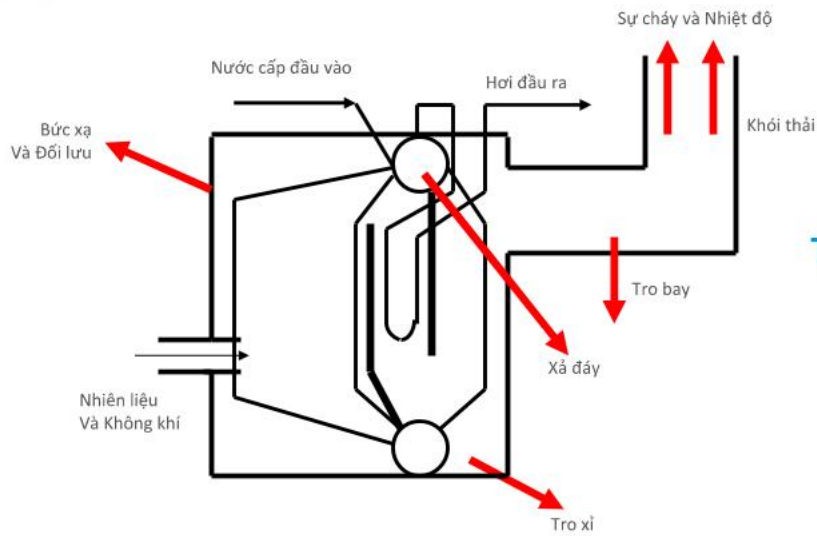
Phần_3_67



Đường cong hiệu suất lò hơi điển hình

- Tại sao hiệu suất không phải là 100%?

Phần_3_68



Phần_3_69

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
 - Tổn thất do xả đáy
 - Tổn thất trên đường khói

$$\eta_{boiler} = 100 - \text{Các tổn thất}$$

$$\eta_{boiler} = 100 - \lambda_{shell} - \lambda_{blowdown} - \lambda_{stack} - \lambda_{other} \quad \boxed{0}$$

Phần_3_70

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Xác định chi phí vận hành nhà máy lò hơi
2. Xác định đơn giá sản xuất hơi nước
3. Xác định hiệu suất vận hành lò hơi

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$

4. Có 3 tổn thất lớn trong quá trình sinh hơi nước – tổn thất qua vỏ, tổn thất do xả đáy và tổn thất trên đường khói

$$\eta_{boiler} = 100 - \lambda_{shell} - \lambda_{blowdown} - \lambda_{stack} - \lambda_{other} \quad 0$$

Phần_3_71

Độ lớn của tổn thất qua vỏ

- Đây là con số rất khó để đánh giá chính xác
- Nó phải được thực hiện với các phép đo hiện trường rộng rãi và tính toán truyền nhiệt
- The American Society of Mechanical Engineers (ASME) Power Test Code 4 (PTC-4) xác định quy trình tính toán để ước tính tổn thất qua vỏ lò.
 - ASME PTC-4-2008, Phần 5.14.9, Trang 91-92.
- Thông thường, đây KHÔNG phải là một tổn thất lớn so với các tổn thất khác
- Có thể ước tính dựa trên phụ tải bằng cách sử dụng dữ liệu BestPractices
- Tuy nhiên, có thể là một cơ hội cải tiến đầy tiềm năng

Phần_3_72

Hướng dẫn tính tổn thất qua vỏ cấp 1

Đánh giá tại nhà máy để ước tính tổng tổn thất qua vỏ				
Loại lò hơi	Đánh giá việc sinh hơi		Ước tính tổn thất qua vỏ khi đầy tải của lò hơi	
	Minimum [Tấn/h]	Maximum [Tấn/h]	Maximum [% năng lượng nhiên liệu đầu vào]	Minimum [% năng lượng nhiên liệu đầu vào]
Ông nước	5	50	2,0	0,3
Ông nước	50	500	0,6	0,1
Ông nước	500	5.000	0,2	0,1
Ông lửa	0,5	20	1,0	0,1

Phần_3_73

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Ví dụ về tổn thất qua vỏ lò hơi

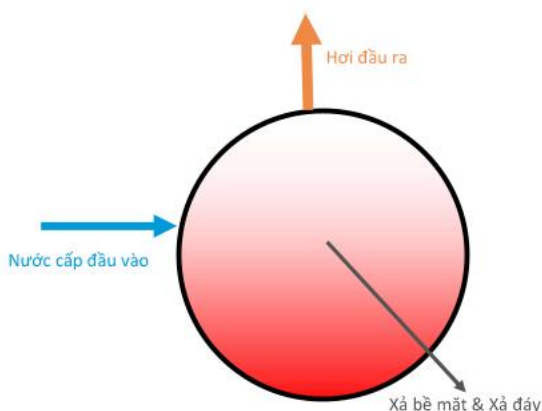
- Từ một cuộc điều tra kiểu ASME, tổn thất do bức xạ và đối lưu của lò hơi là ~ 0,5% tổng năng lượng nhiên liệu đầu vào của lò hơi
- Tổng chi phí năng lượng nhiên liệu ~ 14.800.000 USD mỗi năm
- Điều này thể hiện tổn thất qua vỏ lò hơi ~**74.000 USD/năm** đối với lò hơi đốt khí thiên nhiên
- Lưu ý: Tổn thất thực tế của mỗi lò hơi sẽ khác nhau do giá nhiên liệu và kích thước lò hơi khác nhau

Phần_3_74

Tổn thất qua vỏ

- Tổn thất do bức xạ và đối lưu khi đầy tải thường là :
 - Dưới 1,0% đối với lò hơi ống nước
 - Dưới 0,5% đối với lò hơi ống lửa
- Tỷ lệ tổn thất qua vỏ tăng khi phụ tải lò hơi giảm vì mức độ tổn thất qua vỏ về cơ bản là không đổi
 - Tổn thất qua vỏ $\sim 0,5\%$ khi đầy tải, tổn thất qua vỏ $\sim 2,0\%$ khi 1/4 tải
 - Cơ hội chính trong lĩnh vực này là giảm số lượng lò hơi đang hoạt động để giảm tổng tổn thất qua vỏ tại nhà máy
 - Tổn thất trên đường khói cần phải được xem xét
- Giảm nhu cầu dùng hơi nước sẽ KHÔNG dẫn đến bất kỳ thay đổi nào về tổn thất qua vỏ..... Trừ khi ngừng hoạt động lò hơi!

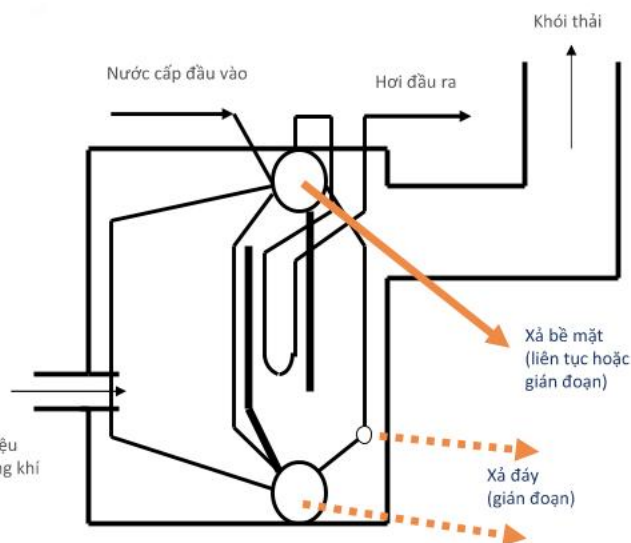
Phần_3_75



Tổn thất do xả đáy

- Nước lò hơi chứa các khoáng chất hòa tan nhưng không tan trong hơi nước
- Những khoáng chất này KHÔNG rời đi theo hơi nước
- Nồng độ của các hóa chất này tăng dần theo thời gian
- Nước được loại bỏ khỏi lò hơi để duy trì tính chất hóa học thích hợp của nước

Phần_3_76

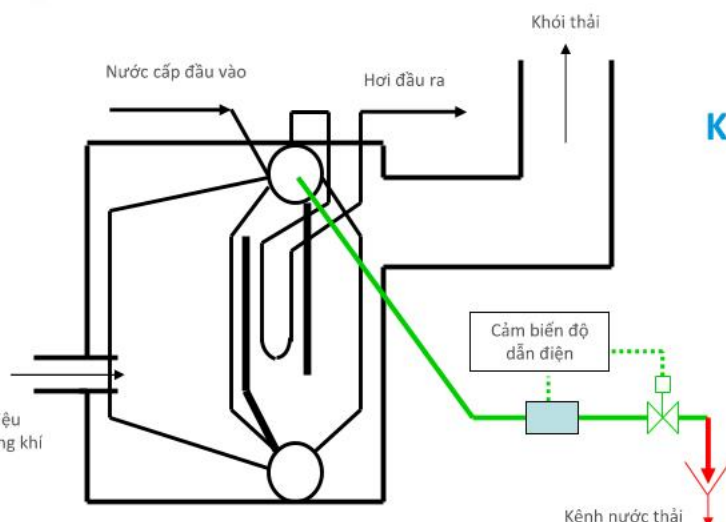


Xả đáy lò hơi có nhiều hình thức

- Bề mặt
 - Liên tục
 - Gián đoạn
- Đáy
 - Gián đoạn

Phần_3_77

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

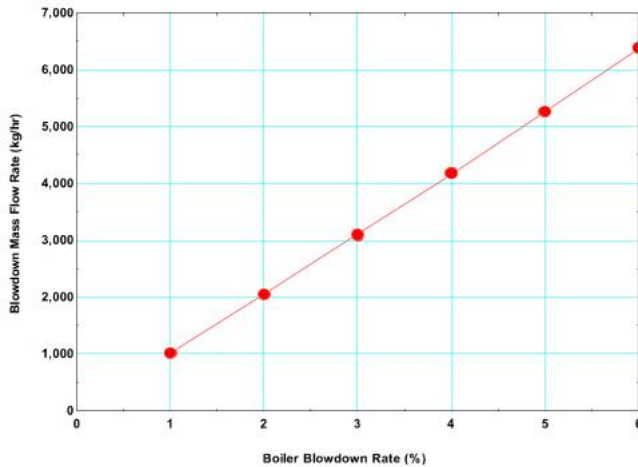


Kiểm soát việc xả đáy

- Độ dẫn điện phải tương quan với chất lượng nước thực tế thông qua phân tích cụ thể

Phần_3_78

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



Đồ thị lò hơi vận hành ở lưu lượng hơi 100 Tấn/h

Năng lượng từ xả đáy lò hơi

- Tổn thất nhiệt năng khi xả lò thường xảy ra ở xả đáy liên tục
- Lưu lượng xả đáy được biểu thị bằng phần trăm lưu lượng nước cấp

$$\beta = \frac{\text{Lưu lượng xả đáy}}{\text{Lưu lượng nước cấp}} \times 100$$

- Cân bằng khối lượng trong lò hơi cung cấp lưu lượng xả đáy

$$m_{\text{xả đáy}} = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) m_{\text{hơi nước}}$$

Ước tính lượng xả đáy

- Rất hiếm để tìm thấy 1 lưu lượng kế đo lưu lượng xả đáy
 - Dòng xả đáy là dòng bão hòa và nhanh
 - Dòng 2 pha rất khó đo
 - Lưu lượng kế phải chịu mức độ bám bẩn cao và dòng 2 pha
- Có thể đo nồng độ hóa chất (như clorua và các hóa chất khác) để xác định tốc độ xả đáy
- Những nồng độ này có thể tương quan với độ dẫn điện
- Tỷ lệ độ dẫn điện nước cấp và độ dẫn điện nước xả đáy cho ra ước tính rất tốt về lượng xả đáy lò hơi

Ví dụ về Lò hơi khí thiên nhiên / Hệ thống hơi

- Lò hơi đốt khí thiên nhiên có nhiệt trị cao bằng 54.220 kJ/kg
 - HHV bằng 40.144 kJ/m³
- Sản lượng hơi: 20 Tấn/h (ổn định quanh năm)
- Thông số hơi: 25 bar; 375°C
- Nước cấp lò hơi: 30 bar, 110°C
- Nhiên liệu tiêu hao: 1.693 Nm³/h (28 Nm³/phút)
- Chi phí nhiên liệu: 1,0 \$/Nm³
- Độ dẫn điện nước xả lò = 2.000 μmho/cm
- Độ dẫn điện nước cấp = 100 μmho/cm
- Nhiệt độ nước bổ sung: 20°C
- Xác định lượng xả đáy và tổn thất năng lượng có thể?**

Phần_3_81

Tổn thất năng lượng do xả đáy

$$\beta \approx \frac{\text{Độ dẫn điện nước cấp}}{\text{Độ dẫn điện nước xả đáy}} \times 100$$

$$\beta \approx \frac{100}{2.000} \times 100 = 5,0\%$$

$$m_{\text{xả đáy}} = \left(\frac{\beta}{1-\beta} \right) m_{\text{hơi nước}} = \left(\frac{0,05}{1-0,05} \right) 20.000 = 1.052 \text{ kg/h} = 0,29 \text{ kg/s}$$

$$Q_{\text{xả đáy}} = m_{\text{xả đáy}} (h_{\text{xả đáy}} - h_{\text{nước cấp}}) = 0,29 (971,8 - 463,5) = 148 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{xả đáy}} = m_{\text{xả đáy}} (h_{\text{xả đáy}} - h_{\text{nước bổ sung}}) = 0,29 (971,8 - 83,9) = 259 \text{ kW}$$

Đánh giá
lò hơi

Đánh giá
hệ thống

Phần_3_82

Tổn thất năng lượng do xả đáy

- Đánh giá hiệu suất lò hơi

$$\lambda_{\text{xả đáy}} = \frac{m_{\text{xả đáy}}(h_{\text{xả đáy}} - h_{\text{xả đáy}})}{m_{\text{nhiên liệu}} HHV_{\text{nhiên liệu}}} \times 100 = \frac{0,29 (971,8 - 463,5)}{1.693 (40.144)} \times 3.600 \times 100 = 0,79\%$$

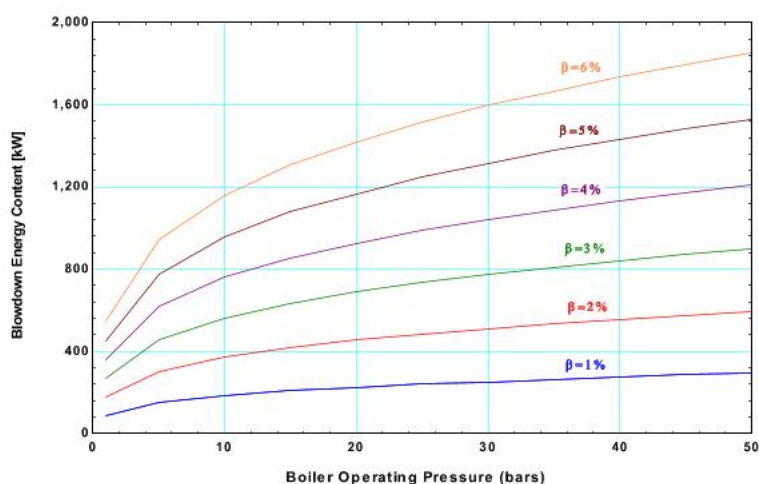
$$\text{Chi phí năng lượng xả đáy} = \lambda_{\text{xả đáy}} \times \text{Chi phí vận hành} = \frac{0,79}{100} \times 14.800.000 \approx 116.500 \$$$

- Đánh giá hiệu suất hệ thống

$$\lambda_{\text{xả đáy}} = \frac{m_{\text{xả đáy}}(h_{\text{xả đáy}} - h_{\text{nước bổ sung}})}{m_{\text{nhiên liệu}} HHV_{\text{nhiên liệu}}} \times 100 = \frac{0,29 (971,8 - 83,9)}{1.693 (40.144)} \times 3.600 \times 100 = 1,38\%$$

$$\text{Chi phí năng lượng xả đáy} = \lambda_{\text{xả đáy}} \times \text{Chi phí vận hành} = \frac{1,38}{100} \times 14.800.000 \approx 204.000 \$$$

Phần_3_83



Tổn thất năng lượng do xả đáy

Đồ thị nồi hơi vận hành ở lưu lượng hơi 100 Tấn/h; Nước bổ sung ở 20°C

Phần_3_84

Tổng tổn thất năng lượng khi xả đáy của hệ thống hơi nước

$$m_{\text{Xả đáy}} = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) m_{\text{hơi}} = \left(\frac{0,05}{1 - 0,05} \right) 150.000 = 7.895 \text{ kg/h} = 2,19 \text{ kg/s}$$

- Sẽ yêu cầu tổng năng lượng nhiên liệu cung cấp cho tất cả các lò hơi
 - Có thể tính toán bằng cách phân tích từng lò hơi hoặc sử dụng hiệu suất trung bình của lò hơi
 - Hệ thống ví dụ - 486,0 GJ/h
- Sẽ yêu cầu tổng chi phí nhiên liệu cho tất cả các lò hơi
 - Có thể tính toán bằng cách phân tích từng lò hơi hoặc sử dụng chi phí nhiên liệu trung bình
 - Hệ thống ví dụ - 6.605 \$/h

Phần_3_85

Tổng tổn thất năng lượng khi xả đáy của hệ thống hơi nước

- Đánh giá hiệu suất lò hơi

$$\lambda_{\text{xả đáy}} = \frac{m_{\text{xả đáy}}(h_{\text{xả đáy}} - h_{\text{nước cấp}})}{m_{\text{nhiên liệu}} HHV_{\text{nhiên liệu}}} \times 100 = \frac{2,19 (971,8 - 463,5)}{486 \times 1.000 \times 1.000} \times 3.600 \times 100 = 0,80\%$$

$$\text{Chi phí năng lượng xả đáy} = \lambda_{\text{xả đáy}} \times \text{Chi phí vận hành} = \frac{0,80}{100} \times 6.605 \times 8.760 \approx 463.000 \$$$

- Đánh giá hiệu suất hệ thống

$$\lambda_{\text{xả đáy}} = \frac{m_{\text{xả đáy}}(h_{\text{xả đáy}} - h_{\text{nước bổ sung}})}{m_{\text{nhiên liệu}} HHV_{\text{nhiên liệu}}} \times 100 = \frac{2,19 (971,8 - 83,9)}{486 \times 1.000 \times 1.000} \times 3.600 \times 100 = 1,40\%$$

$$\text{chi phí năng lượng xả đáy} = \lambda_{\text{xả đáy}} \times \text{Chi phí vận hành} = \frac{1,40}{100} \times 6.605 \times 8.760 \approx 833.000 \$$$

Phần_3_86

Công cụ MEASUR – Xả đáy lò hơi



BOILER BLOWDOWN RATE

BASELINE

Conductivity Readings

Feedwater Conductivity 400 $\mu\text{S/cm}$
Blowdown Conductivity 5500 $\mu\text{S/cm}$

Boiler

Steam Flow 454 t
Steam Temperature 260 $^{\circ}\text{C}$
Boiler Efficiency 85 %

Operations

Operating Hours 8760 hrs/yr
Fuel Cost 4.7295888385494 $\$/\text{GJ}$
Water Cost 0.00066043012890 $\$/\text{L}$
Makeup Water Temperature 10 $^{\circ}\text{C}$

Generate Example

Reset Data

MODIFICATION

Conductivity Readings

Feedwater Conductivity 200 $\mu\text{S/cm}$
Blowdown Conductivity 6000 $\mu\text{S/cm}$

Boiler

Steam Flow 454 t
Steam Temperature 260 $^{\circ}\text{C}$
Boiler Efficiency 85 %

Operations

Operating Hours 8760 hrs/yr
Fuel Cost 4.7295888385494 $\$/\text{GJ}$
Water Cost 0.00066043012890 $\$/\text{L}$
Makeup Water Temperature 10 $^{\circ}\text{C}$

RESULTS

HELP

	Baseline	Modification
Blowdown Rate (%)	7.84 %	3.45 %
Blowdown Rate (t/hr)	38.54	16.21
Feedwater Rate (t/hr)	492.64	470.21
Fuel Cost	\$1,895,516	\$833,813
Makeup Water Cost	\$223,602	\$93,833
Total Cost	\$2,120,118	\$927,646
Fuel Savings	\$1,062,703	
Makeup Water Savings	\$129,759	
Total Savings	\$1,192,472	

Copy Table

Phần_3_87

Tổn thất trên đường khói

- Tổn thất trên đường khói là tổn thất lớn nhất trong lò hơi
- Tổn thất trên đường khói được tạo thành từ hai loại và được định nghĩa là Áp suất ngược
 - Tổn thất nhiệt độ
 - Tổn thất cháy
- Phân tích quá trình cháy là phương pháp thường được sử dụng để xác định tổn thất trên đường khói



Phần_3_88

Cơ hội và đánh giá tổn thất trên đường khói



- Cần một số lượng phép đo tối thiểu
- Có thể thông qua dụng cụ tại chỗ hoặc cầm tay
- Những phép đo này bao gồm:
 - Nhiệt độ khói thải trên đường ống
 - Nồng độ Oxy trong khói thải
 - Nhiệt độ môi trường
 - Thành phần nhiên liệu
 - Nồng độ chất cháy trong khói thải
- Bảng tổn thất trên đường khói
- Mô hình cháy (phần mềm)

Phần_3_89

Stack Loss Table for			Typical Natural Gas															
Flue Gas Oxygen Content Wet Basis [%]	Flue Gas Oxygen Content Dry Basis [%]	Comb Conc [ppm]	Stack Loss [% of fuel Higher Heating Value input]															
			Net Stack Temperature [$\Delta^{\circ}\text{C}$]															
			{Difference between flue gas exhaust temperature and ambient temperature}															
			100	128	156	183	211	239	267	294	322	350	378	406				
1,0	1,2	0	13,6	14,7	15,8	16,9	18,0	19,1	20,2	21,3	22,4	23,6	24,7	25,9				
2,0	2,4	0	13,8	14,9	16,1	17,2	18,4	19,5	20,7	21,9	23,1	24,2	25,4	26,6				
3,0	3,6	0	14,0	15,2	16,4	17,6	18,8	20,0	21,3	22,5	23,7	25,0	26,3	27,5				
4,0	4,7	0	14,2	15,5	16,7	18,0	19,3	20,6	21,9	23,2	24,5	25,8	27,2	28,5				
5,0	5,8	0	14,5	15,8	17,2	18,5	19,9	21,2	22,6	24,0	25,4	26,8	28,2	29,6				
6,0	6,9	0	14,8	16,2	17,6	19,1	20,5	22,0	23,4	24,9	26,4	27,8	29,3	30,8				
7,0	8,0	0	15,1	16,6	18,1	19,7	21,2	22,8	24,3	25,9	27,5	29,1	30,7	32,3				
8,0	9,1	0	15,5	17,1	18,8	20,4	22,1	23,7	25,4	27,1	28,8	30,5	32,2	33,9				
9,0	10,1	0	16,0	17,7	19,5	21,2	23,0	24,8	26,6	28,5	30,3	32,1	34,0	35,8				
10,0	11,1	0	16,5	18,4	20,3	22,2	24,2	26,1	28,1	30,1	32,1	34,1	36,1	38,1				
Actual Exhaust T [$^{\circ}\text{C}$]			121	149	177	204	232	260	288	316	343	371	399	427				
Ambient T [$^{\circ}\text{C}$]			21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21				

Tổn thất trên đường khói – Khí thiên nhiên

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

Phần_3_90

Tham khảo: Mô hình cháy được xây dựng bởi Greg Harrell, Ph.D., P.E.



Xác định tổn thất khói thải bằng US DOE MEASUR

- Sử dụng US DOE MEASUR để xác định tổn thất khói thải và hiệu suất cháy

$$\eta_{combustion} = 100 - \lambda_{stack}$$

Phần_3_91

MEASUR – Công cụ tính tổn thất khói thải

STACK LOSS

Type of fuel

Fuel

Add New Fuel

Stack Gas Temperature

Ambient Air Temperature

Percent Oxygen Or Excess Air?

Excess Air

Moisture in Combustion Air

Stack Loss

Boiler Combustion Efficiency

Gas

Typical Natural Gas - US

60

Excess Air

0.0077

0.00 %

0.00 %

Generate Example

Reset Data

RESULTS

HELP

Stack Loss (%)

0.0%

KHÔNG giới hạn ở lò hơi; Có thể được áp dụng cho bộ gia nhiệt quá trình, lò nung đốt trực tiếp, v.v.

Phần_3_92

Ví dụ về Lò hơi khí thiên nhiên

- Lò hơi đốt khí thiên nhiên có nhiệt trị cao bằng 54.220 kJ/kg
 - HHV bằng 40.144 kJ/m³
- Sản lượng hơi: 20 Tấn/h (ổn định quanh năm)
- Áp suất hơi: 25 bar; 375°C
- Nước cấp lò hơi: 30 bar, 110°C
- Nhiên liệu cung cấp: 1.693 Nm³/h (28 Nm³/phút)
- Chi phí nhiên liệu: \$1,0/Nm³
- Nhiệt độ khói thải: 200°C
- Nồng độ Oxy trong khói thải: 5%
- Chất dễ cháy không đáng kể được tìm thấy trong phân tích khói thải
- Nhiệt độ không khí ngoài môi trường: 20°C
- Xác định tổn thất khói thải và xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng có thể có?**

Phần_3_93

Tổn thất khói thải – Khí thiên nhiên

STACK LOSS

Type of fuel: Gas

Fuel: Typical Natural Gas - US

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 %

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

RESULTS **HELP**

Stack Loss (%)

18.2%

KHÔNG sử dụng Độ ẩm trong Không khí cháy – sẽ xuất hiện lỗi trong công thức

Phần_3_94

Ví dụ về tính hiệu suất lò hơi khí thiên nhiên

$$\eta_{boiler} = 100 - Losses$$

$$\eta_{boiler} = 100 - \lambda_{shell} - \lambda_{blowdown} - \lambda_{stack} - \lambda_{other}$$

$$\eta_{boiler} = 100 - 0,5 - 0,79 - 18,2 - 0$$

$$\eta_{boiler} = 80,5\%$$

Phần_3_95

Ví dụ về tính hiệu suất lò hơi trên MEASUR

$$\eta_{boiler} = 100 - \lambda_{shell} - \lambda_{blowdown} - \lambda_{stack} - \lambda_{other}$$

CỐ ĐỊNH (Kích thước)
KHÔNG thay đổi đối với phân tích TÁC ĐỘNG

MEASUR tính tổn thất này

$$\eta_{MEASUR_boiler} = 100 - \lambda_{stack} - \lambda_{other}$$

$$\eta_{MEASUR_boiler} = 100 - 18,2 - 0$$

$$\eta_{MEASUR_boiler} = 81,8\%$$

Phần_3_96

Thành phần	Tỷ lệ mol [kmol/kmol nl]	Tỷ lệ khối lượng [kgm/kgm nl]	Trọng lượng phân tử [kgm/kmol]
C	0,4942	0,4400	12,000
H ₂	0,3677	0,0550	2,016
CH ₄	0,0000	0,0000	16,043
N ₂	0,0144	0,0300	28,013
CO	0,0000	0,0000	28,011
C ₂ H ₄ (Ethylene)	0,0000	0,0000	28,054
C ₂ H ₆ (Ethane)	0,0000	0,0000	30,020
C ₃ H ₈ (Propane)	0,0000	0,0000	44,097
O ₂	0,0295	0,0700	31,999
S	0,0021	0,0050	32,060
H ₂ O (intrinsic)	0,0374	0,0500	18,015
H ₂ O (extrinsic)	0,0000	0,0000	18,015
CO ₂	0,0000	0,0000	44,010
C ₆ H ₁₀ O ₅ (Cellulose)	0,0000	0,0000	162,140
Tro (Tổng)	0,0546	0,3500	
Thành phần tro			
Al ₂ O ₃	0,0097	0,0735	101,961
SiO ₂	0,0345	0,1540	60,085
Fe ₂ O ₃	0,0103	0,1225	159,692
Tổng	1,0000	1,0000	

Ví dụ về mẫu than hệ thống

Phần_3_97

Stack Loss Table for			Example System Coal												
Flue Gas Oxygen Content Wet Basis [%]	Flue Gas Oxygen Content Dry Basis [%]	Comb Conc [ppm]	Stack Loss [% of fuel Higher Heating Value input]												
			Net Stack Temperature [Δ°C]												
			(Difference between flue gas exhaust temperature and ambient temperature)												
			100	128	156	183	211	239	267	294	322	350	378	406	
1,0	1,1	0	9,7	10,8	11,8	12,9	14,0	15,1	16,2	17,4	18,5	19,6	20,8	21,9	
2,0	2,2	0	9,9	11,0	12,1	13,3	14,4	15,6	16,7	17,9	19,1	20,3	21,4	22,6	
3,0	3,4	0	10,1	11,2	12,4	13,6	14,8	16,0	17,3	18,5	19,7	21,0	22,2	23,5	
4,0	4,4	0	10,3	11,5	12,8	14,0	15,3	16,6	17,9	19,2	20,5	21,8	23,1	24,4	
5,0	5,5	0	10,5	11,8	13,2	14,5	15,8	17,2	18,5	19,9	21,3	22,7	24,0	25,4	
6,0	6,6	0	10,8	12,2	13,6	15,0	16,4	17,9	19,3	20,7	22,2	23,7	25,1	26,6	
7,0	7,6	0	11,1	12,6	14,1	15,6	17,1	18,6	20,2	21,7	23,3	24,8	26,4	28,0	
8,0	8,6	0	11,5	13,1	14,7	16,3	17,9	19,5	21,2	22,8	24,5	26,2	27,8	29,5	
9,0	9,7	0	11,9	13,6	15,3	17,1	18,8	20,6	22,4	24,1	25,9	27,7	29,5	31,3	
10,0	10,7	0	12,4	14,3	16,1	18,0	19,9	21,8	23,7	25,7	27,6	29,6	31,5	33,5	
Actual Exhaust T [°C]			121	149	177	204	232	260	288	316	343	371	399	427	
Ambient T [°C]			21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	

Tổn thất khói thải – Ví dụ về than hệ thống

- Bảng tổn thất khói thải được xây dựng cho các chất cháy không đáng kể và không ngưng tụ

Phần_3_98

Tham khảo: Mô hình cháy được xây dựng bởi Greg Harrell, Ph.D., P.E.

Phân tích tổn thất khi đánh lửa (LOI)

1. Đo khối lượng mẫu thô thu được (tro và carbon)
2. Cho mẫu đã thu thập vào lò đốt trong thời gian dài để đảm bảo tất cả vật liệu dễ cháy đã phản ứng
3. Đo khối lượng còn lại của mẫu (chỉ riêng tro).

$$LOI = \frac{m_{Carbon}}{m_{Carbon} + m_{Ash\ alone}} = \frac{m_C}{m_C + m_A} = \frac{m_C}{m_{Full\ Sample}}$$

$$m_C = \frac{LOI (m_A)}{(1 - LOI)}$$

Phần_3_101

Phân tích tổn thất khi đánh lửa (LOI)

$$m_C = \frac{LOI (m_A)}{(1 - LOI)}$$

$$\frac{m_C}{m_{Fuel}} = \phi_{uf} = \frac{LOI \left(\frac{m_A}{m_{Fuel}} \right)}{(1 - LOI)}$$

$$\lambda_{uf} = \phi_{uf} \frac{HHV_c}{HHV_{fuel}}$$

$$\lambda_{uf} = \phi_{uf} \frac{32,806 \frac{kJ}{kg}}{HHV_{fuel}}$$

Phần_3_102

Steam Example

Last modified: Aug 25, 2022

System Setup

Assessment

Diagram

1 Assessment Settings

2 Operations

3 Boiler

4 Header

BOILER DETAILS

Boiler Combustion Efficiency	81.8	%
Calculate Efficiency		
Blowdown Rate	5	%
Calculate Blowdown Rate		
Is the blowdown flashed?	No	
Preheat Make-up Water with Blowdown	No	
Steam Temperature	375	°C
Deaerator Vent Rate	0	%
Deaerator Pressure	0.7	bar

Ví dụ về hệ thống

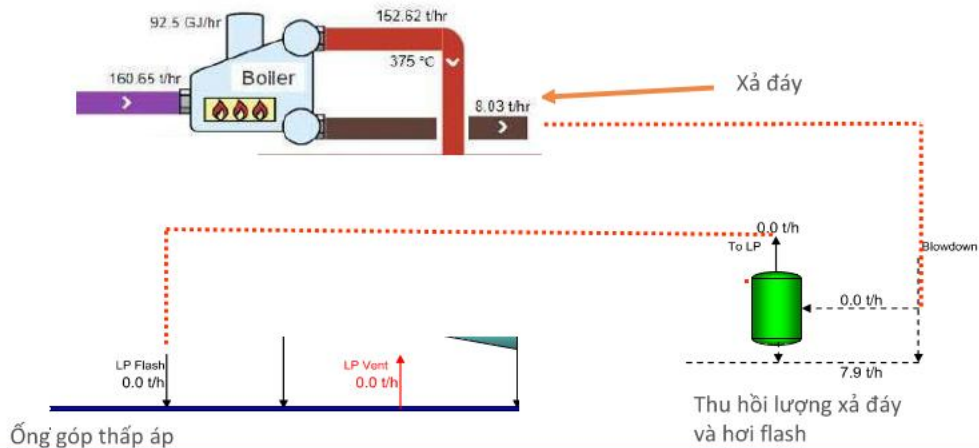
Phần_3_103

Thu hồi lượng xả đáy & hơi flash

- Tốc độ xả đáy được tính theo phần trăm của lưu lượng nước cấp
 - Thường đề cập đến lưu lượng xả đáy liên tục
 - Tính toán được thực hiện trong phần “Hiệu suất lò hơi”
- Hơi flash có thể được thu hồi ở mức áp suất thấp (hoặc ở bình khử khí)
 - Sử dụng Menu để đưa nó vào hệ thống

Phần_3_104

Thu hồi lượng xả đáy & hơi flash

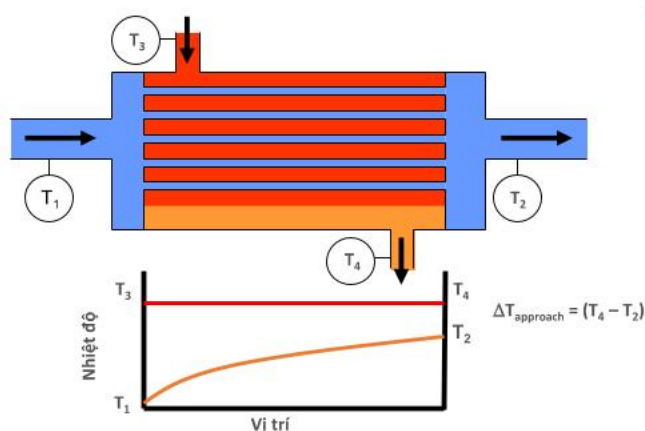


Phần_3_105

Bộ phận thu hồi nhiệt

- Có thể có nhiều bộ phận thu hồi dựa trên nguyên lý của bộ trao đổi nhiệt có thể được mô hình hóa trong MEASUR
- Một ví dụ là bộ trao đổi nhiệt kiểu xả đáy lò hơi
- Bộ trao đổi nhiệt làm tăng nhiệt độ nước bổ sung cho bình khử khí và do đó làm giảm lượng hơi yêu cầu của bình khử khí

Phần_3_106



Nhiệt độ tiếp cận

- Nhiệt độ tiếp cận của bộ trao đổi nhiệt được định nghĩa là mức chênh lệch nhiệt độ **tối thiểu cho phép** trong bộ trao đổi nhiệt
 - Mức chênh lệch nhiệt độ này sẽ không được đáp ứng nếu lượng năng lượng của dòng thu hồi không đủ
 - Giá trị điển hình của nhiệt độ tiếp cận là 3°C đến 10°C

Phần_3_107

Bộ trao đổi thu hồi nhiệt từ xả đáy lò hơi

Blowdown Rate

[Calculate Blowdown Rate](#)

Is the blowdown flashed?

Preheat Make-up Water with Blowdown

Approach Temperature

5	9%
No	
Yes	
6	°C



Bộ trao đổi nhiệt từ xả đáy

Phần_3_108

Steam Example
 Last modified: Aug 25, 2022

System Setup
 Assessment
 Diagram

1 Assessment Settings
 2 Operations
 3 **Boiler**
 4 Header

BOILER DETAILS

Boiler Combustion Efficiency	81.8	%
Calculate Efficiency		
Blowdown Rate	5	%
Calculate Blowdown Rate		
Is the blowdown flashed?	No	▼
Preheat Make-up Water with Blowdown	No	▼
Steam Temperature	375	°C
Deaerator Vent Rate	0	%
Deaerator Pressure	0.7	bar

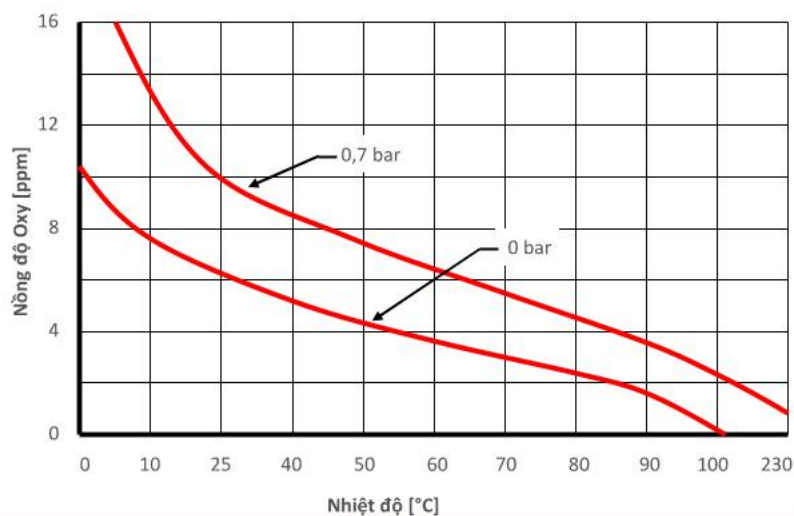
Ví dụ về hệ thống

Phần_3_109

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 rỗ 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

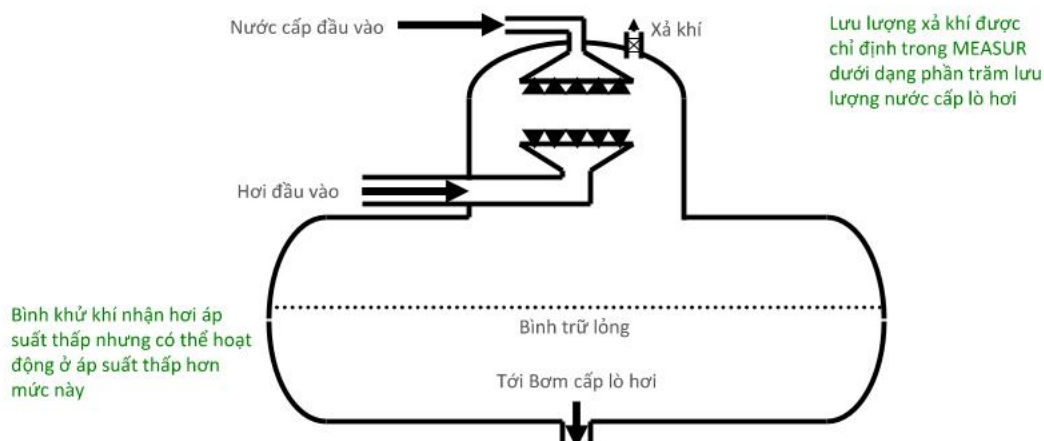
Phần_3_110



Độ hòa tan của khí Oxy trong nước

Phần_3_111

Bình khử khí



Phần_3_112

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](#)

Phần_3_113

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_114

Đo lưu lượng

- Việc đo lưu lượng hơi thường được thực hiện bằng lưu lượng kế thông thường
 - Tắm 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 tự
 - Thể tích điền đầy đã biết

Phần_3_115

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
 - $$\dot{Q}_x = \dot{m}_x (C_p)_x (T_e - T_i)_x \}$$
 Đối với nhiệt dung riêng không đổi và khi entanpy chỉ là hàm số của nhiệt độ
 - $$\dot{Q}_x = \dot{m}_x (h_e - h_i)_x \}$$
 Khi entanpy vật chất được biết đến
 - $$\dot{Q}_{steam} = - \dot{Q}_x \}$$
 Ứng dụng trao đổi nhiệt điển hình

Phần_3_116

Ví dụ về hệ thống hơi

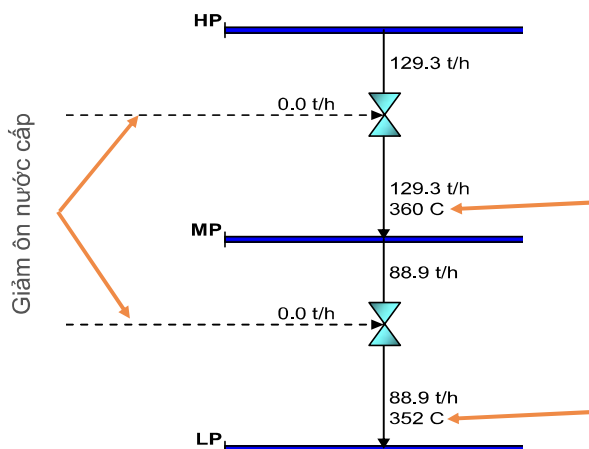
- Mức áp suất để phân phối hơi nước (hệ tiêu thụ cuối)
 - Áp suất cao – 25 bar (g)
 - Áp suất trung – 10 bar (g)
 - Áp suất thấp – 2 bar (g)
- Các nhu cầu của quy trình
 - Áp suất cao – 20 Tấn/h
 - Áp suất trung – 40 Tấn/h
 - Áp suất thấp – 76 Tấn/h
- Giả sử “KHÔNG” giảm ôn
- Giả sử “KHÔNG” có tổn thất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

Phần_3_117

Giảm áp / PRVs

- Van giảm áp (PRVs) là phương pháp phổ biến nhất để giảm áp suất trong hệ thống hơi nước
- Hệ thống hơi nước sẽ có một hoặc nhiều PRV giữa hai ống góp
- Không phải tất cả các PRV đều có thể kiểm soát áp suất ống góp

Phần_3_118



Giảm áp / PRVs

- Nhiệt độ hơi ở đầu ra của PRV được kiểm soát bởi nước cấp (Bộ giảm ôn)
- Chủ yếu để
 - Bảo vệ thiết bị
 - Điều kiện thiết kế
 - Giảm sụt áp

Phần_3_119

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 barg

Known Variable: Temperature

Temperature Value: 110 °C

Desuperheating Temperature: 250 °C

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

RESULTS

	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](#)

HELP

Phần_3_120

Công cụ MEASUR – Tổn thất nhiệt


HEAT LOSS

Pressure bar

Known Variable

Temperature Value °C

Mass Flow t/hr

% Heat Loss %

[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_121

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_122

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

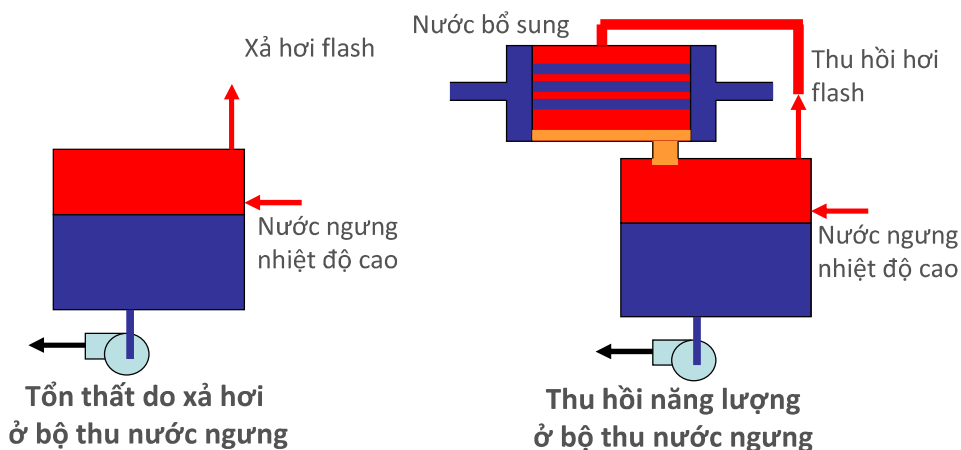
Phần_3_123

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_124

Bộ trao đổi thông hơi bể ngưng tụ (Tiếp)



Phần_3_125

Công cụ MEASUR – Bình chứa hơi flash

FLASH TANK

Pressure: 20 bar

Known Variable: Quality

Quality Value: 0

Mass Flow: 10 t/hr

Tank Pressure: 10 bar

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

RESULTS

HELP

	Inlet	Steam Out	Liquid Out
Pressure (bar)	20	10	10
Temperature (°C)	214.9	184.1	184.1
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	920.1	2780.7	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](#)

Phần_3_126

Steam Example

Last modified: Aug 25, 2022

System Setup
Assessment
Diagram

1 Assessment Settings
2 Operations
3 Boiler
4 Header

HEADER DETAILS

Number Of Headers

3

Delete Modifications to Adjust Number of Headers

Condensate Return

Condensate Return Temperature

65

°C

Flash Condensate Return

No

High Pressure Header

Pressure

25

bar

Process Steam Usage

20

t/hr

Condensate Recovery Rate

50

%

Heat Loss

0.0

%

Medium Pressure Header

Pressure

10

bar

Process Steam Usage

40

t/hr

Condensate Recovery Rate

50

%

Flash Condensate Coming into Header

No

Heat Loss

0.0

%

Desuperheat Steam out of Highest Pressure Header

No

Ví dụ về hệ thống

Phần 3 127



Steam Example

Last modified: Aug 25, 2022

System Setup

Assessment Diagram

1 Assessment Settings

2 Operations

3 Boiler

4 Header

High Pressure Header

Pressure	25	bar
Process Steam Usage	20	t/hr
Condensate Recovery Rate	50	%
Heat Loss	0.0	%

Medium Pressure Header

Pressure	10	bar
Process Steam Usage	40	t/hr
Condensate Recovery Rate	50	%
Flash Condensate Coming into Header	No	▼
Heat Loss	0.0	%
Desuperheat Steam out of Highest Pressure Header	No	▼

Low Pressure Header

Pressure	2	bar
Process Steam Usage	76	t/hr
Condensate Recovery Rate	50	%
Flash Condensate Coming into Header	No	▼
Heat Loss	0.0	%
Desuperheat Steam out of Medium Pressure Header	No	▼

Ví dụ về hệ thống

Phần_3_128

Ví dụ về hệ thống

Steam Example
 Last modified: Aug 26, 2022

System Setup | Assessment | Diagram | Report | Sankey | Calculators

1 Assessment Settings | **2** Operations | **3** Boiler | **4** Header | **5** Turbine

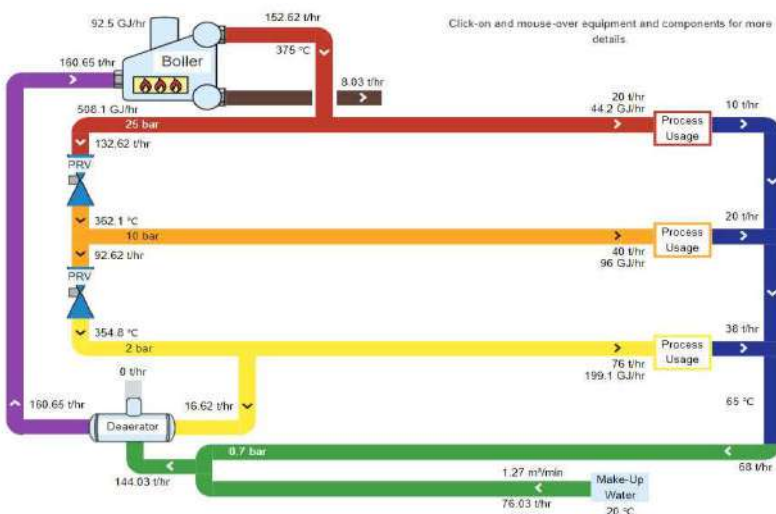
TURBINE DETAILS

- ☐ Condensing Turbine
- ☐ High Pressure to Low Pressure
- ☐ High Pressure to Medium Pressure
- ☐ Medium Pressure to Low Pressure

DO NOT select any boxes

HELP
Turbine Help
 Enter measured data to calculate y

Phần_3_129



Ví dụ về hệ thống

Phần_3_130

Xả hơi ở ống góp áp suất thấp



- Ống góp áp suất thấp có thể hoạt động ở trạng thái “không cân bằng”
 - Điều này có thể xuất hiện trong hệ thống hơi nước bằng cách:
 - Vận hành nhiều tua bin đối áp hơn mức cần thiết
 - Các chiến lược kiểm soát kém
 - Các điểm xả hơi áp suất thấp phải luôn được kiểm tra
 - Theo quan điểm vận hành của nhà máy
 - Theo quan điểm của mô hình MEASUR

Phần_3_131

STEAM SYSTEM SUMMARY	
Steam Generated	
152.6 t/hr	
Total Operating Cost	
\$116,097,562	
CO₂ Emissions (tonne CO₂/yr)	
Emissions From Fuel	223,845.22
Emissions From Selling Electricity	0
Emissions From Change in Electricity Imports	0
Total Emissions	223,845.22
Fuel	
Boiler Fuel Use	4,451,088.07 GJ/yr
Boiler Fuel Cost (\$)	\$111,277,202
Electricity	
Electricity Generated	0 kW
Electricity Imported	5,000 kW
Electricity Cost (\$)	\$4,380,000
Make-Up Water	
Make-up Water Required	667,242.79 m ³
Make-up Water Cost (\$)	\$440,360

Ví dụ về hệ thống

- Chúng ta có đồng ý với tất cả những con số này không?
- Nếu có, chúng ta đồng ý cái nào?
- Nếu không, cái nào chúng ta KHÔNG đồng ý?

Phần_3_132

Steam Example
Last modified: Aug 28, 2022

System Setup Assessment Diagram **Report** Sensitivity Calculator

Example 1
Steam Example
Last modified: 9/20/23, 9:25 AM

Executive Summary **Energy Summary** Losses Diagram Report Graphs Input Summary Facility Info Sensitivity

Baseline	
Annual Steam System Summary	
Operating Cost (\$)	115,067,562
CO ₂ Emissions (tonne CO ₂)	223,845.22
CO ₂ Emissions Savings (tonne CO ₂)	—
Power (\$/yr)	4,388,900
Demand (kW)	5,000
Generation (kW)	9
Import (kW)	5,000
Fuel (\$/yr)	111,077,202
Total Steam Generated (t/hr)	152.8
Boiler Fuel (GJ/hr)	508.12
Make-up Water (\$/yr)	445,300
Flow (m ³ /hr)	1.27
Flow (m ³ /yr)	667,342.79
Marginal Steam Costs	
HP Steam Cost (\$/t)	\$93.77
MP Steam Cost (\$/t)	\$93.77
LP Steam Cost (\$/t)	\$93.77
CO ₂ Emissions (tonne CO ₂ /yr)	—
Emissions From Fuel	223,845.22
Emissions From Selling Electricity	—

Ví dụ về hệ thống

- Hãy nhớ: Phân tích tác động

Chúng ta có đồng ý với tất cả những con số này không?

Nếu có, chúng ta đồng ý với điều nào?

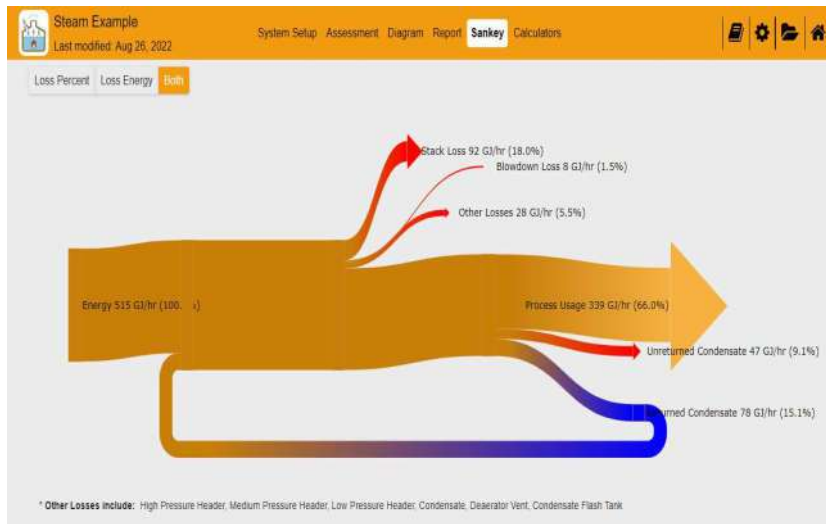
Nếu không, cái nào chúng ta KHÔNG đồng ý?

Phần_3_133

Chi phí hơi nước cận biên

- Chi phí cận biên được xác định dựa trên việc cung cấp thêm 1 Tấn/h hơi nước bổ sung từ ống góp
- Chi phí cận biên thường được sử dụng khi phân tích
 - Rò rỉ hơi
 - Những thay đổi trong quy trình
 - Loại bỏ hoặc thiết lập việc sử dụng hơi nước danh nghĩa
- Chi phí hơi cận biên bị ảnh hưởng bởi lượng nước ngưng hồi về – Lưu lượng; Nhiệt độ

Phần_3_134



Ví dụ về hệ thống – Sơ đồ Sankey

Phần_3_135

Lưu Tệp Đánh Giá – Rất Quan Trọng!

Steam Example
Last modified: Sep 7, 2022

System Setup Assessment Diagram Report **Sankey** Calculators

Loss Percent Loss Energy **Both**

ALL ASSESSMENTS

ADD ASSESSMENT | ADD PRE-ASSESSMENT | ADD FACILITY | ADD INVENTORY | MOVE ITEMS | COPY ITEMS | GENERATE REPORT | DELETE | EXPORT

ALL ASSESSMENTS INFO

ADD FACILITY INFO

ALL ASSESSMENTS SUMMARY

Type	Assessment	Annual Energy Used	Annual Energy Cost
Steam	1	4,651,080 GJ	\$111,717,282
Total	1	4,651,080 GJ	\$111,717,282

ALL ASSESSMENTS SETTINGS

Units of Measure	Value
Fuel Cost	\$2.86/GJ
Steam Cost	\$2.86/GJ
Knowledge Level	40-45% (40-45)

ALL ASSESSMENTS PRE-ASSESSMENT

ADD PRE-ASSESSMENT | SCREENING

PRE-ASSESSMENT FOR THIS FACILITY

STEAM EXAMPLE

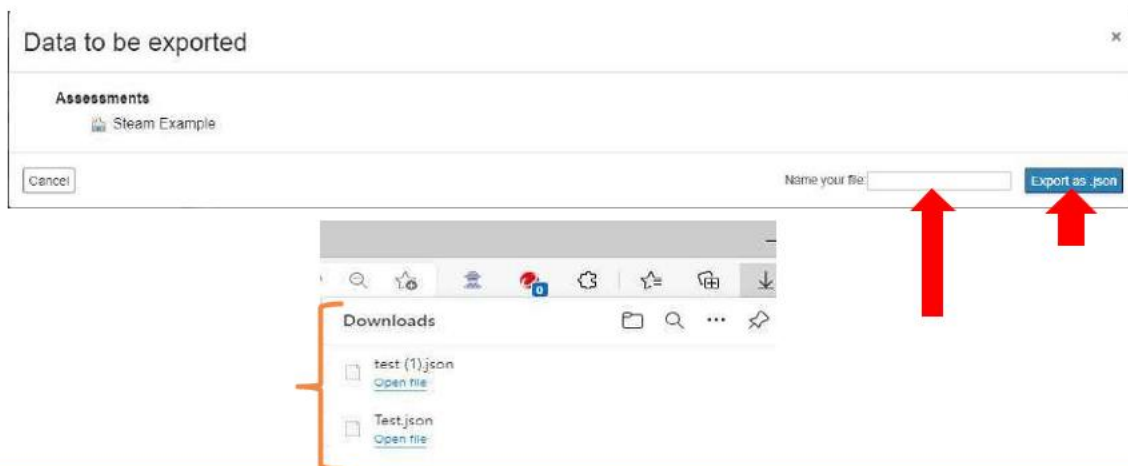
Annual Energy Used: 4,651,080 GJ
Annual Energy Cost: \$111,717,282
Modification Date: 8/26/2022
Number of Installations: 1

Active: Steam Policy
Assessment Report: Assessment Report

EXPORT

Phần_3_136

Lưu Tập Đánh Giá – Rất Quan Trọng!



Phần_3_137

MEASUR 1- Bài tập về mô hình ống góp

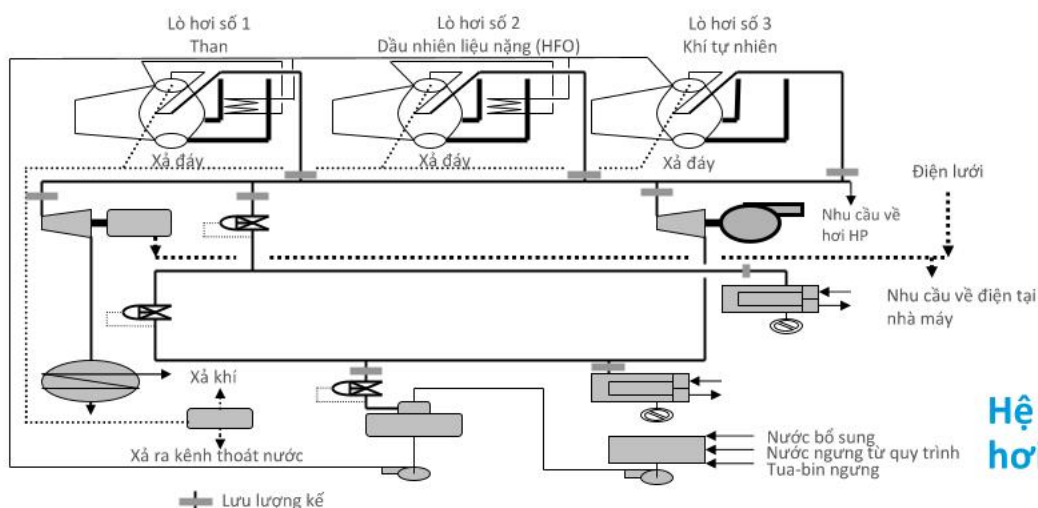
- Sử dụng hệ thống ví dụ với lò hơi khí thiên nhiên làm lò hơi tác động, xây dựng mô hình phản ánh chính xác chi phí tác động (cận biên) của hơi nước và lợi ích kinh tế của việc tiết kiệm 1 Tấn/h hơi nước
- Sản lượng hơi ~20 Tấn/h từ Lò hơi khí thiên nhiên
- Thông số hơi: 25 bar, 375°C
- Nước bổ sung: 20°C
- Nhiệt độ nước ngưng: 65°C
- Lượng nước ngưng hồi về: 50%

Phần_3_138

Phần 4: Nhiệt & điện kết hợp (Đồng phát)

- Nguyên lý cơ bản của tua-bin
- Tua-bin đối áp
- Mô hình hóa tua-bin đối áp trong MEASUR
- Bài tập thực hành của học viên
- Tua-bin ngưng tụ
- Mô hình hóa tua-bin ngưng tụ trong MEASUR

Phần_4_1

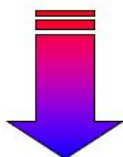


Phần_4_2

Tua-bin là gì?

- Thiết bị chuyển hóa năng lượng

Thế năng / Động năng / Áp năng / Nhiệt năng



Năng lượng quay trục

Phần_4_3

Đơn vị sử dụng tua bin hơi nước trong công nghiệp

- Đơn vị sử dụng tua-bin hơi nước cỡ lớn
 - Hóa dầu
 - Lọc dầu
 - Lâm sản (Bột giấy & giấy)
 - Cao su
 - Dược phẩm
 - Khối sản xuất
- Đơn vị sử dụng tua-bin hơi nước cỡ vừa & nhỏ
 - Thực phẩm & nước giải khát
 - Nhựa
 - Thiết bị điện tử
 - Gia công kim loại

Phần_4_4



Bộ truyền động tuabin hơi nước thường được sử dụng trong công nghiệp

- Phát điện trực tiếp
- Bơm nước cấp của lò hơi
- Bơm nước của tháp giải nhiệt
- Bơm nước của chiller
- Quạt gió
- Quạt khói
- Máy nén khí
- Máy lạnh
- Hệ thống chiller
- Các thiết bị phụ trợ khác

Phần_4_5



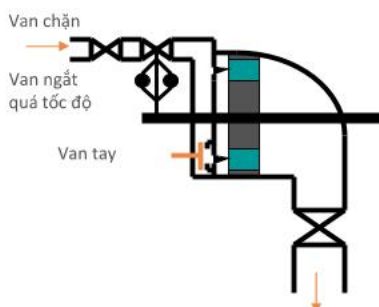
Tua-bin hơi

- Nhiều loại khác nhau
 - Tua-bin đối áp
 - Tua-bin ngưng
 - Tua-bin trích hơi
 - Kết hợp
- Kích thước và phạm vi hiệu quả khác nhau
- Tua bin đối áp được sử dụng thay cho trạm xả và song song với trạm xả
- Tua bin ngưng cung cấp công suất trực tiếp trên một đơn vị lưu lượng hơi

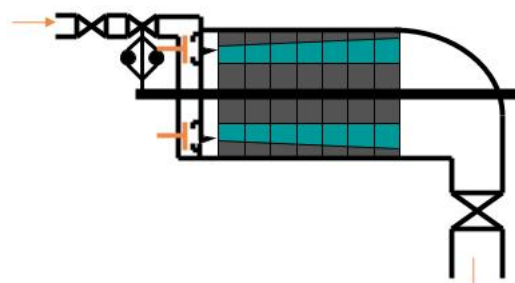
Phần_4_6

Tua-bin hơi đối áp

- Tua bin hơi đối áp xả hơi ở áp suất lớn hơn (hoặc bằng) áp suất khí quyển

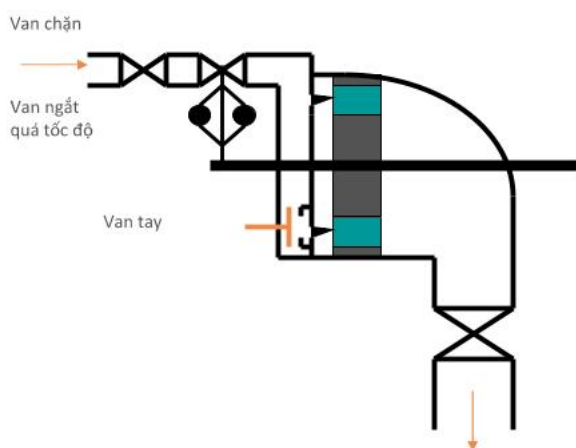


Tua-bin đối áp 1 tầng cánh



Tua-bin đối áp nhiều tầng cánh

Phần_4_7

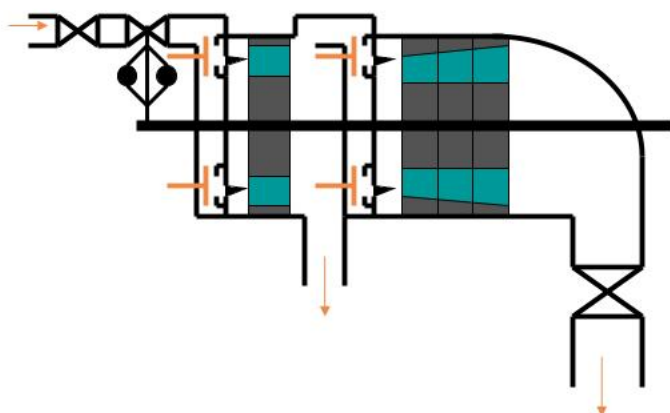


Tua-bin đối áp 1 tầng cánh

Tua-bin hơi đối áp

- Rất phổ biến
- Hình dạng đơn giản nhất
- Làm việc chống lại áp suất ngược
- Xả hơi tới 1 phụ tải quy trình hoặc ống góp hơi
- Một thiết bị phù hợp cho các ứng dụng công nghiệp

Phần_4_8

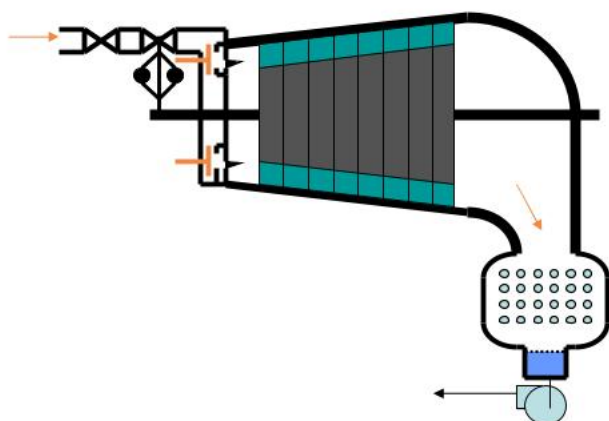


Tua-bin trích hơi

Tua-bin trích hơi

- Rất phổ biến ở các nhà máy có nhiều ống góp áp suất hơi
- Làm việc chống lại áp suất ngược
- Xả hơi tới 1 phụ tải quy trình, ống góp hơi hoặc bình ngưng
- Một thiết bị phù hợp để cân bằng ống góp và loại bỏ việc xả hơi

Phần_4_9



Tua-bin ngưng

Tua-bin ngưng hơi

- Công cụ chính của ngành sản xuất điện
- Sẽ luôn có một bình ngưng đi kèm
- Xả hơi vào vùng chân không
- Tỷ số áp suất vận hành cao nhất
- Nhiều tầng và thậm chí có thể có hai hoặc ba phần
- Kích thước rất lớn
- Tỷ suất sinh hơi thấp nhất

Phần_4_10

Hoạt động tuabin hơi công nghiệp điển hình

- Áp suất vận hành
 - Tối thiểu – 10 bar (đối với áp suất ngược)
 - Tối đa – 100 bar
 - Điều kiện chân không có thể tồn tại ở đường xả!
- Nhiệt độ hơi vận hành
 - Bảo hòa hoặc quá nhiệt một vài độ
 - Tối đa – hơi quá nhiệt 200°C
- Tóm tắt – Công nghệ tua bin hơi nước rất đa dạng và hoạt động ở nhiều mức áp suất và nhiệt độ khác nhau

Phần_4_11

Định luật đầu tiên về hiệu suất của tua-bin

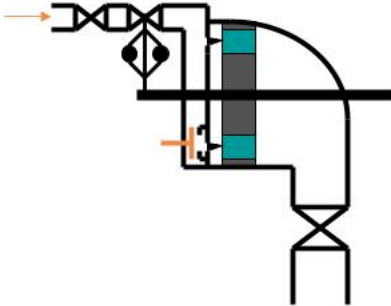
- Cân bằng năng lượng được tiến hành trên tuabin hơi nước sẽ mang lại hiệu quả đặc biệt cao
 - Về cơ bản toàn bộ năng lượng lấy từ hơi nước chuyển thành năng lượng trục

$$\eta_{first\ law} = \frac{\dot{W}_{shaft}}{\dot{m}_{steam}(h_i - h_e)} \approx 100\%$$

- Tua bin hơi nước vận hành chỉ với những “tổn thất” nhỏ
 - Ma sát ổ trục
 - Truyền nhiệt
 - Rò rỉ

Phần_4_12

Tua-bin hoàn hảo



- Tua-bin hơi nước được đánh giá bằng Định luật nhiệt động thứ hai
 - Định luật Nhiệt động lực học thứ hai xác định rằng nhiệt năng không thể chuyển hóa hoàn toàn thành điện năng
 - Điện năng có thể chuyển hóa hoàn toàn thành nhiệt năng
- Điều này xác định lượng công suất thực tối đa có thể được tạo ra (dựa trên các định luật vật lý)
 - Điều này chứng minh rằng một tua-bin hoàn hảo sẽ vận hành đẳng entropy
 - Isentropic là entropy không đổi (không tổn thất)
 - Không tạo ra entropy

Phần_4_13

Hiệu suất đẳng entropy

- Hiệu suất tuabin hơi được mô tả là hiệu suất đẳng entropy
 - Về cơ bản toàn bộ năng lượng lấy từ hơi nước chuyển thành năng lượng thực

$$\eta_{isentropic} = \frac{\text{Actual Work}}{\text{Isentropic Work}} = \frac{\dot{W}_{actual}}{\dot{W}_{isentropic}}$$

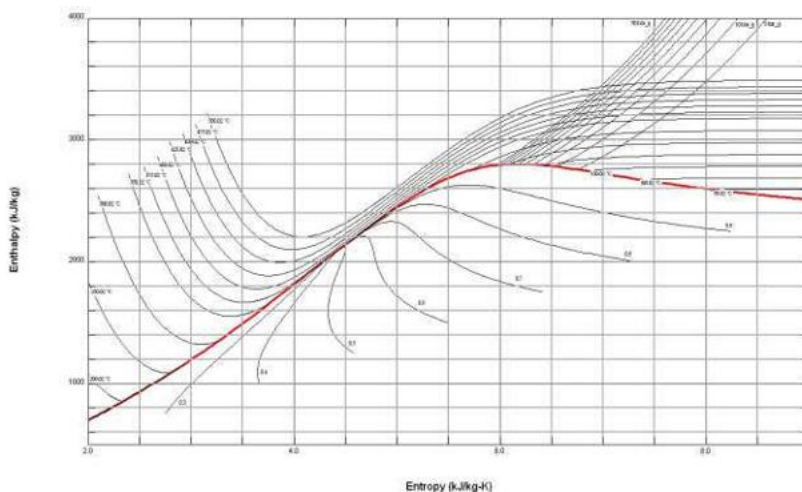
$$\eta_{isentropic} = \frac{\dot{m}_{steam} (h_{inlet} - h_{exit})_{actual}}{\dot{m}_{steam} (h_{inlet} - h_{exit})_{isentropic}} = \frac{(h_i - h_e)_{actual}}{(h_i - h_e)_{isentropic}}$$

Phần_4_14

Hiệu suất đẳng entropy

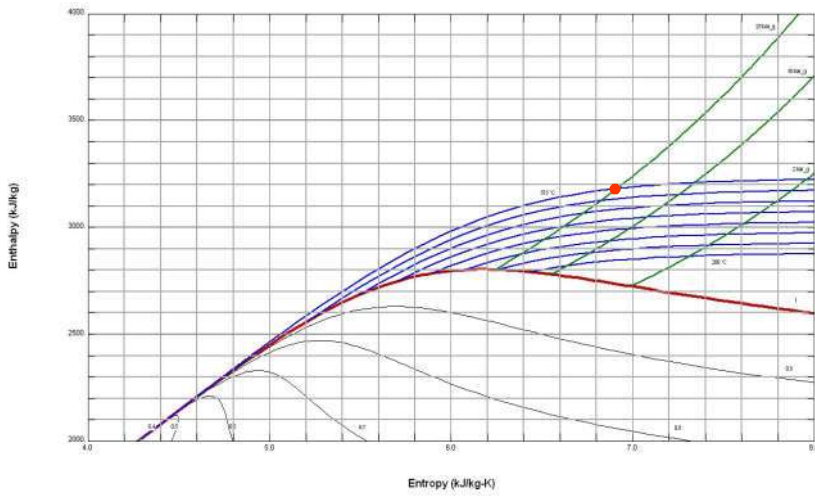
- Hiệu suất tuabin hơi không “giống” hiệu suất nồi hơi
 - Hiệu suất đẳng entropy của tua-bin là sự so sánh vận hành thực tế của tua-bin với vận hành của một tua-bin hoàn hảo hoạt động ở cùng điều kiện đầu vào và áp suất đầu ra
 - Hiệu suất đẳng entropy là sự mô tả lượng cơ năng được tạo ra từ nhiệt năng
- Hơi ra khỏi tua-bin mang một lượng nhiệt có ích đáng kể

Phần_4_15



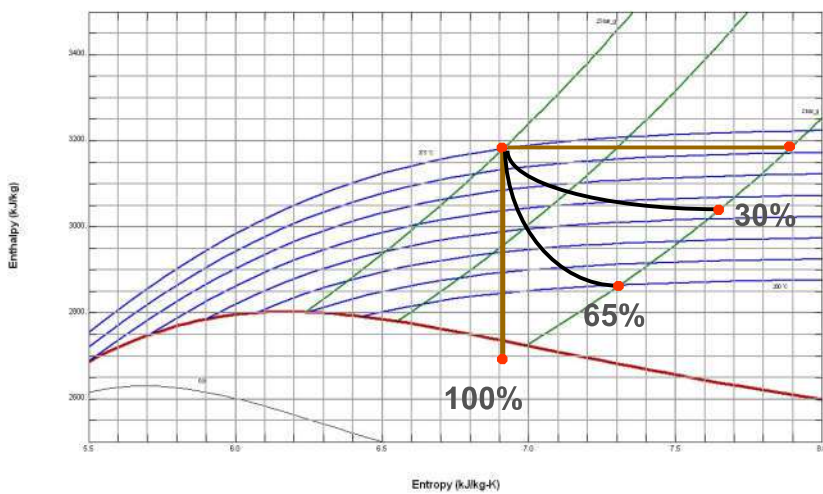
Biểu đồ Mollier

Phần_4_16



Biểu đồ Mollier

Phần_4_17



**Biểu đồ Mollier –
Hiệu suất tuabin
đẳng entropy**

Phần_4_18

Hiệu suất tua-bin hơi nước điển hình

$$\eta_{isentropic} = \frac{(h_{in} - h_{out})_{actual}}{(h_{in} - h_{out})_{isentropic}} = 20\% \text{ to } 80\%$$

- Những yếu tố đóng góp chính cho hiệu suất đẳng entropy
 - Cách thiết kế tua-bin
 - Loại van điều khiển
 - Van đơn – tiết lưu
 - Van đa – vòi phun lưu lượng
- Sẽ cần thông tin này để phân tích BẤT KỲ tua-bin nào

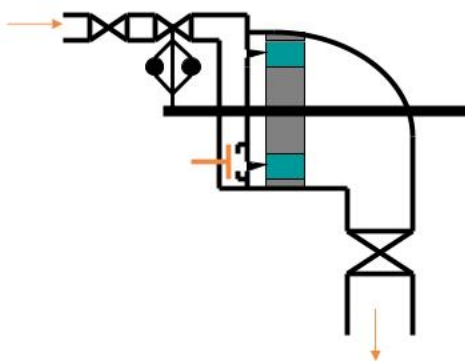
Phần_4_19

Hiệu suất tua-bin hơi

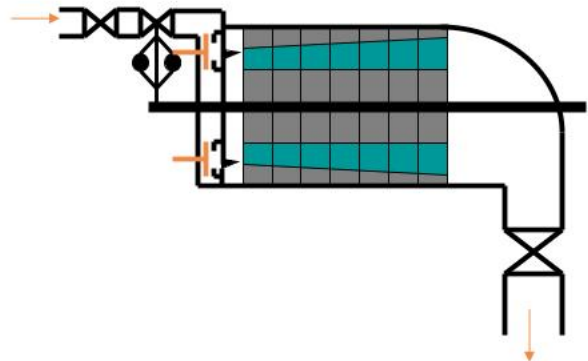
- Nhìn chung, tua-bin một tầng vận hành với hiệu suất đẳng entropy thấp hơn tua-bin nhiều tầng
 - Tăng diện tích đường ống dẫn hơi (đường kính) để giảm tổn thất
 - Tốc độ hơi xả và ma sát với thành ống giảm
- Tua-bin một tầng thường hiệu quả hơn tua-bin nhiều tầng đối với thiết bị công suất nhỏ

Phần_4_20

Hiệu suất tua-bin hơi



Tua-bin đối áp một tầng



Tua-bin đối áp nhiều tầng

Phần_4_21

Hiệu suất tua-bin hơi

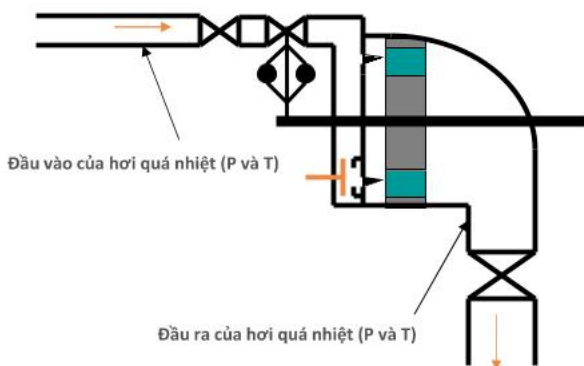
- Ba phương pháp để đạt được hiệu suất tuabin đẳng entropy
 - Thông số kỹ thuật của nhà sản xuất
 - Bản đồ của tua-bin / đường cong hiệu suất
 - Điểm bắt đầu phù hợp – cho cả những thiết kế mới
- Đã biết điều kiện đầu vào và đầu ra của hơi nước
 - Đầu vào quá nhiệt cùng với đầu ra quá nhiệt là loại phổ biến nhất và dễ sử dụng nhất
 - Sẽ KHÔNG hoạt động với các đầu ra bão hòa (độ khô < 1)
- Điều kiện hơi đầu vào và phát điện đã biết
 - Thường dùng cho các máy phát điện
 - Cần phải có lưu lượng khối lượng của hơi nước
 - Lựa chọn thay thế có thể tồn tại đối với thiết bị được truyền động trực tiếp bằng cơ khí nhưng có độ không đảm bảo cao hơn

Phần_4_22

Hiệu suất tua-bin từ điều kiện hơi nước đầu vào và đầu ra

- Phương pháp thứ 2
- Hiệu suất của tua-bin có thể được xác định từ các điều kiện hơi đầu vào và đầu ra cũng như các đặc tính của hơi liên quan đến các điều kiện đó.

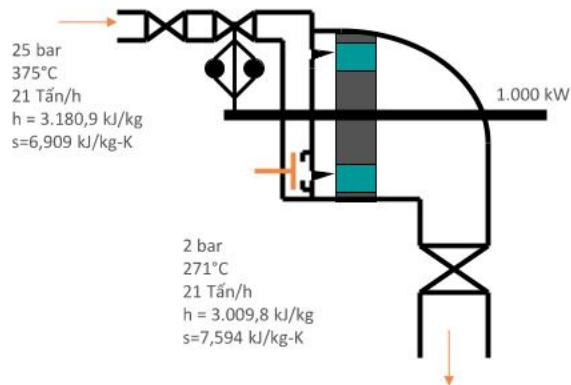
Phần_4_23



Hiệu suất tua-bin hơi

- Đối với điều kiện hơi quá nhiệt ở đầu vào và đầu ra của tua-bin
- Các phép đo áp suất và nhiệt độ của hơi quá nhiệt cho phép biết được tất cả các đặc tính nhiệt động

Phần_4_24

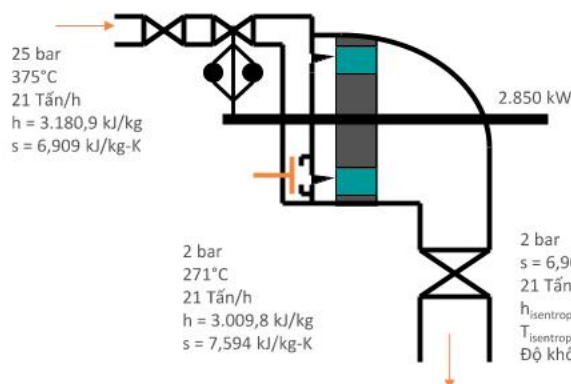


Điều kiện vận hành thực tế

$$\dot{W}_{shaft} = \dot{m}_{steam} (h_i - h_e)_{steam} = \frac{21.000}{3.600} (3.180,9 - 3.009,8)$$

$$\dot{W}_{shaft} = 1.000 \text{ kW} = 1.000 \text{ kW} \left(\frac{1 \text{ hp}}{0.746 \text{ kW}} \right) = 1.340 \text{ hp}$$

Phần_4_25

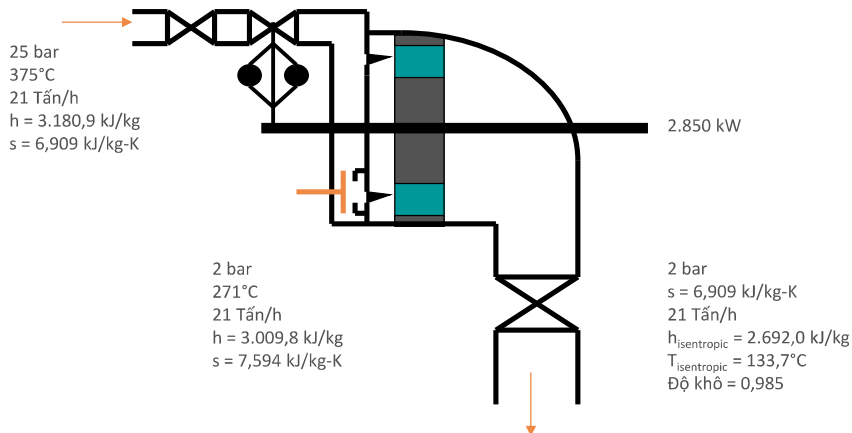


Điều kiện đẳng entropy

$$\dot{W}_{shaft} = \dot{m}_{steam} (h_i - h_e)_{steam} = \frac{21.000}{3.600} (3.180,9 - 2.692,0)$$

$$\dot{W}_{shaft} = 2.850 \text{ kW} = 2.850 \text{ kW} \left(\frac{1 \text{ hp}}{0.746 \text{ kW}} \right) = 3.825 \text{ hp}$$

Phần_4_26



$$\eta_{\text{isentropic}} = \frac{(h_{\text{inlet}} - h_{\text{exit}})_{\text{actual}}}{(h_{\text{inlet}} - h_{\text{exit}})_{\text{isentropic}}} = \frac{(3,180.9 - 3,009.8)}{(3,180.9 - 2,692.0)} = \frac{171.1}{488.9} = 0.35$$

Phần_4_27

Steam Example
 Last modified: Sep 7, 2022

System Setup Assessment Diagram Results

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

STEAM TURBINE

Solve For
 Isentropic Efficiency

Inlet Steam
 Pressure: 25 bar
 Known Variable: Temperature
 Temperature Value: 375 °C
 Turbine Properties
 Selected Turbine Property: Mass Flow
 Mass Flow: 21 t/h
 Generator Efficiency: 100 %

Outlet Steam
 Pressure: 2 bar
 Known Variable: Temperature
 Temperature Value: 271 °C

Generate Example Reset Data

Tính toán tuabin hơi - MEASUR

Phần_4_28

Isentropic Efficiency	35 %		
Energy Out	3.6 GJ/hr		
Generator Efficiency	100 %		
Power Out	999.4 kW		
	Inlet	Outlet ideal	Outlet
Pressure (bar)	25	2	2
Temperature (°C)	375	133.7	271
Phase	Gas	0.99	Gas
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,181.9	2,693	3,010.6
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.911	6.911	7.596
Mass Flow (t/hr)	21	—	21
Energy Flow (GJ/hr)	66.8	—	63.2

Tính toán tuabin hơi - MEASUR

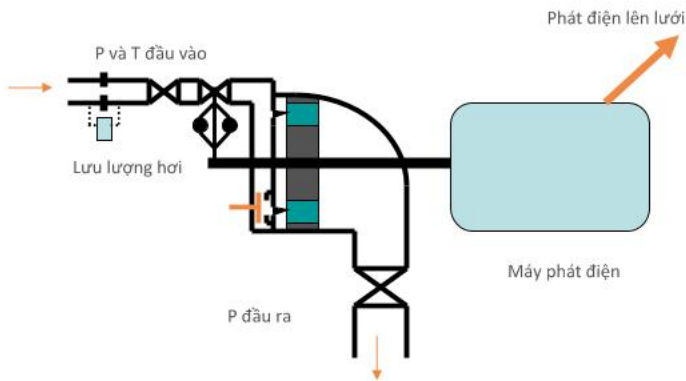
Phần_4_29

Hiệu suất tuabin từ điều kiện hơi nước và sản xuất điện

- Phương pháp thứ 3
- Hiệu suất của tuabin có thể được xác định từ đặc tính hơi đầu vào và sản lượng điện

Phần_4_30

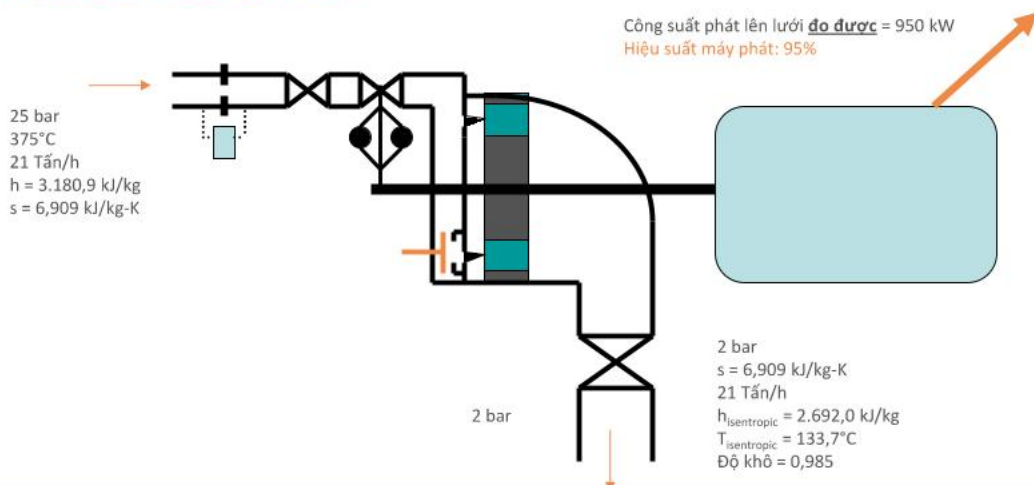
Hiệu suất máy phát điện tua-bin hơi nước



- Tua-bin hơi nước kết hợp với máy phát điện thành một cơ cấu bổ sung để tính toán hiệu suất đẳng entropy của tua-bin
 - Cần có các phép đo bổ sung để cho phép xác định hiệu suất
 - Đây thường là phương pháp thực tế duy nhất để đánh giá hiệu suất tua-bin ngưng tụ

Phần_4_31

Hiệu suất tua-bin hơi



Phần_4_32

Hiệu suất tua-bin hơi

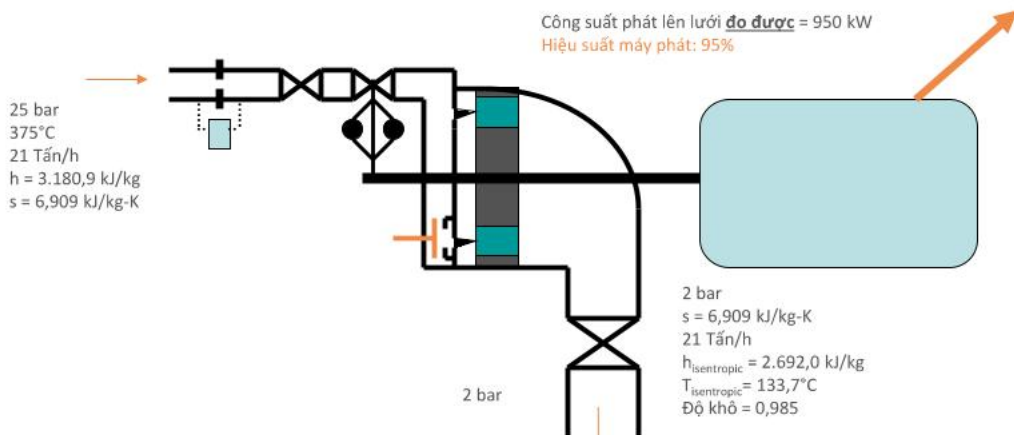
$$\dot{W}_{generator} = 950 \text{ kW}$$

$$\eta_{generator} = \frac{\text{Generator Work}}{\text{Turbine Shaft Work}} = \frac{\dot{W}_{generator}}{\dot{W}_{turbine}} = \frac{950 \text{ kW}}{\dot{W}_{turbine}} = 0.95$$

$$\dot{W}_{turbine} = 1,000 \text{ kW}$$

$$\eta_{isentropic} = \frac{\text{Actual Turbine Work}}{\text{Isentropic Work}} = \frac{\dot{W}_{generator}}{\eta_{generator} \dot{W}_{isen}} = \frac{\dot{W}_{gen}}{\eta_{gen} \dot{m}_{st} (h_i - h_e)_{isen}}$$

Phần_4_33



$$\eta_{isentropic} = \frac{950 \text{ kW}}{0.95} \cdot \frac{3,600 \frac{\text{s}}{\text{hr}}}{21,000 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}} \cdot \frac{1}{\left(3,180.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2,692.0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)} = 0.35$$

Phần_4_34

Steam Example System Setup / Assessment / Diagram / Results

Last modified: Sep 7, 2022

Boiler / Deaerator / Flash Tank / Header / Heat Loss / Pressure Release Valve / Saturated Properties / Steam Turbine

STEAM TURBINE

Solve For: Isentropic Efficiency

Inlet Steam

Pressure: 25 bar

Known Variable: Temperature

Temperature Value: 375 °C

Turbine Properties

Selected Turbine Property: Mass Flow

Mass Flow: 21 t/hr

Generator Efficiency: 100 %

Outlet Steam

Pressure: 2 bar

Known Variable: Temperature

Temperature Value: 133.7 °C

Tính toán tuabin hơi - MEASUR

- Nếu hơi ở đầu ra của tua-bin hơi là “hơi bão hòa” (ướt)
- Lập lại trên phần mềm bằng cách sử dụng “độ khô” để phù hợp với công suất tạo ra
- Cần có thông số lưu lượng hơi

Phần_4_35

Outlet Steam

Pressure	2	bar
Known Variable	Temperature	▼
Temperature Value	133.7	°C

Isentropic Efficiency	93.4 %
Energy Out	9.6 GJ/hr
Generator Efficiency	100 %
Power Out	2,664.3 kW

	Inlet	Outlet Ideal	Outlet
Pressure (bar)	25	2	2
Temperature (°C)	375	133.7	133.7
Phase	Gas	0.99	Gas
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3,181.9	2,693	2,725.1
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.911	6.911	6.99
Mass Flow (t/hr)	21	—	21
Energy Flow (GJ/hr)	66.8	—	57.2

Tính toán tuabin hơi - MEASUR

Phần_4_36

Outlet Steam

Pressure bar

Known Variable

Temperature Value °C

Isentropic Efficiency	535.9 %		
Energy Out	55 GJ/hr		
Generator Efficiency	100 %		
Power Out	15.282.7 kW		
	Inlet	Outlet Ideal	Outlet
Pressure (bar)	25	2	2
Temperature (°C)	375	133.7	133.6
Phase	Gas	0.99	Liquid
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	3.181.9	2.693	562
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	6.911	6.911	1.673
Mass Flow (t/hr)	21	—	21
Energy Flow (GJ/hr)	66.8	—	11.8

**Tính toán
tuabin hơi -
MEASUR**

Phần_4_37

Suất tiêu hao hơi

- Suất tiêu hao hơi là biểu thức dùng để mô tả lượng hơi nước cần thiết để tạo ra một lượng điện năng cụ thể
 - Suất tiêu hao hơi lý thuyết là suất tiêu hao hơi lý tưởng
 - Suất tiêu hao hơi thực tế là suất tiêu hao hơi ở thế giới thực

$$\text{Theoretical Steam Rate} = \text{TSR} = \frac{\dot{m}_{\text{steam}}}{\dot{W}_{\text{isentropic}}} = \frac{1}{(h_1 - h_{2\text{isen}})}$$

$$\text{Actual Steam Rate} = \text{ASR} = \frac{\dot{m}_{\text{steam}}}{\dot{W}_{\text{actual}}} = \frac{1}{(h_1 - h_2)}$$

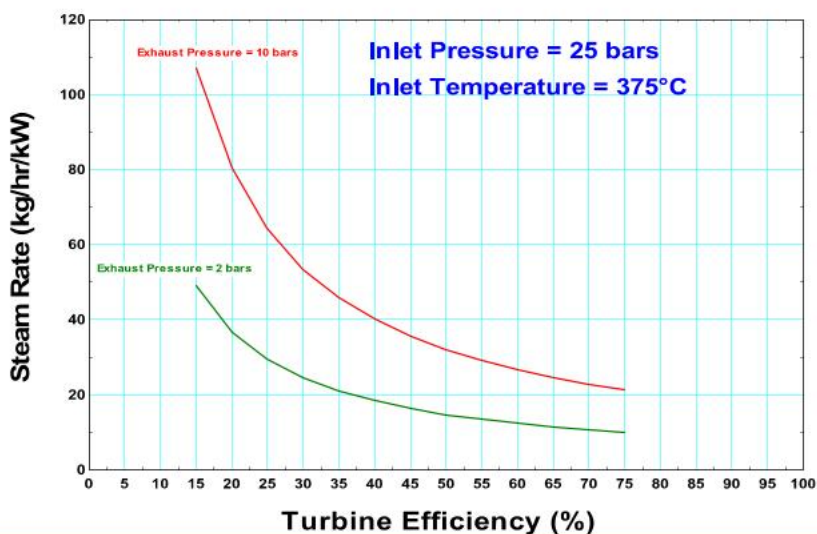
$$\eta_{\text{isen}} = \frac{\text{TSR}}{\text{ASR}}$$

Phần_4_38

Hệ số suất tiêu hao hơi

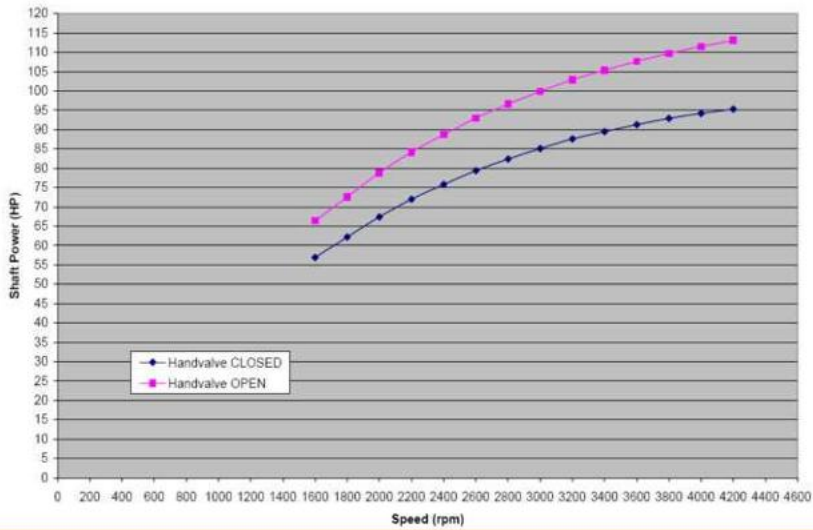
- Việc thay đổi điều kiện đầu vào hoặc đầu ra của tua-bin sẽ không ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất đẳng entropy
 - Suất tiêu hao hơi sẽ thay đổi đáng kể nếu điều kiện thay đổi
- Việc tiết lưu đầu vào của tua-bin hơi sẽ ảnh hưởng đến hiệu suất đẳng entropy tổng thể (từ van đầu vào đến đầu ra tua-bin)
 - Hiệu suất đẳng entropy của tua-bin sẽ không thay đổi đáng kể (đầu vào đến đầu ra của tua-bin)
 - Suất tiêu hao hơi sẽ thay đổi đáng kể

Phần_4_39



Suất tiêu hao hơi & Hiệu suất

Phần_4_40



Tốc độ tua-bin hơi

Phần_4_41

Ứng dụng MEASUR cho tua-bin hơi nước

- **Tổng nhu cầu điện của nhà máy** được giữ không đổi trong các đánh giá dự án MEASUR
- Năng lượng được sản xuất bởi các tua-bin giúp giảm việc mua **điện lưới**
- MEASUR chỉ xử lý được tối đa 4 tua-bin
 - HP – LP
 - HP – MP
 - MP – LP
 - HP – Ngưng tụ
 - Tua-bin xung kích phải được mô hình hóa
- MEASUR cho phép hiệu suất thực tế được kết hợp vào việc phân tích
 - Hiệu suất tua-bin
 - Sự tác động của van giảm áp
 - Kiểm soát và công suất của tua-bin

Phần_4_42

1

Assessment Settings

2

Operations

3

Boiler

4

Header

5

Turbine

TURBINE DETAILS

Condensing Turbine

Isentropic Efficiency

80

%

Generator Efficiency

100

%

Condenser Pressure

0.15

bara

Operation Type

Steam Flow

▼

Fixed Flow

6

t

High Pressure to Low Pressure

Isentropic Efficiency

65

%

Generator Efficiency

100

%

Operation Type

Balance Header

▼

High Pressure to Medium Pressure

Isentropic Efficiency

65

%

Generator Efficiency

100

%

Operation Type

Balance Header

▼

Medium Pressure to Low Pressure

Isentropic Efficiency

65

%

Generator Efficiency

100

%

Operation Type

Steam Flow

▼

Fixed Flow

10

t/hr

HELP

Turbine Help

Enter measured data to

Operation Type

Choose which is known

Range.

Tua-bin hơi trong MEASUR

Phần_4_43

High Pressure to Low Pressure

Isentropic Efficiency

65

%

Generator Efficiency

100

%

Operation Type

Balance Header

▼

Steam Flow

Power Generation

Balance Header

Power Range

Flow Range

Balance Header

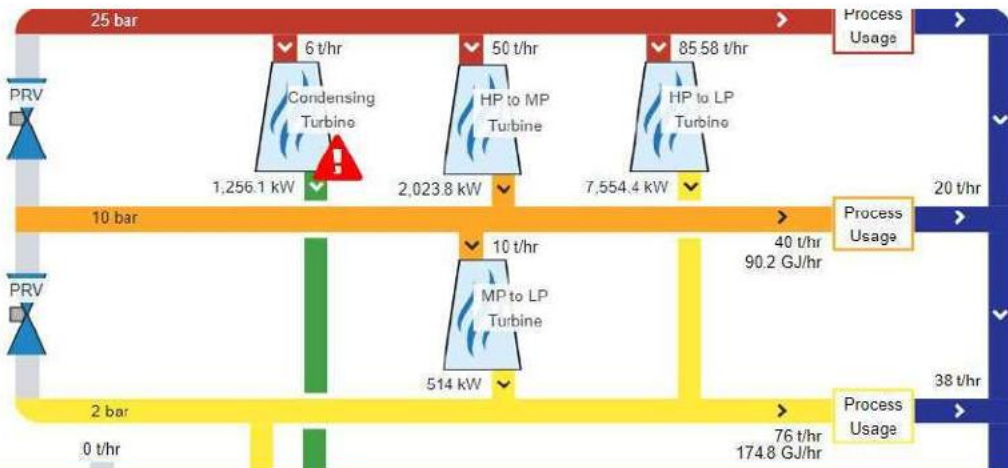
▼

Tua-bin hơi trong MEASUR

- Mỗi tua-bin hơi trong hệ thống cần được thiết lập cấu hình cho các tùy chọn về hiệu suất & kiểm soát

Phần_4_44

Sơ đồ tua-bin hơi trong MEASUR



Phần_4_45

Tua-bin hơi trong MEASUR

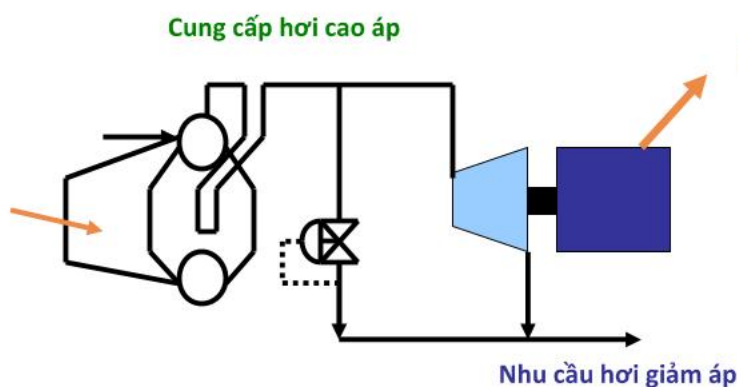
- Mỗi tuabin hơi trong hệ thống sẽ cần một hiệu suất đẳng entropy của tuabin hơi nước
 - Thông tin từ nhà sản xuất
 - Tính toán từ điều kiện đầu vào và đầu ra của hơi cho các trường hợp hơi quá nhiệt
 - Được tính toán từ công suất phát điện và áp suất đầu vào và đầu ra của hơi nước
 - Hiệu suất của máy phát điện cần được đưa vào các tính toán
- Quá trình vận hành tuabin được đáp ứng, sau đó nhu cầu hơi áp suất thấp được đáp ứng nhờ hiệu quả của PRV

Phần_4_46

Tua-bin hơi trong MEASUR

- Có 3 tùy chọn khác nhau để thiết lập quá trình vận hành tua-bin
 - Dòng hơi đến tuabin để cân bằng nhu cầu đầu ra ống góp
 - Đây cũng là tùy chọn mặc định
 - Tuabin được thiết lập vận hành cố định
 - Lưu lượng hơi không đổi
 - Công suất phát điện không đổi
 - Thiết lập tua-bin để vận hành giữa các giới hạn trên và dưới
 - Lưu lượng hơi
 - Công suất phát điện
- Tua-bin không vận hành

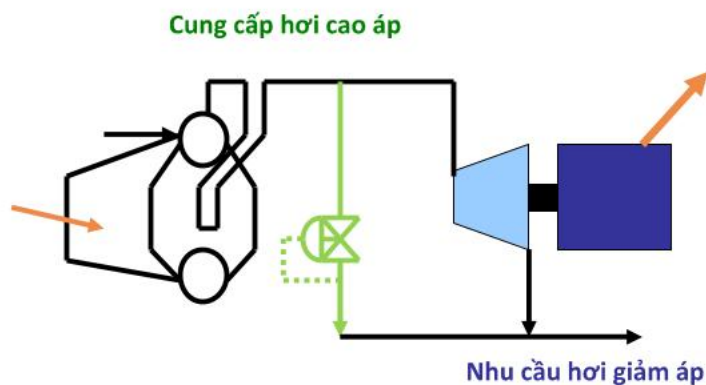
Phần_4_47



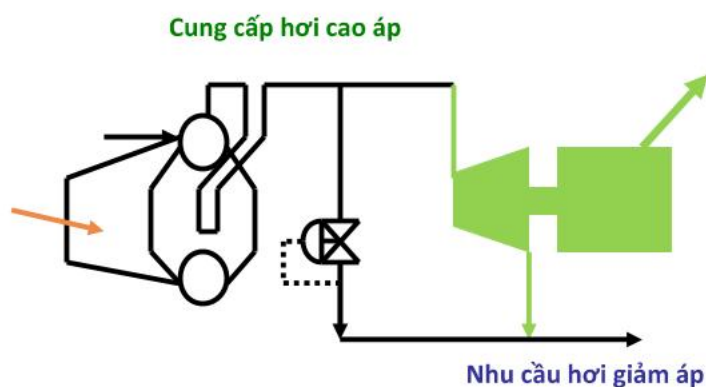
Kiểm soát cân bằng tua-bin

- Mô hình MEASUR phải được thiết lập để mô tả chính xác **tác động** mà sự thay đổi về nhu cầu hơi nước (hoặc điều kiện vận hành) sẽ gây ra đối với hệ thống
 - **Thành phần tác động** phải được xác lập
 - Hơi có thể đi qua tuabin
 - Hơi có thể đi qua van giảm áp

Phần_4_48



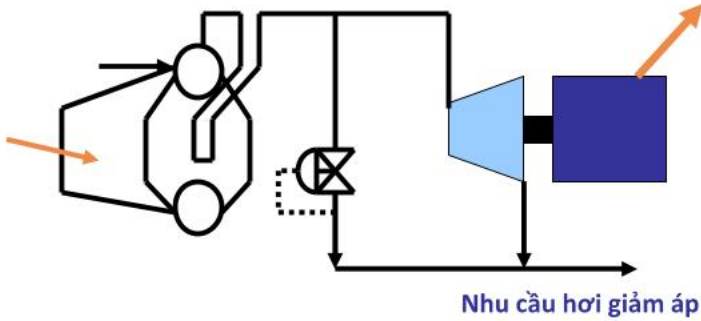
- Tua-bin cân bằng ống góp giảm áp
- Công suất của tua-bin là vô hạn
- Bất kỳ sự thay đổi nào về nhu cầu hơi thấp áp sẽ dẫn đến thay đổi lưu lượng hơi qua tua-bin.



- Tua-bin đang vận hành dựa trên các điều kiện cố định
- Lưu lượng hơi nước không thể thay đổi qua tua-bin
- Bất kỳ sự thay đổi nào về nhu cầu hơi thấp áp sẽ dẫn đến sự thay đổi lưu lượng hơi qua PRV.
- Tua-bin quá trình thường được mô hình hóa theo cách này

Cung cấp hơi cao áp

Kiểm soát cân bằng hơi nước tối đa-tối thiểu

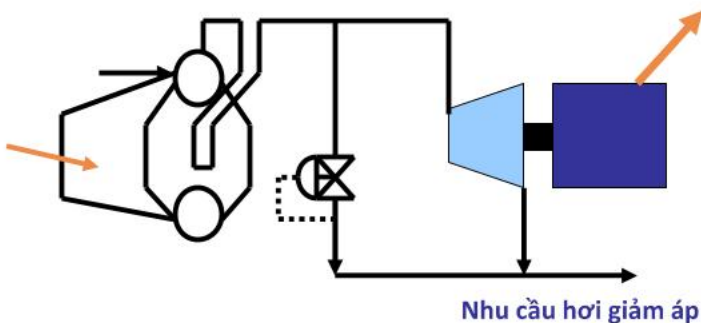


- Tua-bin có thể bị buộc phải vận hành giữa lưu lượng hơi tối thiểu và tối đa
 - PRV sẽ cung cấp thêm hơi nếu tua-bin đạt đến giới hạn công suất
 - Điều này đưa ra một hạn chế thực tế dựa trên công suất của các tua-bin

Phần_4_51

Cung cấp hơi cao áp

Điều khiển bật-tắt tua-bin



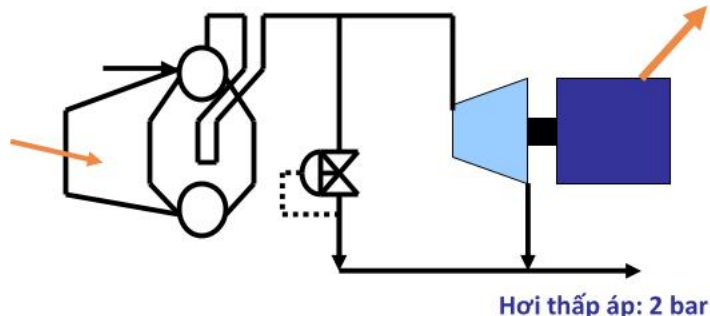
- Tua bin có thể được “bật” trong mô hình Cơ sở và “tắt” trong mô hình Đánh giá
 - Tua bin có thể được “tắt” trong mô hình Cơ sở và “bật” trong mô hình Đánh giá

Phần_4_52

Hơi cao áp: 25 bar, 375°C

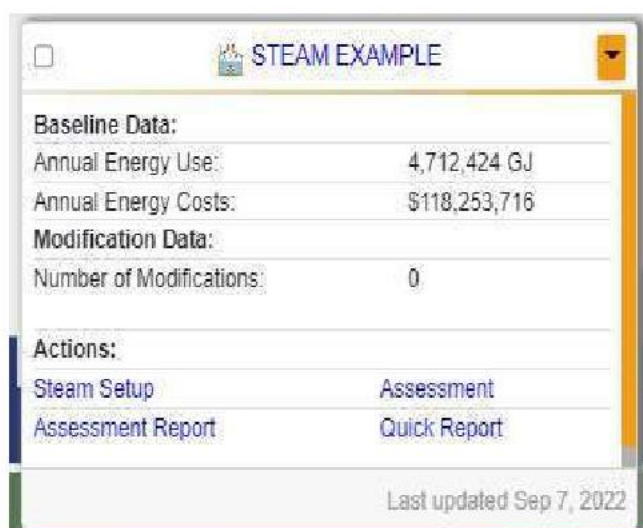
Chi phí xung kích
điện: 0,1\$/kWh

Mô hình tua-bin đối áp – Hệ thống ví dụ



- Mở Mô hình hệ thống ví dụ 3 ống góp và thiết lập tua-bin HP-LP với cấu hình sau
 - Lưu lượng tuabin hơi ~21,0 Tấn/h
 - Hiệu suất đẳng entropy của tua-bin = 35%
- Lập mô hình tác động kinh tế của việc tiết kiệm 1 Tấn/h hơi HP và 1 Tấn/h hơi LP

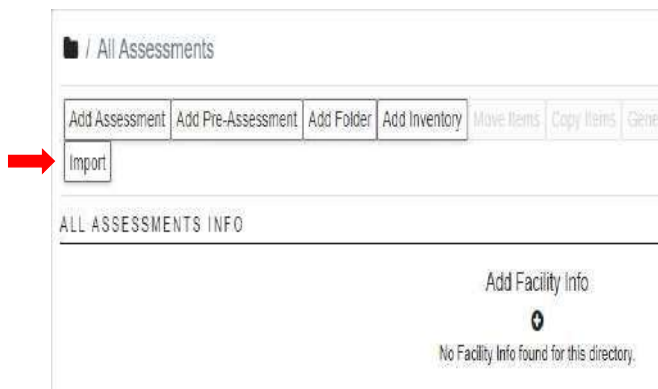
Phần_4_53



Mở tập tin SAVED MEASUR

- Mở MEASUR – Đã cài đặt hoặc phiên bản Online
- Bấm vào “View Assessments”
- Assessment có thể đã có trên Dashboard – Bấm vào nó

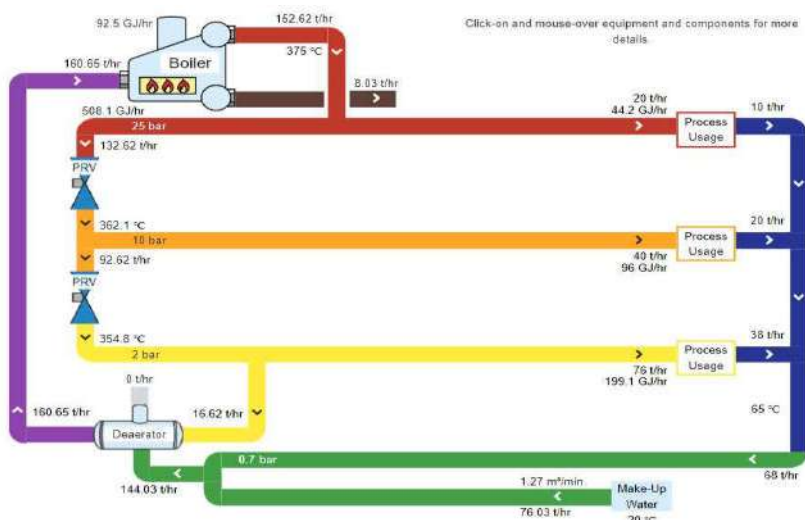
Phần_4_54



Mở tệp tin SAVED MEASUR

- Nếu Assessment KHÔNG có trên Dashboard, hãy nhấp vào “Import” và tìm tệp .json nơi lưu trữ đánh giá
- Đối với phiên bản Online – Thư mục tải xuống là vị trí mặc định để lưu trữ tệp

Phần_4_55



Kiểm tra lại mô hình cơ sở

Phần_4_56

STEAM SYSTEM SUMMARY	
Steam Generated	
152.6 t/hr	
Total Operating Cost	
\$116,097,582	
CO ₂ Emissions (tonne CO ₂ /yr)	
Emissions From Fuel	223,845.22
Emissions From Selling Electricity	0
Emissions From Change In Electricity Imports	0
Total Emissions	223,845.22
Fuel	
Boiler Fuel Use	4,451,088.07 GJ/yr
Boiler Fuel Cost (\$)	\$111,277,202
Electricity	
Electricity Generated	0 kW
Electricity Imported	5,000 kW
Electricity Cost (\$)	\$4,380,000
Make-Up Water	
Make-Up Water Required	667,242.79 m ³
Make-up Water Cost (\$)	\$440,380

Hệ thống ví dụ

- Chúng ta có đồng ý với tất cả những con số này không?
- Nếu có, chúng ta đồng ý với điều nào?
- Nếu không, cái nào chúng ta KHÔNG đồng ý?

Phần_4_57

Steam Example
 Last modified: Sep 8, 2022

System Setup
 Assessment
 Diagram
 Report
 Sankey
 Calculators

1 Assessment Settings
 2 Operations
 3 Boiler
 4 Header
 5 Turbine

TURBINE DETAILS

☐ Condensing Turbine
 ☒ High Pressure to Low Pressure

Isentropic Efficiency	35	%
Generator Efficiency	100	%
Operation Type	Steam Flow	▼
Fixed Flow	21	t/hr

☐ High Pressure to Medium Pressure
 ☐ Medium Pressure to Low Pressure

HELP

Turbine Help

Enter measured data to calcu

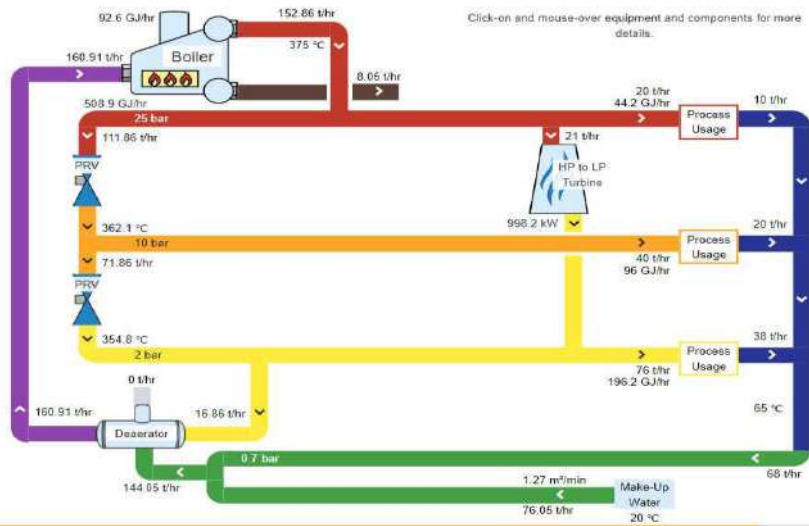
Fixed Flow

Fixed mass flow rate of steam

Hệ thống ví dụ

- Đi tới Phần 5 - “Tua-bin”
- Kiểm tra danh mục kéo xuống để biết Operation-type

Phần_4_58



Mô hình hệ thống ví dụ

Phần_4_59

MARGINAL STEAM COST	
High Pressure	\$93.88 /t
Medium Pressure	\$93.88 /t
Low Pressure	\$93.73 /t

Kết quả cho ví dụ về tác động của tua-bin

$$\begin{aligned}
 & \text{Lượng tiết kiệm}_{1T\text{ấn}/h_{HP}} \\
 &= 1,0 \times 8.760 \times 93,88 \\
 &= 822.389 \$
 \end{aligned}$$

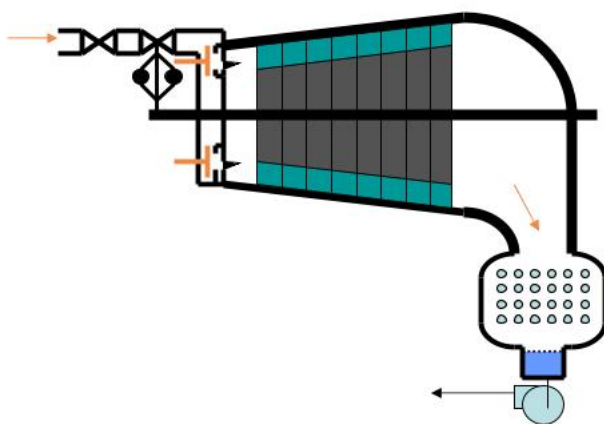
$$\begin{aligned}
 & \text{Lượng tiết kiệm}_{1T\text{ấn}/h_{LP}} \\
 &= 1,0 \times 8.760 \times 93,73 \\
 &= 821.075 \$
 \end{aligned}$$

Phần_4_60

Tính kinh tế của tua-bin đối áp

- Hầu hết các hệ thống công nghiệp đều cần đến năng lượng nhiệt (không phải lưu lượng khối lượng của hơi)
- Tua bin sẽ lấy năng lượng từ hơi nước và chuyển hóa thành năng lượng trực
 - Hơi nước sẽ thoát ra khỏi tua-bin với nhiệt độ giảm so với ban đầu
- Kết quả sẽ làm tăng lưu lượng hơi cần thiết để đáp ứng nhu cầu nhiệt

Phần_4_61

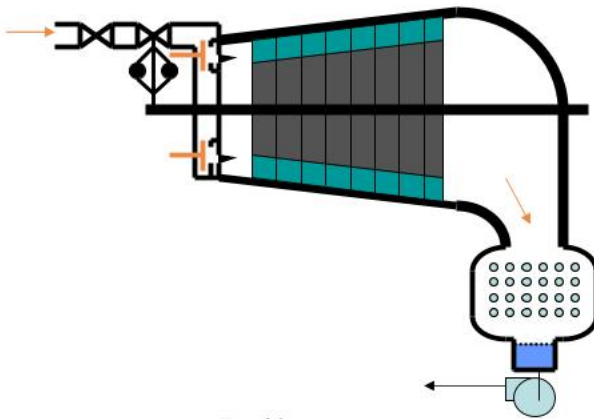


Tua-bin ngưng

Tua-bin ngưng hơi

- Tua bin ngưng hơi thường hoạt động với điều kiện xả hơi bão hòa
 - Hiệu suất đẳng entropy thường được xác định bởi
 - Sản lượng máy phát, thông số hơi và lưu lượng hơi
 - Dữ liệu ước tính của nhà sản xuất

Phần_4_62



Tua-bin ngưng

Tua-bin ngưng hơi

- Áp suất xả ảnh hưởng lớn đến sản lượng điện
 - Một số đơn vị khác nhau có sẵn trong MEASURE
 - Cần thận khi lựa chọn đơn vị áp suất chân không
 - Chúng có thể khác với đơn vị áp suất ống góp
- Tua-bin ngưng được sử dụng cho
 - Sản lượng điện lớn
 - Truyền động thiết bị cơ khí cỡ lớn

Phần_4_63

1 Assessment Settings	2 Operations	3 Boiler	4 Header	5 Turbine
TURBINE DETAILS				HELP
☒ Condensing Turbine				Turbine Help
Isentropic Efficiency		80	%	Enter measured data
Generator Efficiency		100	%	
Condenser Pressure		0.15	bara	Fixed Flow
Operation Type		Steam Flow	v	Fixed mass flow rate
Fixed Flow		6	t	

Tua-bin ngưng hơi trong MEASUR

- (Các) tua-bin ngưng hơi cần được thiết lập giống như tua-bin đối áp nhưng cần thêm một thông số đầu vào
 - Áp suất bình ngưng (điều kiện chân không)
- Cũng cần có thông tin về cơ chế điều khiển

Phần_4_64

Tua-bin ngưng hơi trong MEASUR

- Tua-bin ngưng có hai chế độ vận hành
 - Công suất phát điện cố định
 - Hầu hết các hoạt động thiết bị điều khiển theo quy trình sẽ có cấu hình này
 - Hiệu suất máy phát 100%
 - Khi kết nối với máy phát để phát điện
 - Sử dụng máy phát điện hiệu quả theo quy định của nhà sản xuất
 - Lưu lượng hơi cố định
 - Có thể quan sát thấy ở các nhà máy có nhiều nhiệt thải cần được thu hồi
 - Cân bằng hệ thống hơi nước và loại bỏ sự thoát hơi nước từ các ống góp

Phần_4_65

Tua-bin ngưng hơi trong MEASUR

- Cần có hiệu suất đẳng entropy của tuabin ngưng tự
 - Thông số từ nhà sản xuất
 - Tính toán từ hơi nước đầu vào, lưu lượng và công suất phát điện
- Áp suất đầu ra (xả) của tua-bin ngưng
 - Có thể được cung cấp từ một trong bốn đơn vị
 - Tương đương với áp suất ngưng tụ bề mặt

Phần_4_66

Hơi cao áp: 25 bar, 375°C

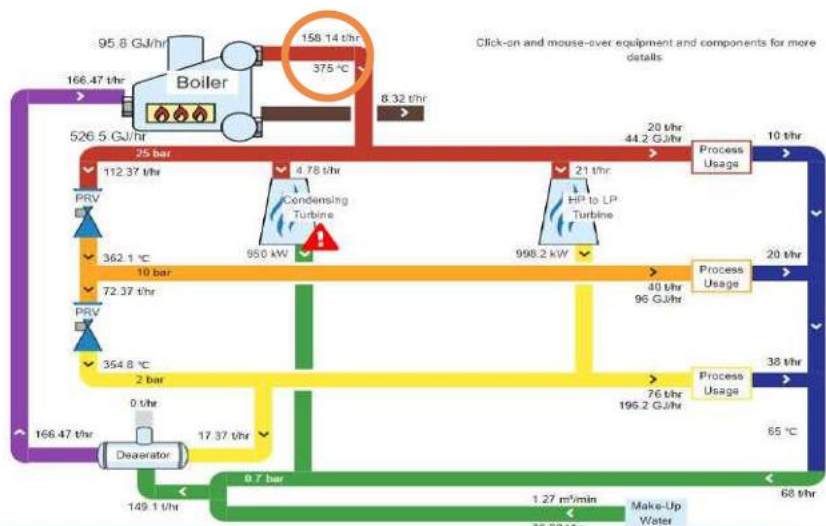
Chi phí xung kích điện: 0,1 \$/kWh

Tua-bin ngưng – Hệ thống ví dụ

- Mở Mô hình hệ thống ví dụ 3 ống góp và thiết lập tua-bin ngưng tự với cấu hình sau
 - Công suất phát điện cố định = 950 kW
 - Hiệu suất máy phát = 95%
 - Hiệu suất đẳng entropy của tua-bin = 80%

Áp suất xả: 0,15 bara

Phần_4_67



Kết quả về ví dụ tua-bin ngưng

Phần_4_68

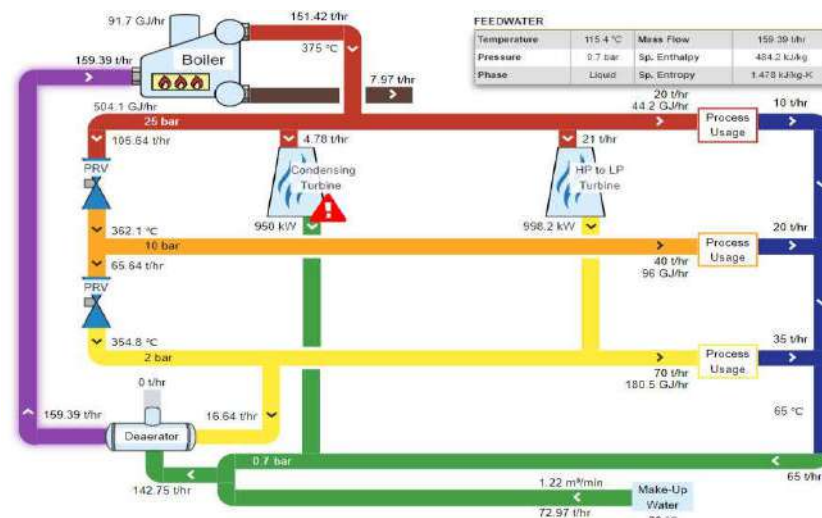
Low Pressure Header

Pressure	2	bar
Process Steam Usage	70	t/hr
Condensate Recovery Rate	50	%
Flash Condensate Coming into Header	No	▼
Heat Loss	0	%
Desuperheat Steam out of Medium Pressure Header	No	▼

Kết quả về ví dụ tua-bin ngưng

- Thực hiện một thay đổi nhỏ trong thông số đầu vào Mô hình cơ sở
 - Thay đổi mức sử dụng hơi thấp áp của ống góp thành 70 Tấn/h

Phần_4_69



Kết quả về ví dụ tua-bin ngưng

Phần_4_70

Kết quả về ví dụ tua-bin ngưng

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	\$110,402,059
Make-Up Water	
Flow	1.22 m ³ /min
Unit Cost	\$0.66 /m ³
Total \$/yr	\$422,636
Total Operating Cost	
\$115,204,737	

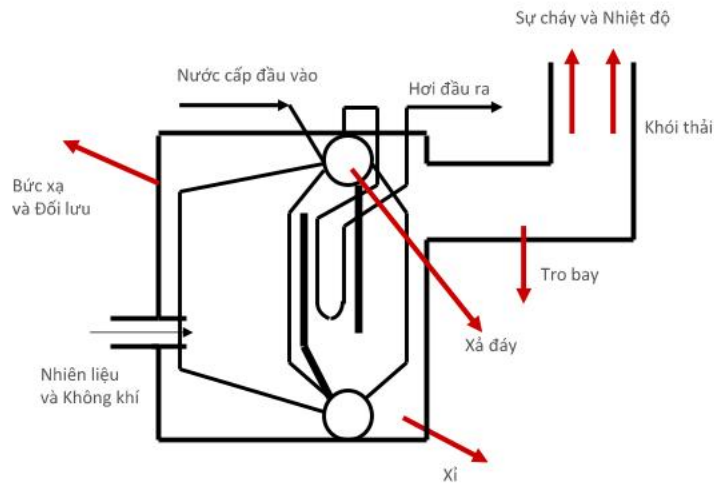
MARGINAL STEAM COST	
High Pressure	\$93.89 /t
Medium Pressure	\$93.89 /t
Low Pressure	\$93.72 /t

Phần_4_71

Mô hình hệ thống ví dụ

- Tất cả các mô hình “Đầu vào” đều đã hoàn tất
- Mô hình 3 ống góp
 - Thể hiện chặt chẽ lưu lượng hơi nước và cân bằng hơi nước trên các ống góp như trong trường hợp vận hành
 - Mô hình hóa chính xác tác động (cận biên) của chi phí hơi nước của hệ thống
 - KHÔNG đại diện cho tổng chi phí tiện ích, lượng khí thải, v.v.
 - LƯU Ý: Tác động của nhiên liệu được sử dụng để lập mô hình
 - Sẵn sàng để sử dụng nhằm phản ánh chính xác tác động kinh tế của các cơ hội tối ưu hóa và tiết kiệm năng lượng trong hệ thống hơi nước
- Hãy chắc chắn rằng nó đã được **LƯU!**

Phần_4_72



Các loại tổn thất của lò hơi

Phần_5_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_5_4

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_5_5

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_5_6

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 tỷ lệ xả đáy tới 10%
- Việc thu hồi nước ngưng bổ sung thường giúp giảm tỉ lệ xả đáy

Phần_5_7

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_5_8

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Các lựa chọn để tiết kiệm năng lượng khi xả đáy

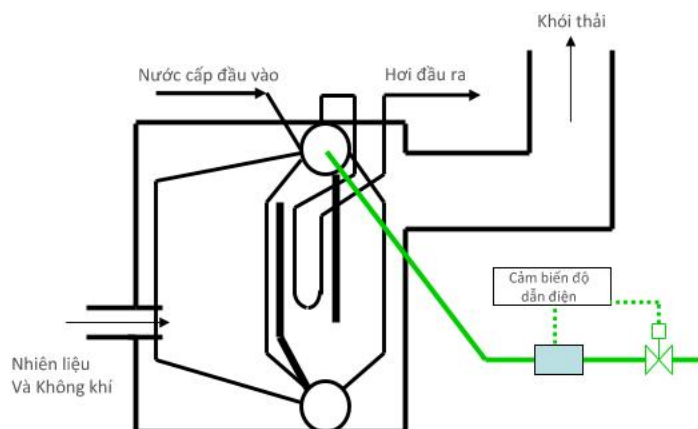
- Giảm xả đáy lò hơi
 - Điều này sẽ làm giảm năng lượng trong dòng xả đáy một cách tương ứng
 - Nhưng chất lượng nước sẽ cần được cải thiện đáng kể
 - Cân nhắc về kinh tế
 - Cân nhắc về cơ sở hạ tầng
- Triển khai thiết bị thu hồi năng lượng
 - Giữ lại gần như toàn bộ năng lượng từ xả đáy
 - Không ảnh 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_5_9

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_5_10



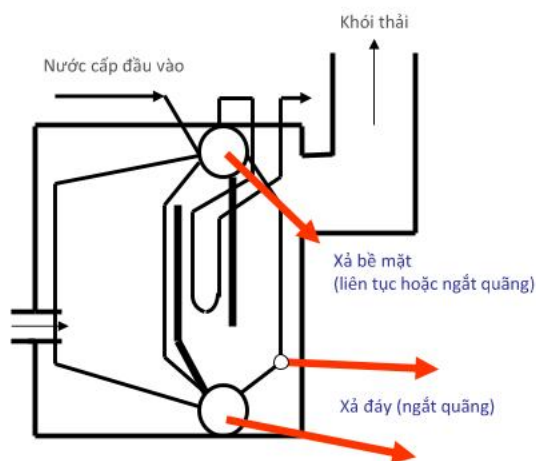
Kiểm soát việc xả đáy

Phần_5_11

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_5_12



MEASUR – Giảm xả đáy lò

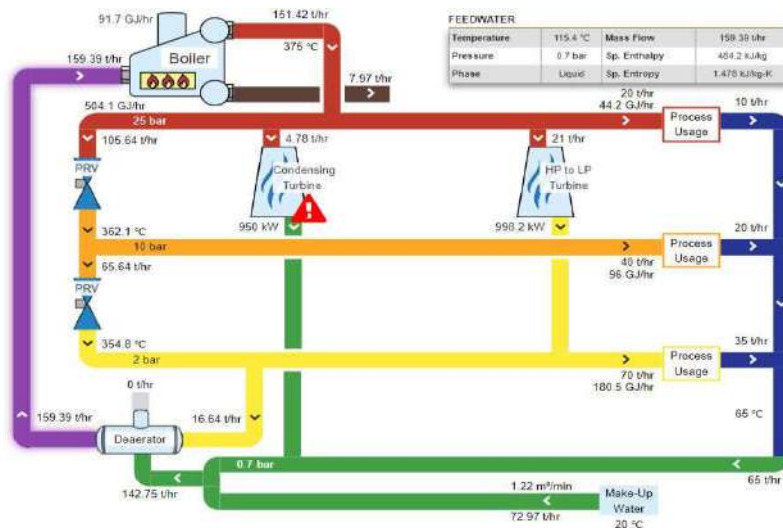
- Việc xả đáy dựa trên chất lượng nước
- Điều gì sẽ làm giảm việc xả đáy lò hơi?
 - Nước cấp sạch hơn
 - Tăng lượng thu hồi nước ngưng
 - Trạng thái của nước bổ sung
 - Khử sạch nước ngưng
 - Thay đổi cách xử lý nước
 - Xả đáy liên tục và xả đáy ngắt quãng

Phần_5_13

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

Phần_5_14



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

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	504.1 GJ/hr
Unit Cost	\$25.90 /GJ
Total \$/yr	\$110,402,059
Make-Up Water	
Flow	1.22 m³/min
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

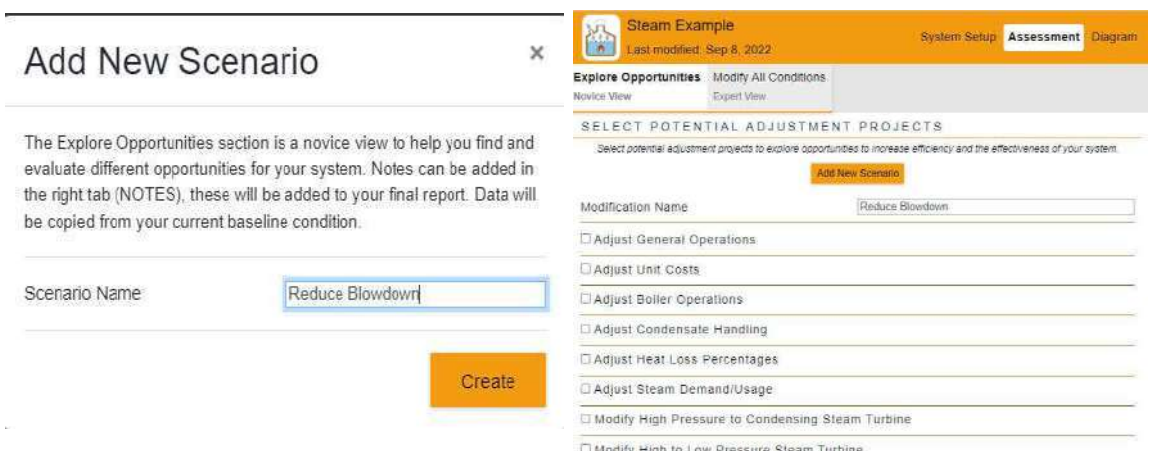


Đánh giá hệ thống ví dụ

- 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_5_17

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



Phần_5_18

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: Reduce Blowdown

☐ 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

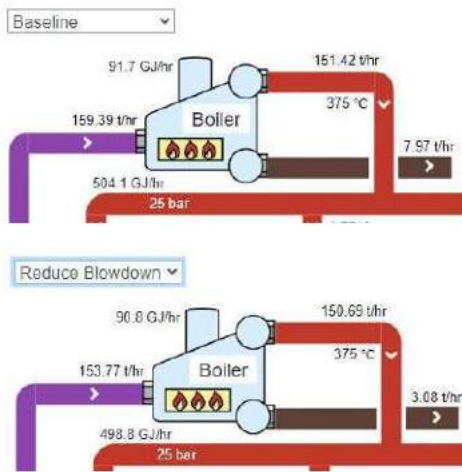
Đánh giá hệ thống
ví dụ – Giảm xả đáy

Phần_5_19

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 (m ³ /yr)	640,361.2	597,453.3	
Water Cost (\$/yr)	422,538	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)	222,084.88	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_5_20



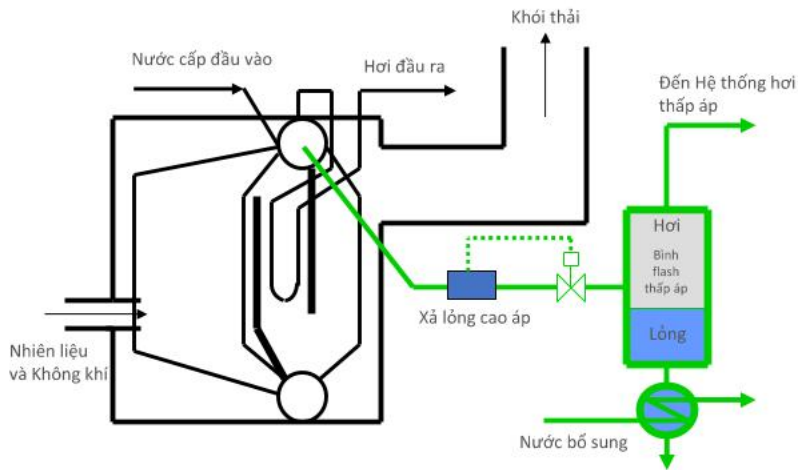
Giảm xả đáy lò hơi

Phần_5_21

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

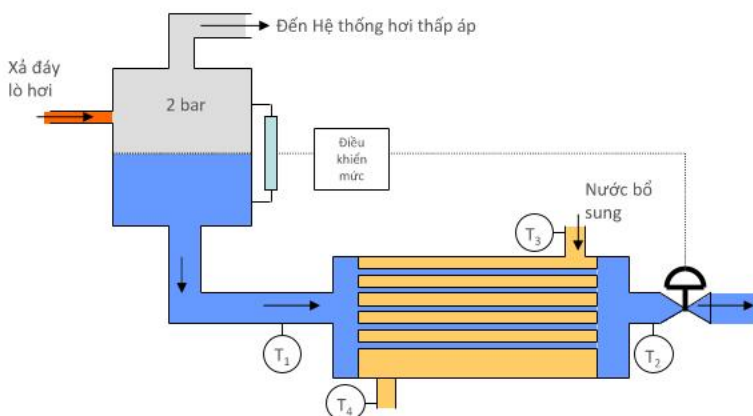
Phần_5_22



Thu hồi năng lượng xả đáy

Phần_5_23

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

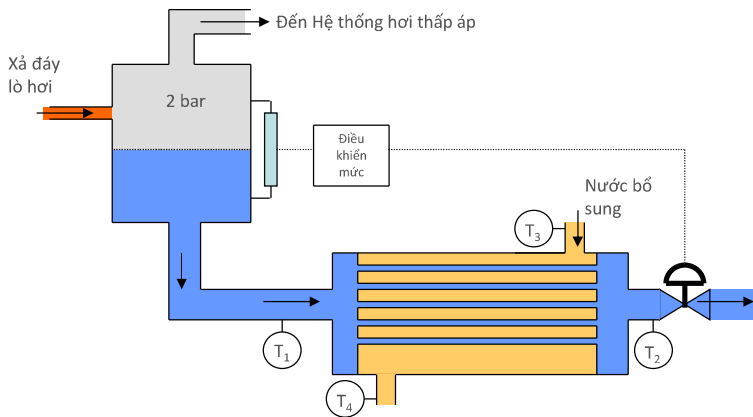


Thu hồi năng lượng xả đáy

- 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_5_24

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_5_25

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Modification Name:

☐ 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 No	Blowdown Flashed Yes

☒ Preheat Makeup Water with Blowdown

Baseline	Modifications
Preheat Make-up Water No	Preheat Make-up Water Yes
Approach Temperature 18 °C	

Đánh giá MEASUR – Thu hồi năng lượng xả đáy

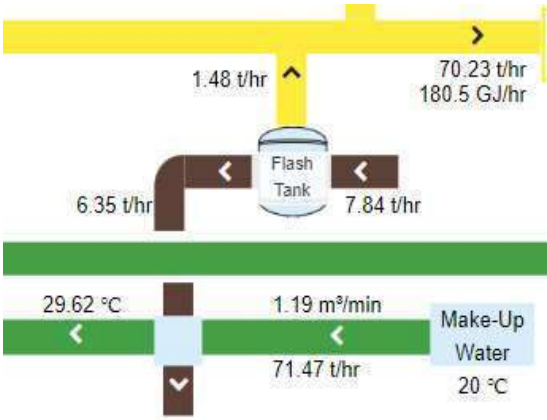
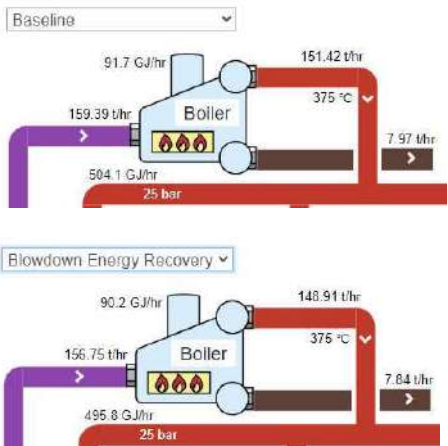
Phần_5_26

	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 (m ³ /yr)	640,351.2	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

Phần_5_27

Đánh giá MEASUR – Thu hồi năng lượng xả đáy



Phần_5_28



Xả đáy / Bộ trao đổi nhiệt nước bổ sung

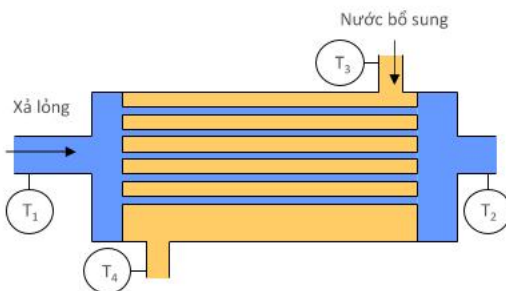


Bình flash xả đáy

Thu hồi năng lượng xả đáy

Phần_5_29

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_5_30

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_5_31

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_5_32



Phần_5_33

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

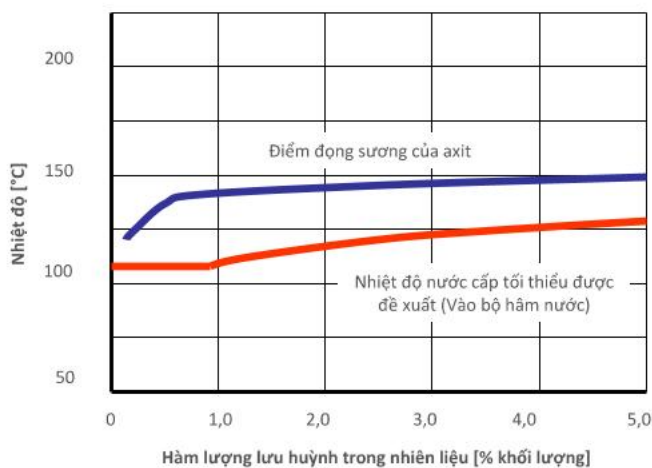
- Một lượng năng lượng đáng kể tồn tại trong khói thải
 - Nhiệt độ của khói thải biểu thị hàm lượng của năng lượng
- Các yếu tố phổ biến nhất ảnh hưởng đến nhiệt độ khói thải được trình bày là:
 - Thiết kế lò hơi
 - Nhiên liệu
 - Độ sẵn sàng của thiết bị thu hồi nhiệt
 - Bộ hâm nước
 - Bộ sấy không khí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

Phần_5_35

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_5_36



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

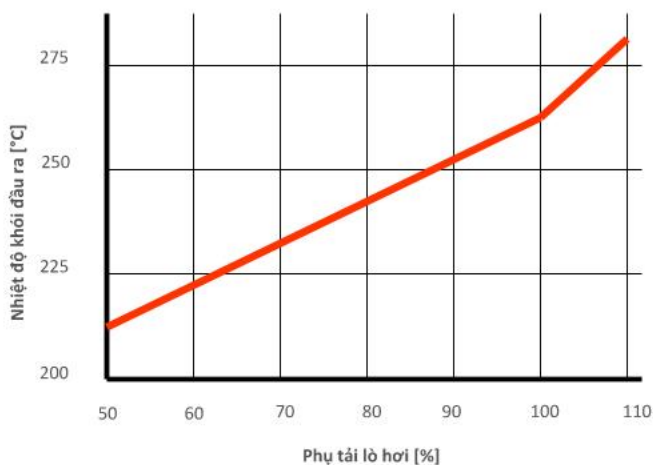
Phần_5_37

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

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

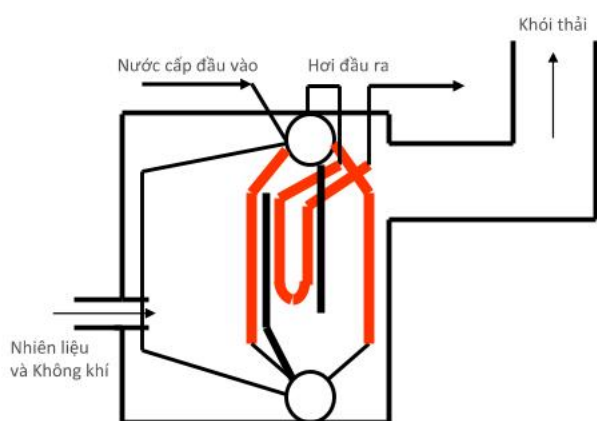
Phần_5_38



Phụ tải lò hơi

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

Phần_5_39



Vấn đề cấu cặn

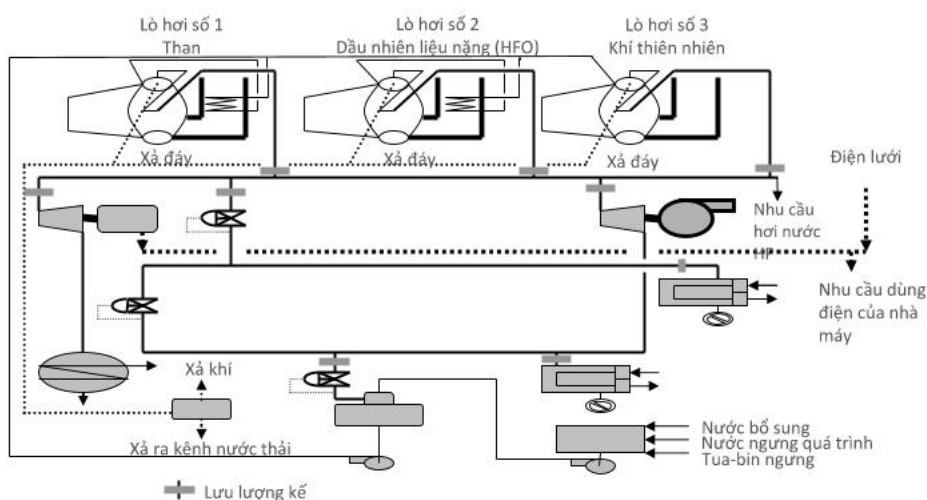
- Sự đóng cặn phía nước (cặn) thường được quản lý thông qua nỗ lực xử lý nước
 - Các biến cố đáng chú ý được khắc phục thông qua làm sạch bằng hóa chất và phun thủy lực
- Sự đóng cặn phía cháy được quản lý thông qua việc thổi bồ hóng và làm sạch gián tiếp định kỳ
 - Việc thổi bồ hóng rất quan trọng đối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

Phần_5_40

Cơ hội giảm tổn thất ống khói phổ biến

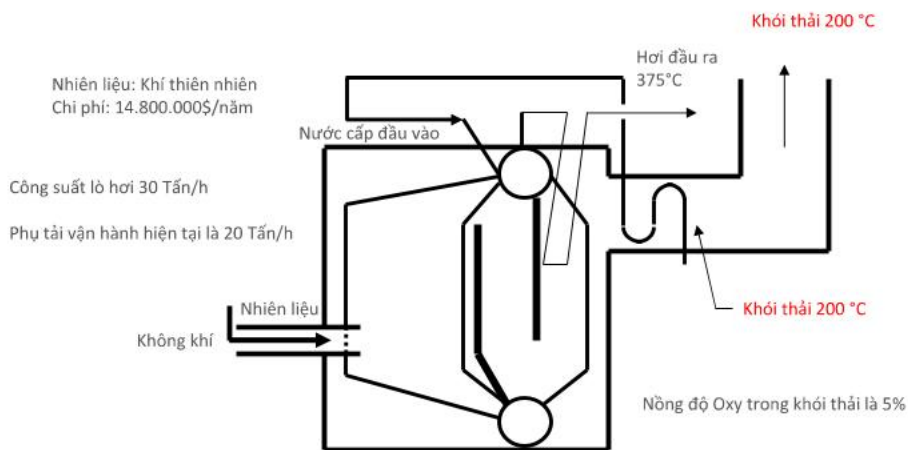
- Loại bỏ cấu cặn phía cháy
 - Thổi bờ hóng
 - Làm sạch gián tiếp
- Loại bỏ cấu cặn phía nước
 - Đề phòng
 - Rửa phun áp lực cao
 - Làm sạch bằng hóa chất
- Sửa chữa các bộ phận bên trong bị lỗi
- Lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt

Phần_5_41



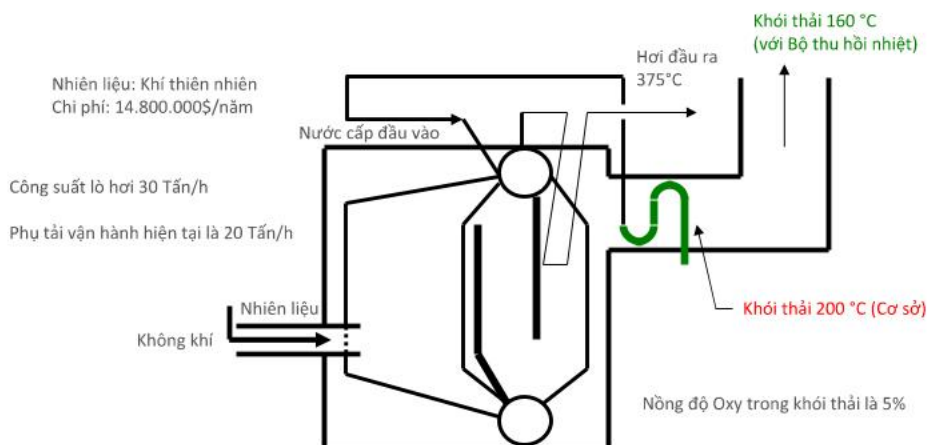
Phần_5_42

Ví dụ về giảm tổn thất ống khói



Phần_5_43

Stack Loss Reduction Example



Phần_5_44

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_5_45

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_5_46

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_5_47

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_5_48

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_5_49

☐ 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

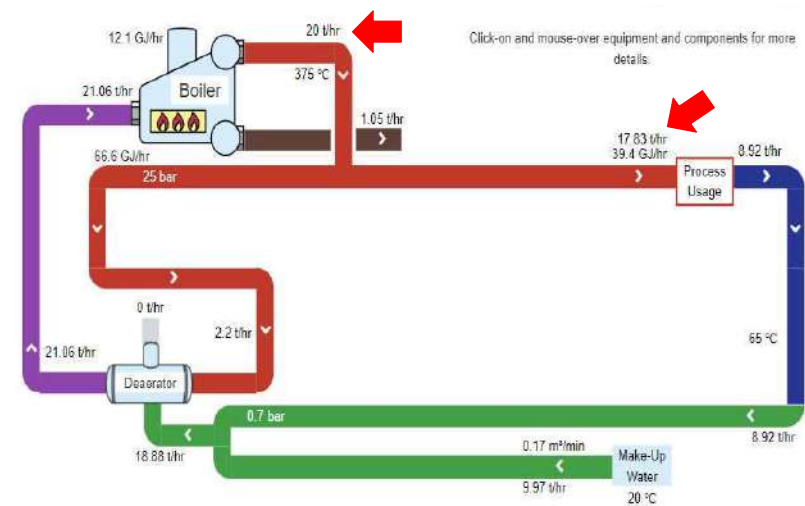
Đánh giá MEASUR – Cải thiện hiệu suất lò hơi

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

Phần_5_50

	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	18,890.812
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_5_53

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

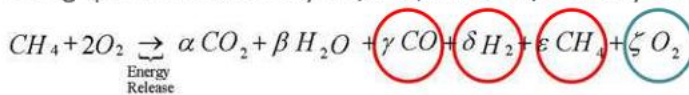
Phần_5_54

Phân tích cháy

- Trong một thể 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



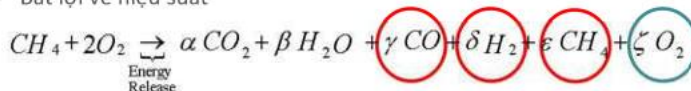
- Trong quá trình đốt cháy thực tế, nhiên liệu và oxy không phản ứng hoàn toàn



- 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

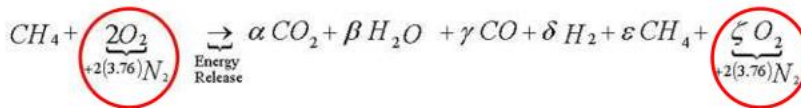
- CH₄, CO và H₂ không phản ứng làm suy giảm quá trình cháy
 - Vấn đề an toàn
 - Vấn đề sức khỏe
 - Bất lợi về hiệu suất



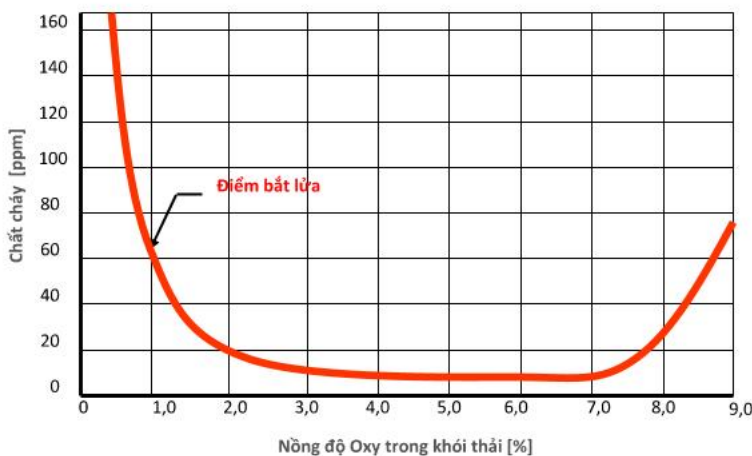
- Quản lý quá trình cháy là cố gắng loại bỏ nhiên liệu không phản ứng bằng cách bổ sung thêm Oxy vào vùng cháy
 - Lượng O₂ dư được cung cấp cho vùng cháy về cơ bản sẽ loại bỏ nhiên liệu chưa phản ứng

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



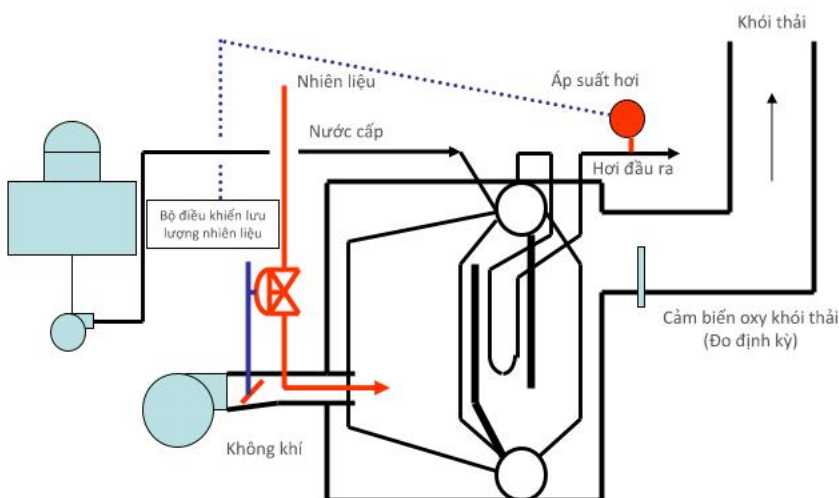
Đánh giá lượng oxy tối thiểu

- 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

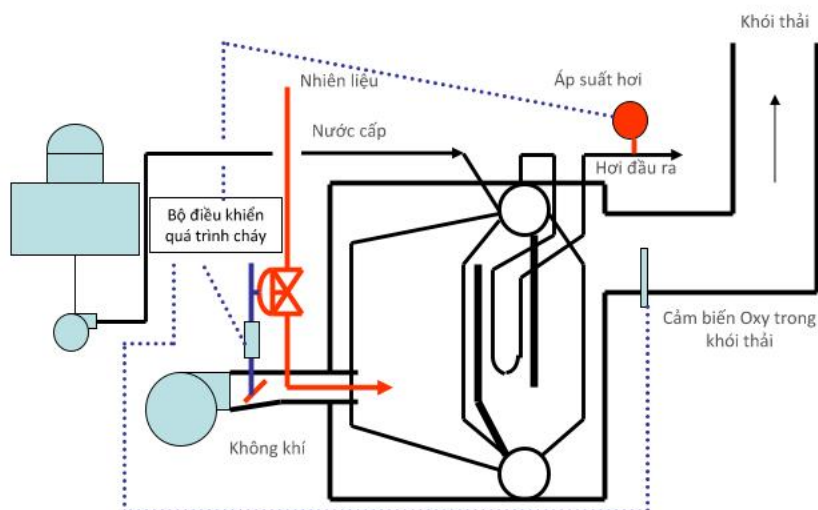
Phần_5_59



Điều khiển vị trí

Phần_5_60

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



Điều khiển ngắt O₂ tự động

Phần_5_61

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

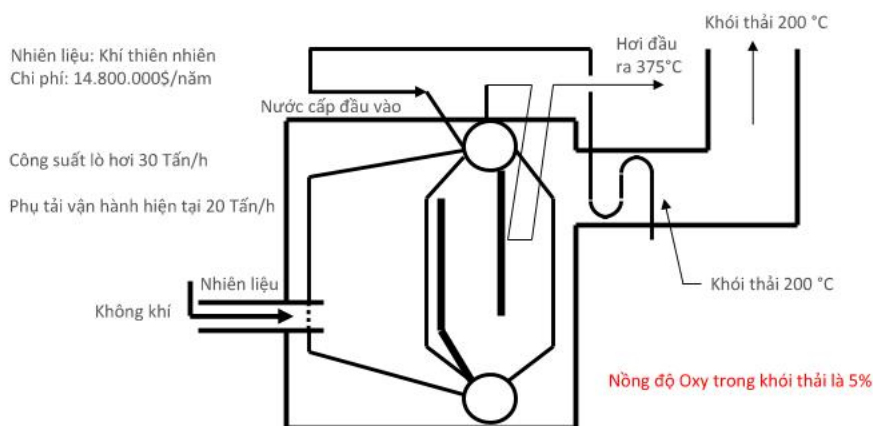
Các thông số kiểm soát hàm lượng Oxy trong khói thải điển hình

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

Phần_5_62

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

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



Phần_5_63

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

STACK LOSS

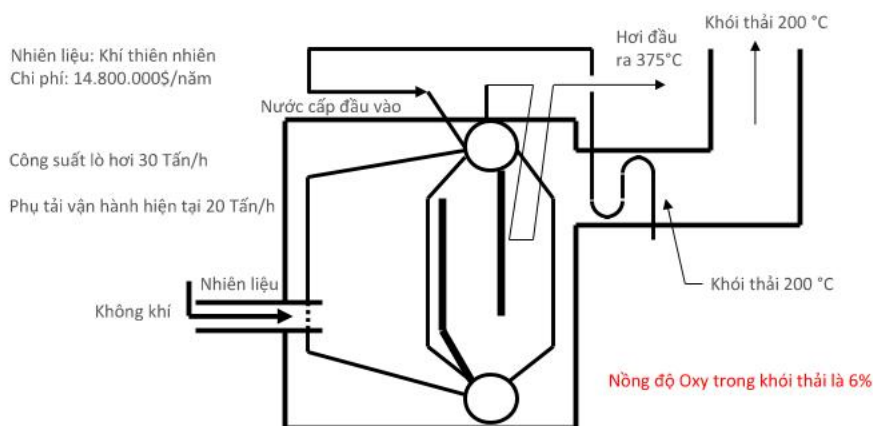
Type of fuel	Gas	
Fuel	Typical Natural Gas - US	
Add New Fuel		
Stack Gas Temperature	200	°C
Ambient Air Temperature	20	°C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas	
Oxygen In Flue Gas	5	%
Moisture in Combustion Air	0	%
Stack Loss	18.2 %	
Boiler Combustion Efficiency	81.8 %	

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_5_64

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



Phần_5_65

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_5_66

Điều chỉnh lại bộ điều khiển vị trí

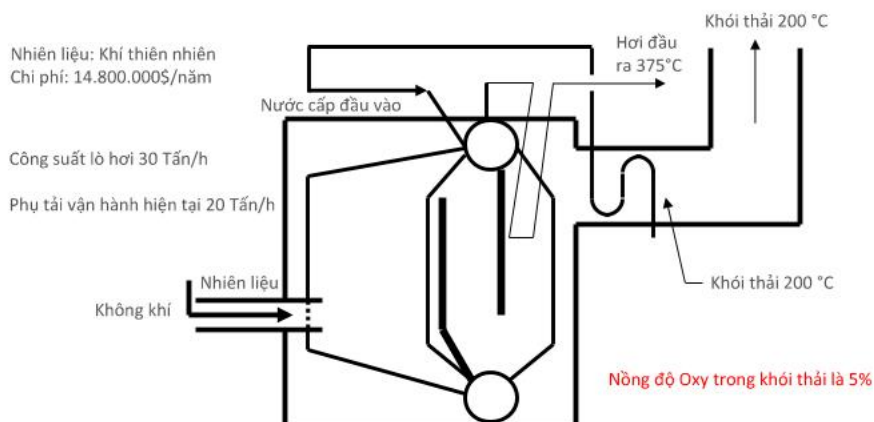
- Lượng chi phí năng lượng tiết kiệm = Chi phí vận hành trường hợp cơ bản – Chi phí vận hành mới

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

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

Phần_5_67

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



Phần_5_68

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

STACK LOSS

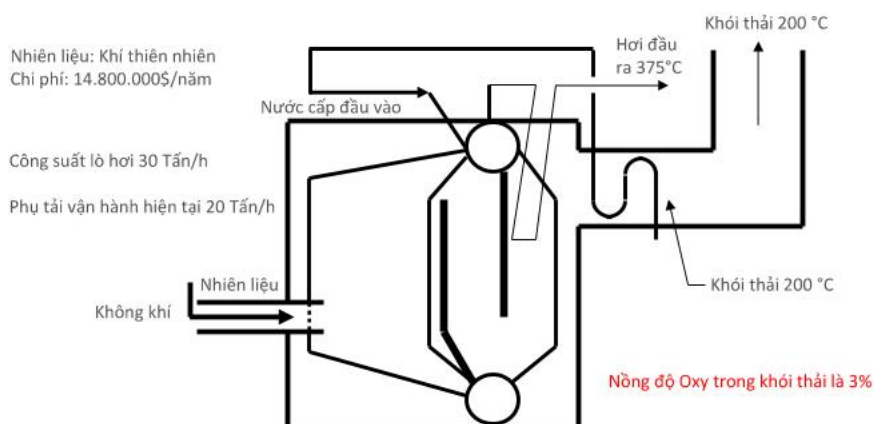
Type of fuel	Gas
Fuel	Typical Natural Gas - US
Add New Fuel	
Stack Gas Temperature	201 °C
Ambient Air Temperature	20 °C
Percent Oxygen Or Excess Air?	Oxygen in Flue Gas
Oxygen In Flue Gas	5 %
Moisture In Combustion Air	0 %
Stack Loss	18.2 %
Boiler Combustion Efficiency	81.8 %

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_5_69

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



Phần_5_70

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

Phần_5_71

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

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

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

Phần_5_72

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

Baseline	Modifications
Combustion Efficiency	Combustion Efficiency
81.8%	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_5_73

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_5_74

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_5_75

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

Phần_5_76

Chuyển đổi nhiên liệu

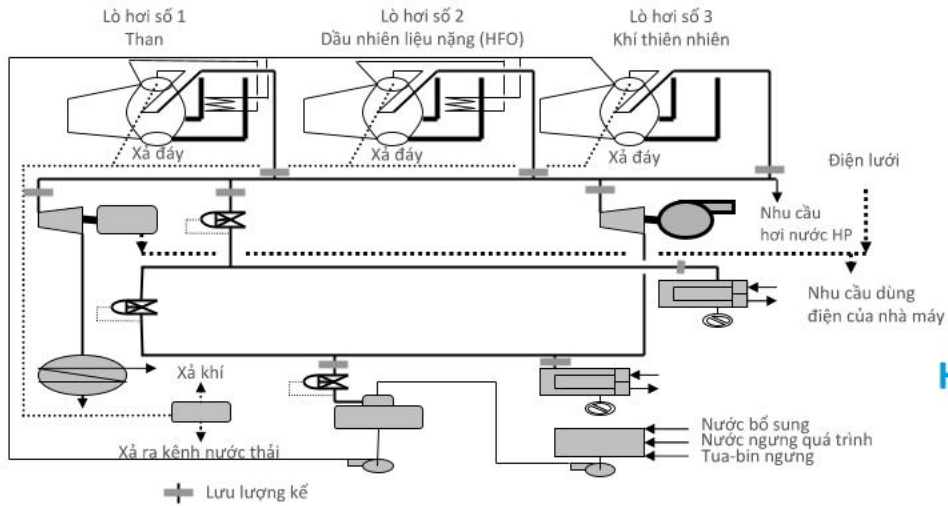
- Lựa chọn nhiên liệu có thể giúp giảm đáng kể chi phí vận hành do sự khác biệt về chi phí năng lượng và hiệu suất lò hơi
 - Đôi khi chi phí năng lượng và chi phí bảo trì bị xê dịch
 - Các vấn đề môi trường là mối quan tâm đáng kể liên quan đến việc lựa chọn nhiên liệu
 - Hiệu quả sử dụng nhiên liệu 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 ngón tay cái nào!

Phần_5_77

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 ngón tay cái nào!

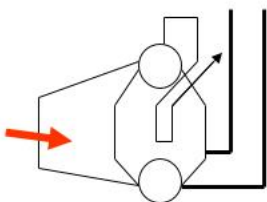
Phần_5_78



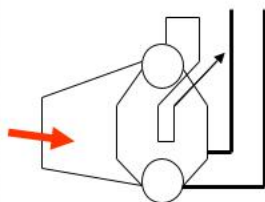
Hệ thống hơi

Phần_5_79

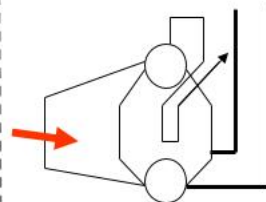
Trạng thái hơi: 25 bar và 375°C



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_5_80

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

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

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

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

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

Phần_5_81

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

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

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

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

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

Phần_5_82

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)

Phần_5_83

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

Phần_5_84

Steam Example

Last modified: Sep 8, 2022

System Setup

Assessment

Diagram

Explore Opportunities

Service View

Modify All Conditions

Expert View

Adjust Unit Costs

Modify Electricity Unit Cost

Baseline

Fuel Cost

25 \$/GJ

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

81.6%

Modifications

Combustion Efficiency

85.8

%

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_5_85

	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

Chuyển đổi nhiên liệu – trong MEASUR

- 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_5_86

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_5_87

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 ngón tay cái nào!

Phần_5_88

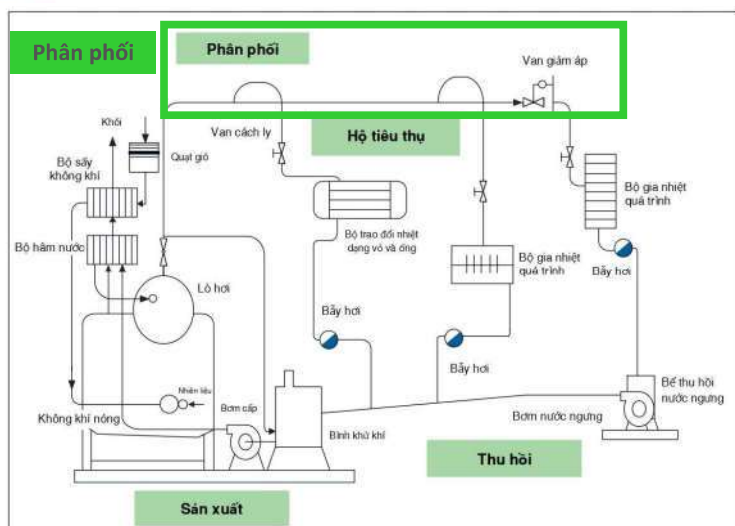
Thực hành tốt nhất thông dụng– Sinh hơi

- 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/khô 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 6: Tối ưu hóa hệ thống hơi nước – Phân phối

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

Phần_6_1



Hệ thống hơi nước tổng quát

Phần_6_2

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

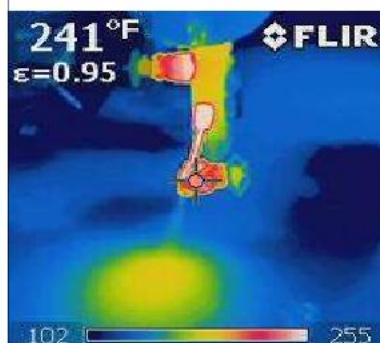
Rò rỉ hơi nước

- Trích dẫn 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!”



Phần_6_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

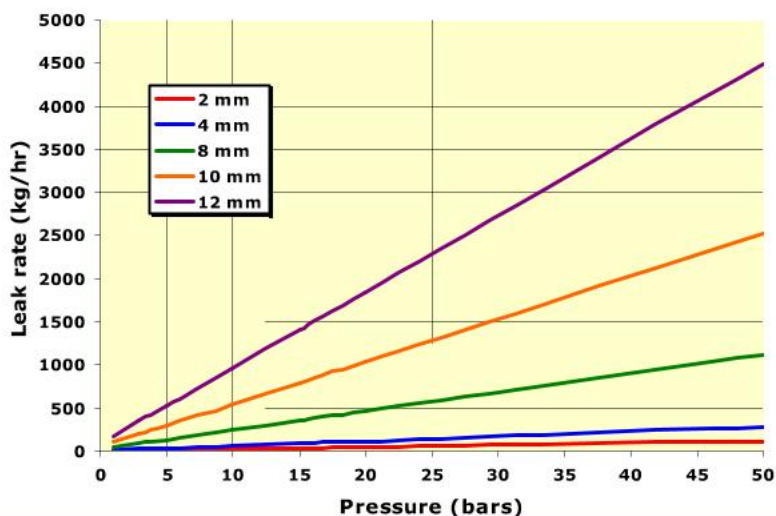
Phần_6_4

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_6_5



Rò rỉ hơi nước

Phần_6_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 hơi < $0,51 \times P_{steam}$
 - Hệ số xả = 0,6
 - $A_{orifice}$ là diện tích của lỗ tiết lưu (hoặc rò rỉ) tính bằng mm²
 - 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_6_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_6_8

Modification Name

☐ 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	Modifications
Steam Usage	Steam Usage
70 t/hr	69.9738 t/hr

Đánh giá rò rỉ
hơi nước trên
MEASUR

Phần_6_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	

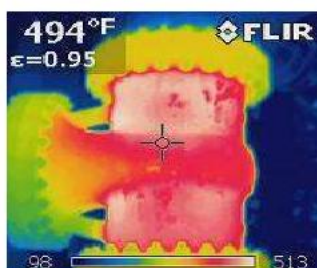
Đánh giá rò rỉ
hơi nước trên
MEASUR

Phần_6_10

Những điểm chính / Mục cần hành động

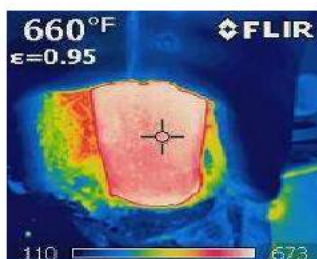
1. Rò rỉ hơi nước xảy ra ở tất cả các nhà máy và chương trình quản lý rò rỉ hơi cải tiến liên tục nên được thực hiện trong các nhà máy công nghiệp
2. Ước tính tổn thất hơi nước theo “mức độ lớn” có thể cung cấp đủ thông tin để xác định xem việc sửa chữa có phải được thực hiện ngay lập tức hay không,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

Phần_6_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_6_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_6_13



Bảo ôn hệ thống hơi nước

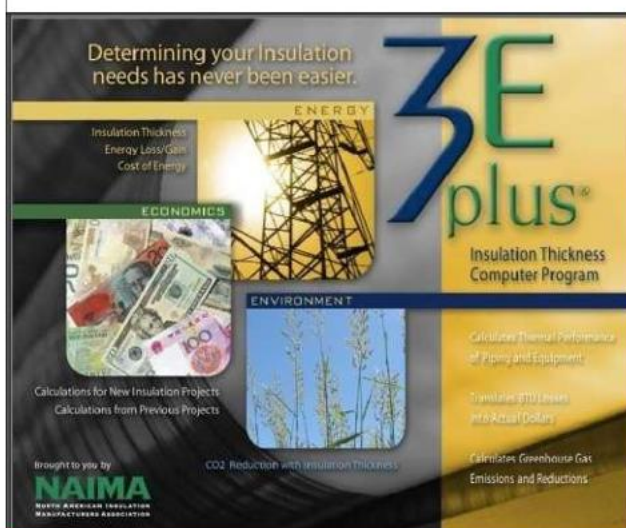
- Một số dụng cụ, phần mềm và dữ liệu cơ bản cần thiết để định lượng tác động kinh tế của bảo ôn
 - Camera đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Súng đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Thước dây
 - Phần mềm đánh giá bảo ôn 3E Plus
 - Thông tin vận hành
 - Số giờ mỗi năm
- Điều kiện môi trường xung quanh
 - Nhiệt độ
 - Gió

Phần_6_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_6_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_6_16

<http://www.insulationinstitute.org>

[CALCULATIONS](#)
[MATERIALS](#)
[TEAMS](#)
[PROFILE](#)

Improving Energy, Environment & Economics.

Introducing 3E Plus[®] software. Calculate the appropriate insulation thickness—every time—for any application quickly and easily.

[GET STARTED](#)

Already have an account? [Log in now](#)

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.

3EPlus có sẵn TRỰC TUYẾN

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

Phần_6_17

Phiên bản trực tuyến 3EPlus

[CALCULATIONS](#)
[MATERIALS](#)
[TEAMS](#)
[PROFILE](#)

Insulation Details

System Orientation: Pipe - Horizontal Characterized Substrate: ASTM C 565 Rigid Pipe Size: 150 mm

Type	Name	Thickness
Base Metal	Steel	
Insulation 1	Calcium Silicate BLK-PIPE, Type 1...	THICK
Jacket Material	O/S - All Service Jacket	

[ADD LAYER](#)

Insulation Preview

Calculations

Calculation System: Heat Loss Per Year

[CALCULATE](#)

Heat Loss Per Year

Material	Area	U-Value	Heat Loss
Base Metal	0.760	25	279
Insulation 1	0.760	0.025	0
Jacket Material	0.760	0.025	0

Results

Test Default

Insulation Thickness (mm)	Surface Temp (°C)	Heat Flow (kW/m)	Efficiency (%)
Base	214.2	25002	—
15.0	181.9	5649	76.2
25.0	171.4	3347	87.11
30.0	166.1	2956	90.94
35.0	161.6	2627	92.58
40.0	157.8	2357	93.62
45.0	154.2	2137	94.37
50.0	151.1	1959	95.09
55.0	148.4	1816	95.69
60.0	146.1	1693	96.19
65.0	144.1	1587	96.64
70.0	142.2	1495	97.05
75.0	140.5	1415	97.37
80.0	139.0	1343	97.62
85.0	137.6	1279	97.82
90.0	136.4	1222	97.98
95.0	135.3	1171	98.11
100.0	134.3	1125	98.22
105.0	133.4	1083	98.31
110.0	132.6	1044	98.38
115.0	131.8	1008	98.44
120.0	131.1	974	98.49
125.0	130.5	942	98.53
130.0	129.9	912	98.56
135.0	129.4	884	98.59
140.0	128.9	858	98.61
145.0	128.4	833	98.63
150.0	128.0	809	98.65

Phần_6_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_6_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 Temperature
Condensation Control
Personnel Protection

COST OF ENERGY
Bare and Insulated Surfaces

Insulation Thickness

Item Description: 10 bar Header from HPLP Turbine
System Application: Pipe - Horizontal
System Units: ASTM C565

Calculation Type: Heat Loss Per Hour

Process Temp: 362 °C
Ambient Temp: 30 °C
NPS Pipe Size: 250

Wind Speed: 1.0 m/s

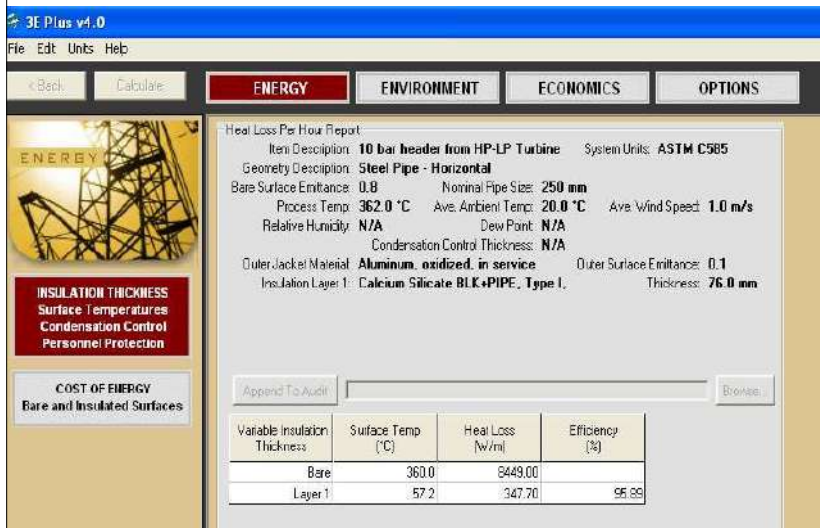
Insulation Layers

Add Delete

#	Type	Name	Lock Thickness	Thickness, mil
	Base Metal	Steel		
1	Insulation	Calcium Silicate BULK-PIPE, Type I, CS33-07	Fix	76
	Jacket Material	0.1 Aluminum, oxidized, in service		

Đánh giá lớp cách nhiệt

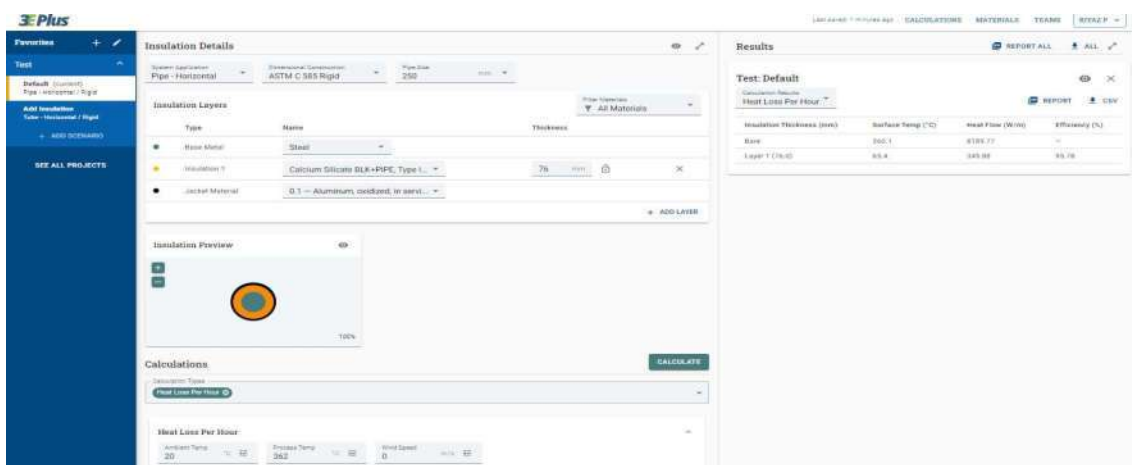
Phần_6_20



Đánh giá lớp cách nhiệt

Phần_6_21

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



Phần_6_22

Đánh giá lớp cách nhiệt

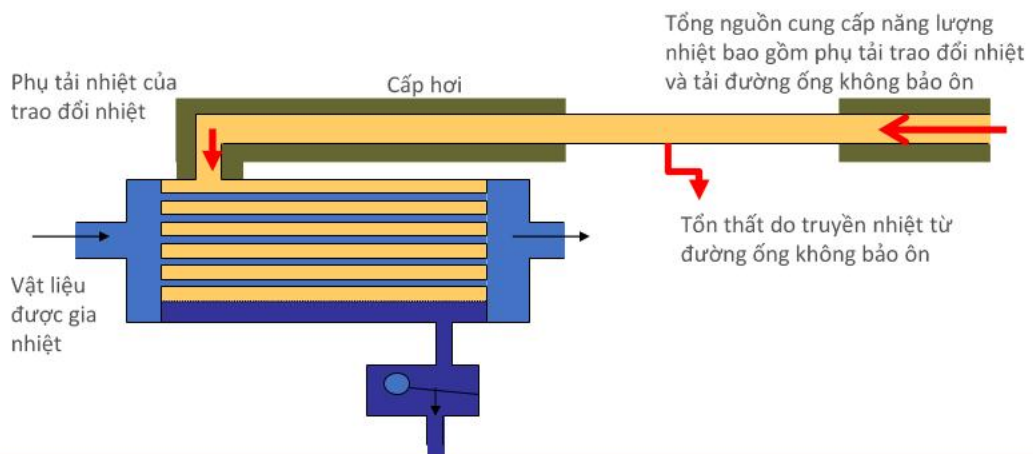
$$Q_{\text{saved}} = (8.190 - 346) \times 10 = 78,5 \text{ kW}$$

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

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

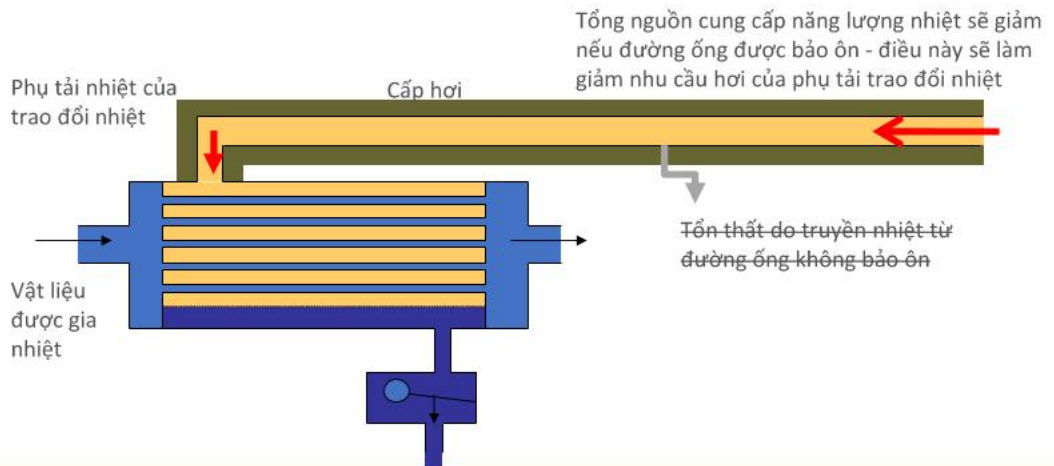
Phần_6_23

Nhu cầu về hơi nước tương đương



Phần_6_24

Nhu cầu về hơi nước tương đương



Phần_6_25

MARGINAL STEAM COST

High Pressure	\$93.89 /t
Medium Pressure	\$93.89 /t
Low Pressure	\$93.72 /t

Tổn thất năng lượng được chuyển thành tổn thất hơi nước

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

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

Phần_6_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_6_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_6_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:

☐ 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	Modifications
Steam Usage	Steam Usage
40 t/hr	39.8785 t/hr

RESULTS

	Baseline	Insulation
Percent Savings (%)	—	—
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,064	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 CO₂)	222,084.85	221,884.69
Annual Emissions Savings (tonne CO₂)	—	200.17
Annual Cost (\$)	115,204,707	115,104,836
Annual Savings (\$)	—	99,901

SANKEY

Phần_6_29

3E Plus v4.0

File Edit Units Help

ECONOMICS

THICKNESS CALCULATIONS
New Project

THICKNESS CALCULATIONS
Previous Project

Cost and Thickness Data

Surface Number: 17 Pipe Size: 250

Single Layer		Double Layer		Triple Layer	
Thick	Cost	Thick	Cost	Thick	Cost
25	0.00	76	31.15	152	63.74
38	17.04	102	39.75	178	75.49
51	20.65	127	48.60	203	87.73
64	24.46	152	57.24	229	99.47
76	27.72	0	0.00	254	110.71
102	34.75	0	0.00	0	0.00

< Back Next > Calculate

Đánh giá lớp cách nhiệt

Phần_6_30



Đánh giá lớp cách nhiệt

Phần_6_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_6_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

Phần_6_33

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

Phần_6_34

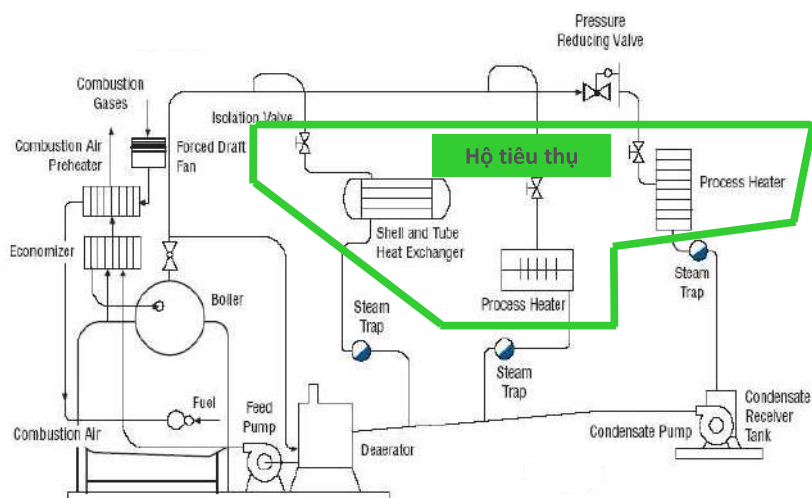
Những kinh nghiệm thực hiện tốt nhất (Common BestPractices) – Phân phối

- 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 7: 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_7_1



Hệ thống hơi nước tổng quát

Phần_7_2

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Nhu cầu hơi nước

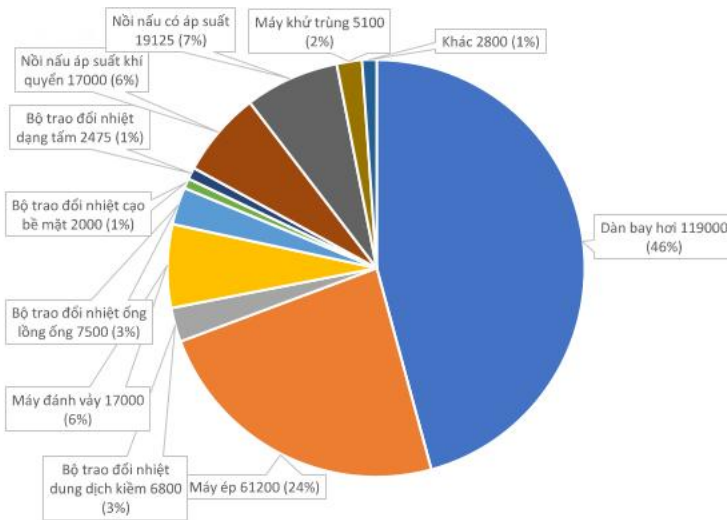
- Nhu cầu về hơi nước có nhiều hình thức khác nhau
- Giảm tiêu thụ hơi nước thường có thể mang lại cơ hội giảm năng lượng đáng kể nhất
 - Loại bỏ việc sử dụng hơi nước không phù hợp
 - Giảm thiểu việc sử dụng hơi nước phù hợp
- Tuy nhiên, rất khó để bao quát các hệ tiêu thụ cụ thể cho các quy trình công 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_7_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 |

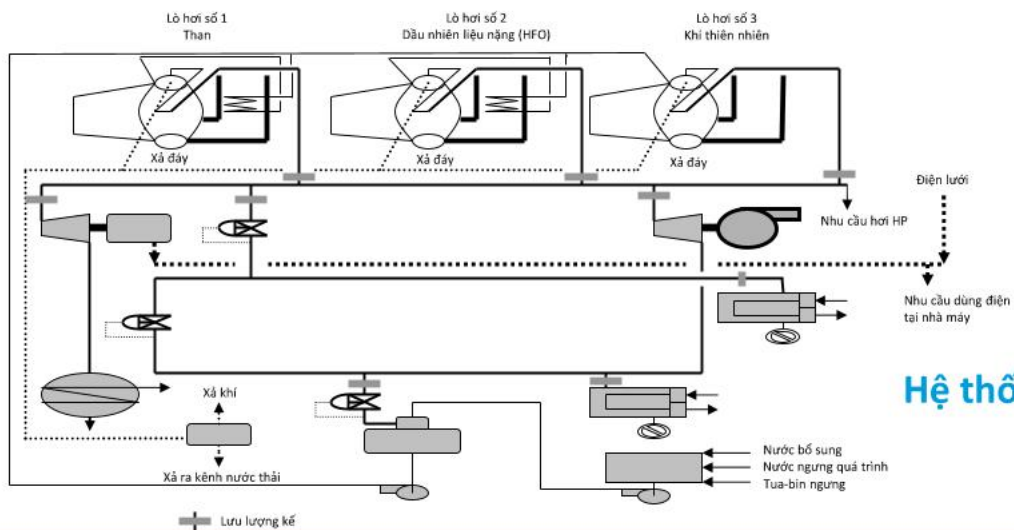
Phần_7_4



Biểu đồ phân phối hơi cho các hệ tiêu thụ*

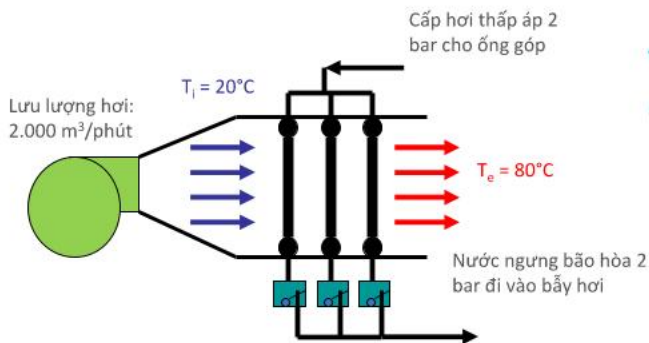
* Thực phẩm & Đồ uống – Nước ép & rau quả

Phần_7_5



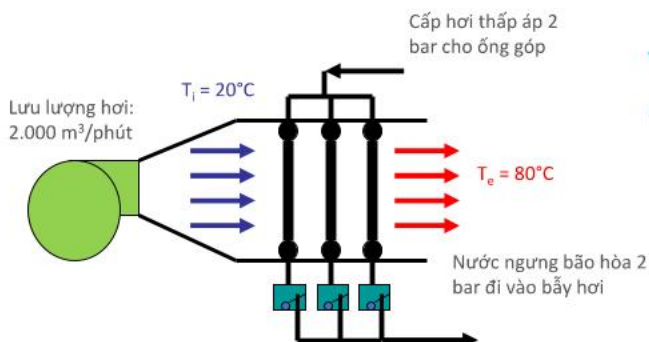
Hệ thống hơi

Phần_7_6



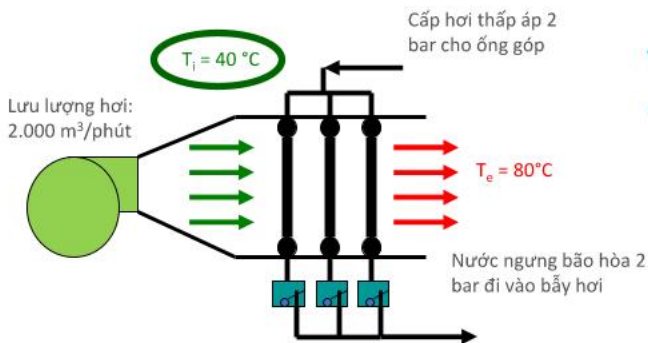
Ví dụ về nhu cầu hơi nước (Sấy không khí)

- 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)

$$Q_{\text{air}} = m_{\text{air}} C_{p,\text{air}} (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})_{\text{air}}$$

$$Q_{\text{air}} = 2.000 \times 1,188 \times 1,006 \times (80 - 40) \times \frac{1}{60}$$

$$Q_{\text{air}} = 1.594 \text{ kW}$$

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

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

$$m_{\text{steamsaved}} = \frac{\text{Lượng năng lượng tiết kiệm}}{(h_{\text{steam}} - h_{\text{condensate}})}$$

$$m_{\text{steamsaved}} = \frac{796}{(3.181 - 561,5)} \times 3.600$$

$$m_{\text{steamsaved}} = 1.094 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- 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

☐ 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	Modifications
Steam Usage	Steam Usage
70 t/hr	68.906 t/hr

Đánh giá
MEASUR - Tiết
kiệm nhu cầu
hơi nước

Phần_7_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 (\$)	116,204,737	114,307,254	
Annual Savings (\$)	—	897,483	

Đánh giá
MEASUR - Tiết
kiệm nhu cầu
hơi nước

Phần_7_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_7_13

Common BestPractices – 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

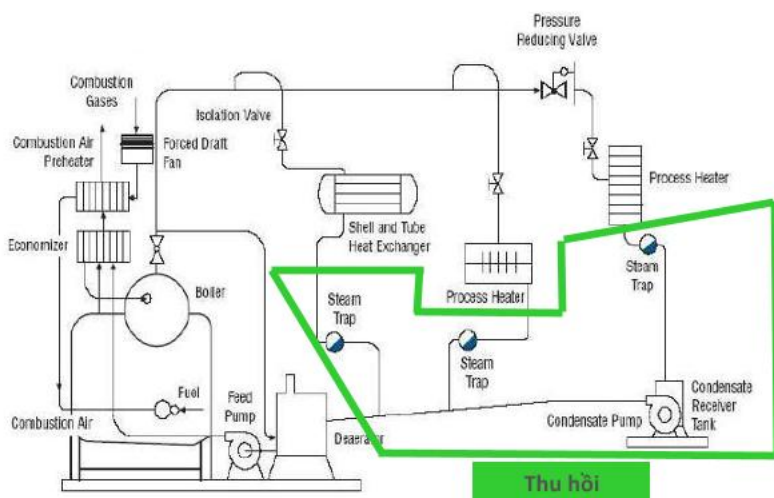
Phần_7_14

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

Phần 8: 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 tự
- Đánh giá & Tác động kinh tế trên MEASUR

Phần_8_1



Hệ thống hơi nước chung

Phần_8_2

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Bẫy hơi

- 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

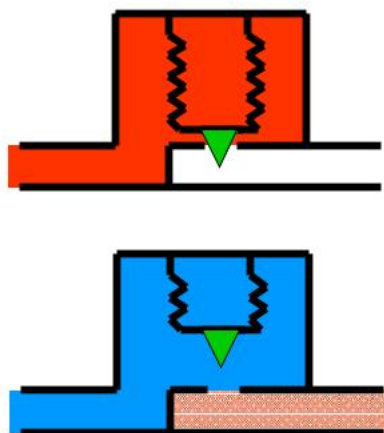
Phần_8_3

Các loại bẫy hơi

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bẫy hơi nhiệt tĩnh <ul style="list-style-type: none"> • Ống xếp* • Lưỡng kim* • Bẫy hơi cơ học <ul style="list-style-type: none"> • Phao • Phao và Đòn bẩy • Gầu ngược* • Gầu hờ • 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_8_4

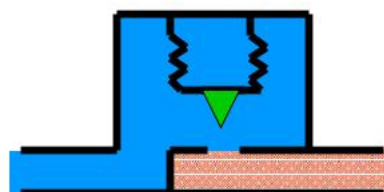


Bẫy hơi nhiệt tĩnh

- 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

Phần_8_5

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

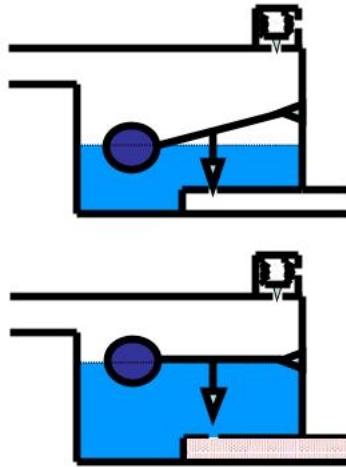


Bẫy hơi nhiệt tĩnh

- 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 rở rệt

Phần_8_6

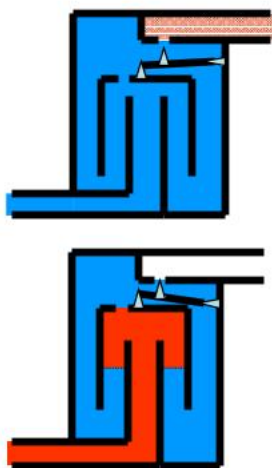
Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



Bẫy phao và ổn nhiệt (F&T)

Bẫy hơi cơ học

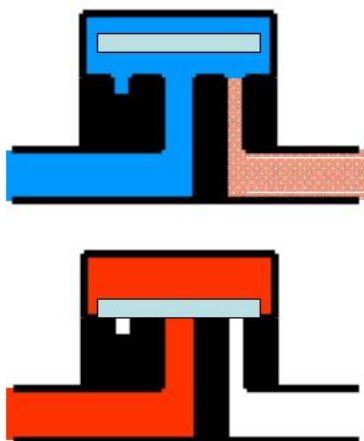
- Mở ra cho nước ngưng bão hòa và/hoặc quá lạnh
- Sẽ xả nước ngưng và hơi flash
- Khả năng loại bỏ không khí và khởi động đáng kể
- Vận hành kiểu điều biến



Bẫy xô ngược (Phao mở)

Bẫy hơi cơ học

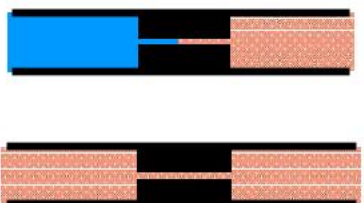
- Mở ra cho nước ngưng bão hòa và/hoặc quá lạnh
- Sẽ xả nước ngưng và hơi flash
- Khả năng loại bỏ không khí và khởi động hạn chế
- Ứng dụng với hơi nước quá nhiệt cần được đánh giá
- Hoạt động không liên tục



Bẫy đĩa

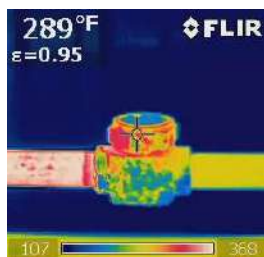
Bẫy hơi nhiệt động

- 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

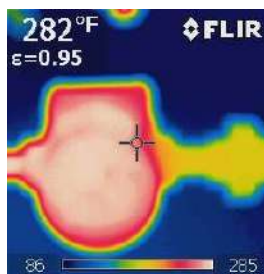
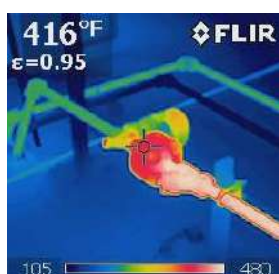


Bẫy hơi đồng tiền

- 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

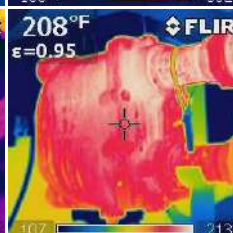
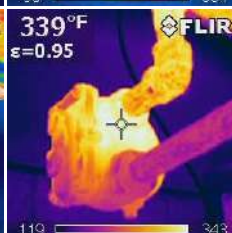
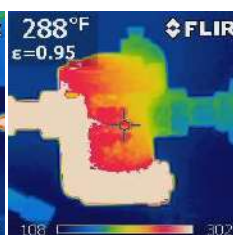
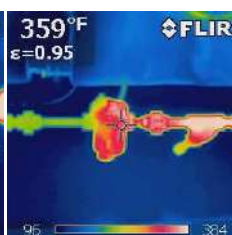
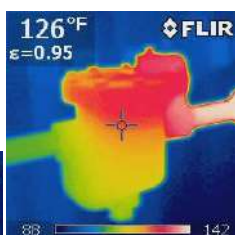
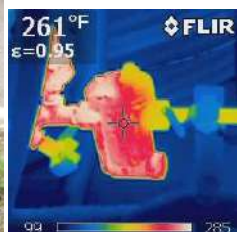


Bẫy hơi tại hiện trường



Phần_8_11

Bẫy hơi tại hiện trường



Phần_8_12

Các sự cố bấy 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 bấy 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_8_13

Kiểm tra bấy hơi theo hiệu suất

- Có một số phương pháp để điều tra hiệu suất bấy 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 bấy (thời gian thực) tiên tiến nhất hiện có đối với một số bấy hơi

Phần_8_14

Kiểm tra bẫy 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 bẫy hơi
 - Gián đoạn
 - Liên tục
- Một số bẫy 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_8_15

Kiểm tra bẫy 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 bẫy 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 bẫy và sử dụng thông tin đó để phát hiện lỗi.

Phần_8_16

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_8_17

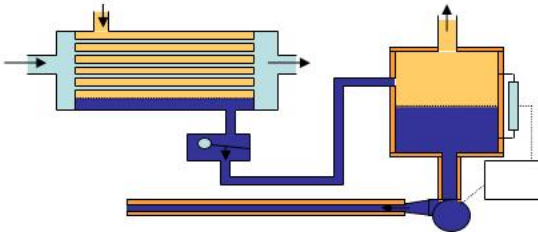
Kiểm tra bể hơi theo thời gian thực tế (SMART)

- 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_8_18

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 bơi hơi hiệu quả

- Duy trì cơ sở dữ liệu bể bơi 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 lỗ 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_8_21

Phân tích tiết kiệm bể bơi hơi

- Tiến hành kiểm toán bể bơi 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

Chi phí hơi cận biên

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

Phần_8_22

Phân tích tiết kiệm bể hơi

Location Number	Location Description	FLOOR LEVEL	Elevation	Manufact	Mod	Drift	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_8_23

☒ Adjust Steam Demand/Usage

☒ Adjust High Pressure Steam Usage

Baseline

Steam Usage

20 t/hr

Modifications

Steam Usage

20 t/hr

☒ Adjust Medium Pressure Steam Usage

Baseline

Steam Usage

40 t/hr

Modifications

Steam Usage

40 t/hr

☒ Adjust Low Pressure Steam Usage

Baseline

Steam Usage

70 t/hr

Modifications

Steam Usage

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_8_24

Điểm chính/Mục hành động

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

Phần_8_25

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_8_26

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_8_27

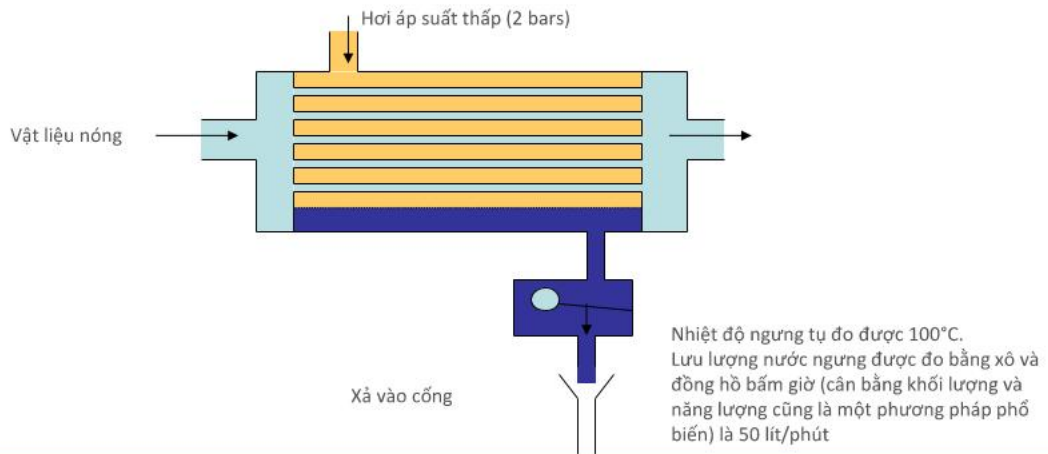
Thu hồi nước ngưng

- 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_8_28

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

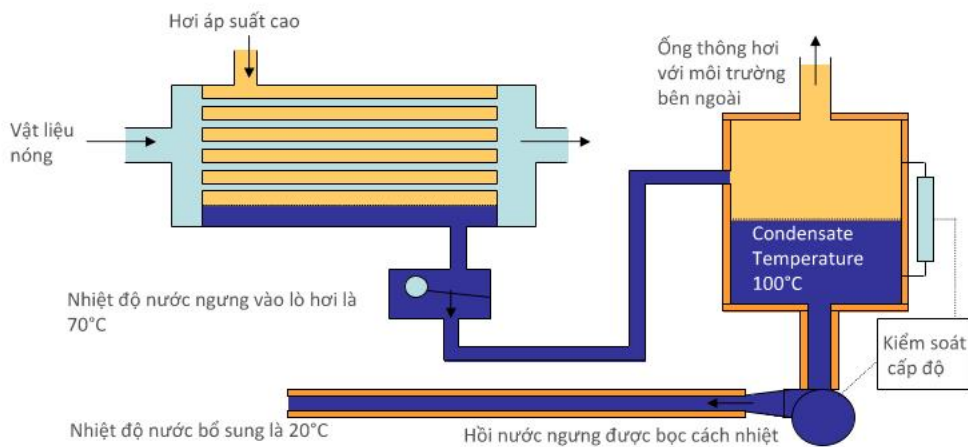
Ví dụ về thu hồi nước ngưng



Phần_8_29

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Ví dụ về nước ngưng hồi về



Phần_8_30

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

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

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

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

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

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

Tiết kiệm từ việc thu hồi nước ngưng

Phần_8_31

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
Condensate Recovery Rate
50%

Modifications
Condensate Recovery Rate
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_8_32

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 = $0.81 \text{ kg/s} = 2.92 \text{ Tph}$
 - Nước ngưng hồi về mới = $35 + 2.92 = 37.92 \text{ Tph}$
 - Nước ngưng hồi về mới = $37.92 / 70 = 54.17\%$

Phần_8_33

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%

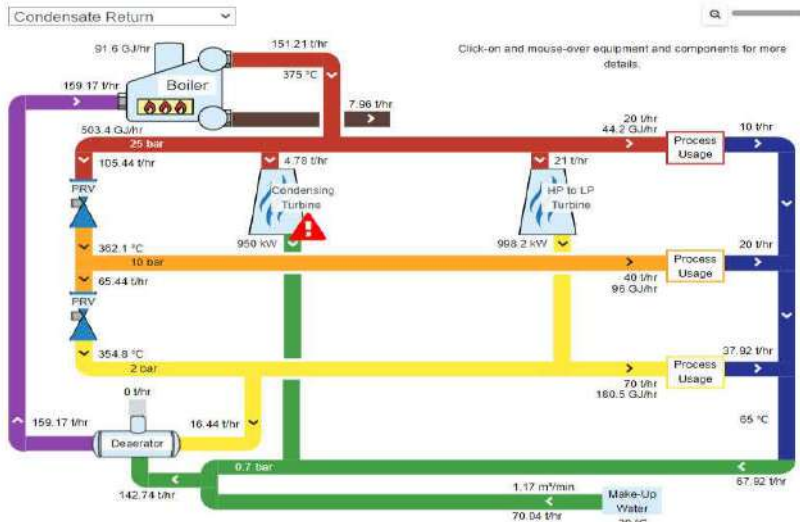
☐ Flash Condensate to Medium Pressure

☐ Flash Condensate to Low Pressure

☐ Modify Condensate Return Temperature

Đánh giá MEASUR – Tiết kiệm nước ngưng hồi về

Phần_8_34



Đánh giá
MEASUR – Tiết
kiệm nước
ngưng hồi về

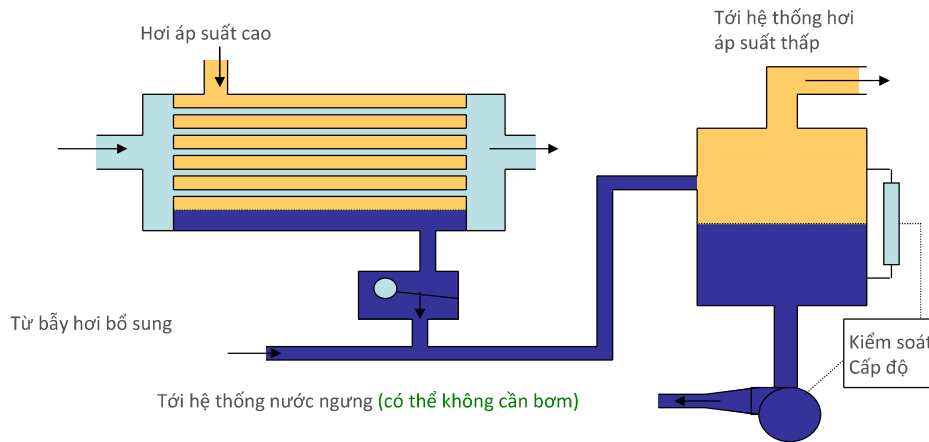
Phần_8_15

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	221,793.99	
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

Phần_8_36

Ví dụ về nước ngưng hồi về



Phần_8_37

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program

Modification Name:

☐ 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 No	Flash Condensate to Medium Pressure Yes v

☒ Flash Condensate to Low Pressure:

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

Đánh giá MEASUR – Bể nước ngưng flash

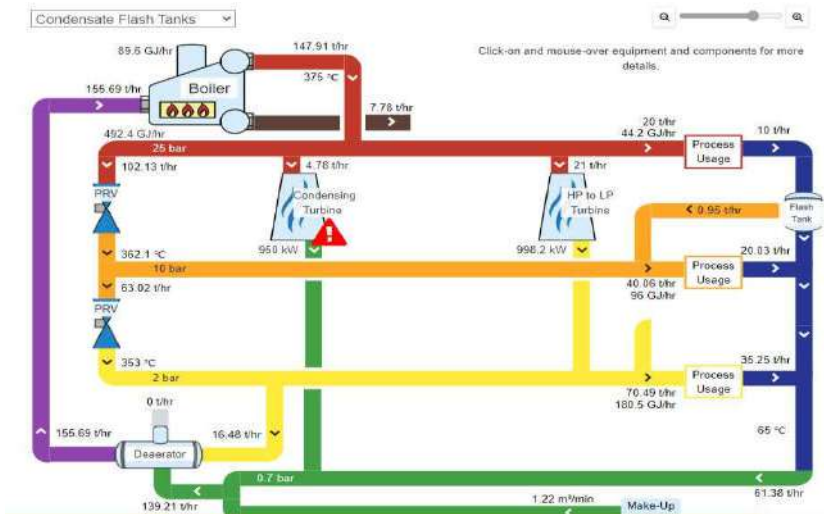
Phần_8_38

Đánh giá

MEASUR – Bể

nước ngưng

flash



Phần_8_39

Đánh giá

MEASUR –

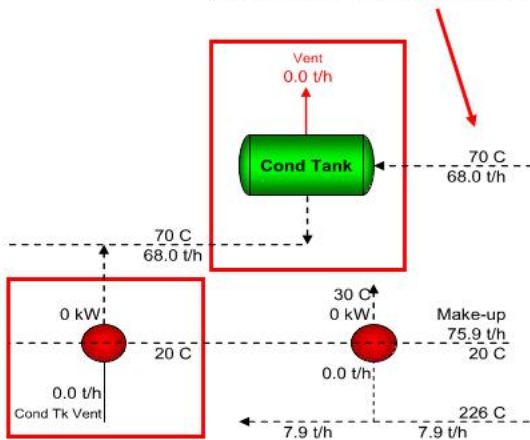
Bể nước ngưng

flash

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)	422,538	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	29.4
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.88	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

Phần_8_40

Nhiệt độ nước ngưng hồi về nên > 100°C



Đánh giá MEASUR – Thông hơi HX Bể 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_8_41

Đánh giá MEASUR – Thông hơi HX Bể 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_8_42

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_8_43

Thực tế 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

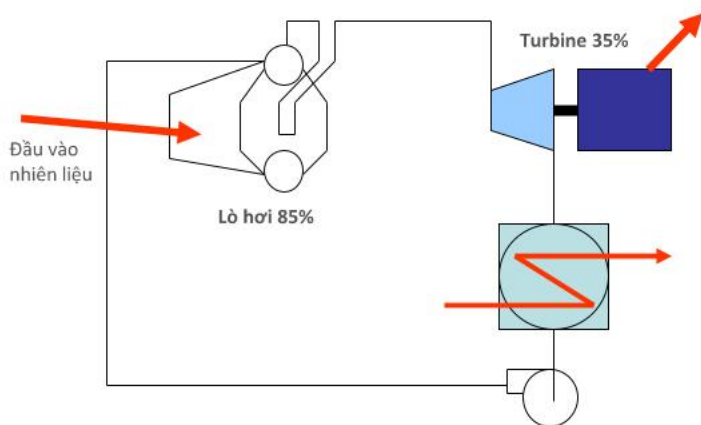
Phần_8_44

Nguồn: US DOE BestPractices Steam System Sourcebook

Phần 9: Tối ưu hóa hệ thống hơi – Nhiệt & Điện kết hợp (CHP) hoặc Đồng phát

- Tua-bin đối áp – Vận hành PRV
- Tính kinh tế của dự án tua-bin trên MEASUR
- Tác động của tua-bin ngưng
- Dự án tua-bin ngưng trên MEASUR

Phần_9_1



Đồng phát công nghiệp

- Các cơ sở công nghiệp có thể đạt được “hiệu suất năng lượng tổng thể” từ 70% trở lên vì họ có nhu cầu về năng lượng nhiệt (nhiệt quá trình).....

Phần_9_2

Phân tích đồng phát cổ điển

- Phân tích đồng phát cổ điển trả lời các câu hỏi sau:
 - Tác động kinh tế thực sự của đồng phát là gì?
 - Khi nào nó khả thi?
 - Để vận hành hoặc tắt
 - Để cài đặt
- Những thay đổi nào, nếu có, sẽ được yêu cầu trên hệ thống hơi nước?
- Những thay đổi nào, nếu có, sẽ được yêu cầu đối với hệ thống điện và kết nối lưới điện?

Phần_9_3

Các yếu tố chính để phân tích đồng phát

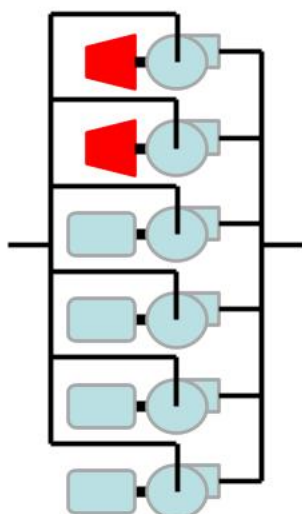
- Các yếu tố chính ảnh hưởng đến việc phân tích là:
 - Tác động chi phí điện
 - Tác động chi phí nhiên liệu
 - Hiệu suất nồi hơi
 - Hiệu suất tuabin hơi
 - Nhu cầu hơi nước

Phần_9_4

Tác động chi phí

- Tác động chi phí là tác động về mặt kinh tế thực tế liên quan đến việc tăng hoặc giảm mức tiêu thụ điện
- Chi phí điện trung bình thường KHÔNG phải là giá trị phân tích thích hợp
- Nắm chắc cấu trúc giá điện là điều cần thiết để đánh giá tác động thực sự của hệ thống phát điện

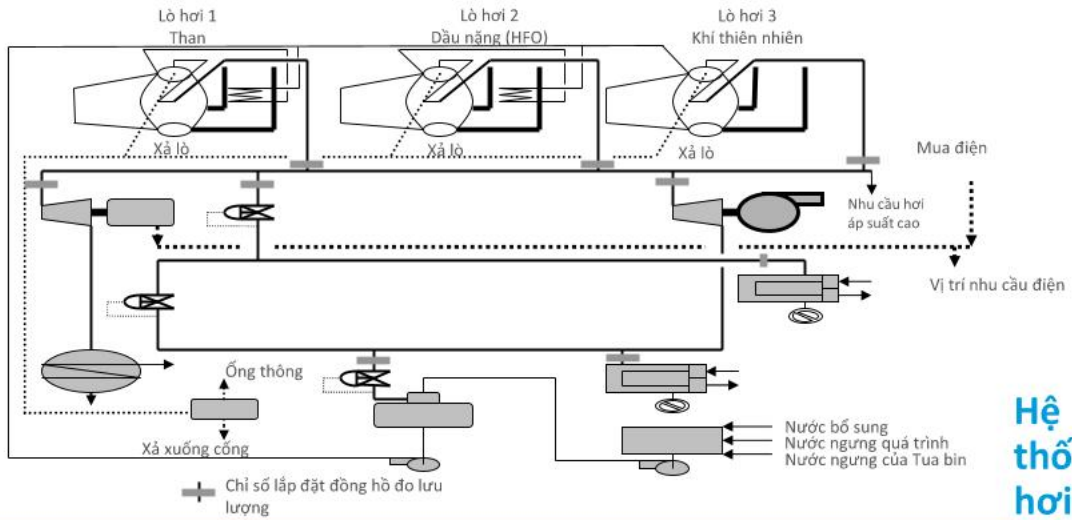
Phần_9_5



Ví dụ về Tua bin – đánh giá PRV

- Một tổ sản xuất được trang bị 6 máy bơm giống hệt nhau được lắp đặt song song
 - Chỉ cần 3 trong số 6 máy bơm hoạt động liên tục
 - Các máy bơm còn lại là máy dự phòng (dự phòng)
- Động cơ điện dẫn động 4 máy bơm và tua bin hơi dẫn động 2 máy bơm
 - 1 bộ truyền động tuabin đang được sử dụng vào thời điểm này
- Xác định động lực kinh tế liên quan đến việc vận hành tuabin thứ hai
 - So với việc vận hành máy bơm dẫn động bằng động cơ điện và truyền hơi qua Van giảm áp (PRV) để đáp ứng nhu cầu áp suất thấp

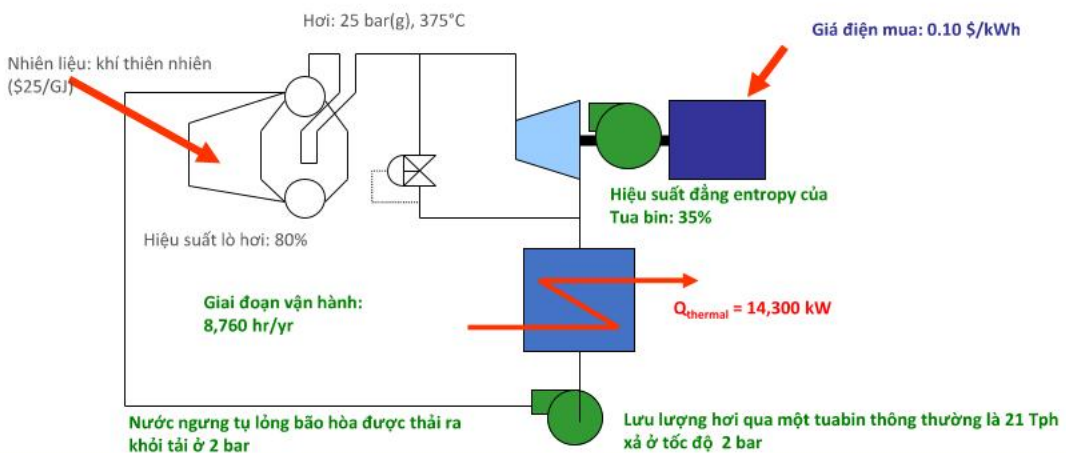
Phần_9_6



Hệ thống hơi

Phần_9_7

Kinh tế Turbine-PRV



Phần_9_8

Vận hành PRV

$$h_{steam} = 3,180.9 \frac{kJ}{kg}$$

P = 25 bars; T = 375°C

$$h_{PRVout} = 3,180.9 \frac{kJ}{kg}$$

P = 2 bars; Isenthalpic; T = 354.7°C

$$h_{condensate} = 562.2 \frac{kJ}{kg}$$

P = 2 bars; Saturated Condensate; T = 133.7°C

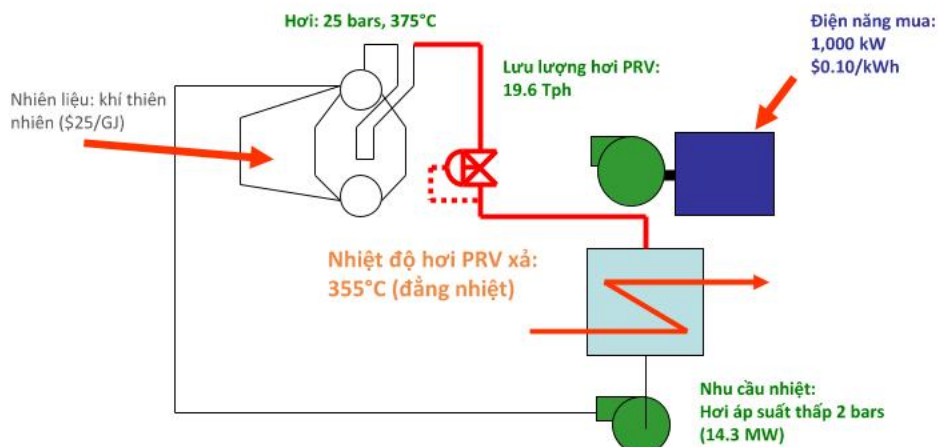
$$Q_{thermal} = 14,300 \text{ kW}$$

$$Q_{thermal} = m_{PRV} \times (h_{PRVout} - h_{condensate})$$

$$m_{PRV} = \frac{14,300}{(3,180.9 - 562.2)} = 5.45 \frac{kg}{s} = 19.63 \text{ Tph}$$

Phần_9_9

Vận hành PRV



Phần_9_10

Kinh tế tuabin đối áp

- Hầu hết các hệ thống công nghiệp đều yêu cầu năng lượng nhiệt (không phải dòng hơi lớn)
- Tua bin sẽ lấy năng lượng từ hơi nước và chuyển hóa thành năng lượng
 - Hơi nước sẽ thoát ra khỏi tuabin với nhiệt độ giảm
- Kết quả sẽ làm tăng lưu lượng hơi cần thiết để đáp ứng nhu cầu nhiệt

Phần_9_11

Vận hành tua bin hơi

$$h_{\text{steam}} = 3,180.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

P = 25 bars; T = 375°C

$$h_{\text{Turbineout}} = 3,009.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

P = 2 bars; T = 271°C

$$h_{\text{condensate}} = 562.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

P = 2 bars; Nước ngưng bão hòa; T = 133.7°C

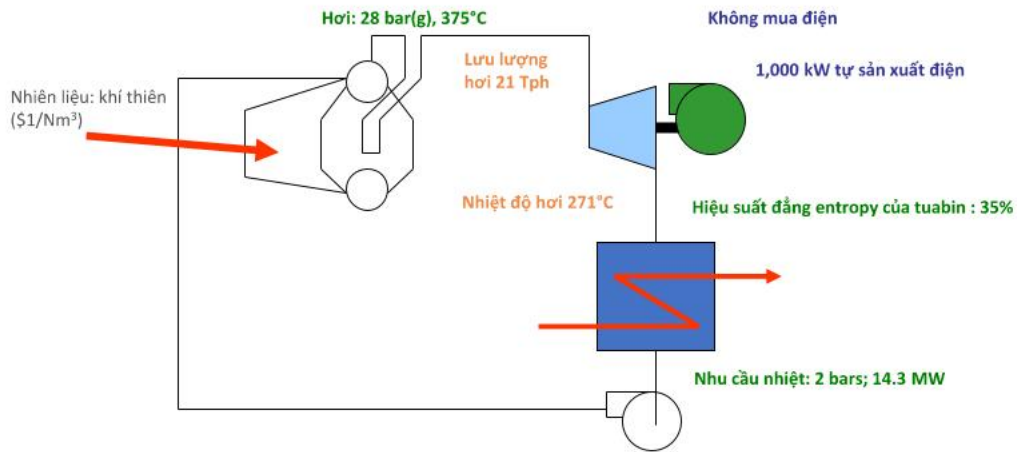
$$Q_{\text{thermal}} = 14,300 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{thermal}} = m_{\text{turbine}} \times (h_{\text{Turbineout}} - h_{\text{condensate}})$$

$$m_{\text{turbine}} = \frac{14,300}{(3,009.8 - 562.2)} = 5.83 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 21.0 \text{ Tph}$$

Phần_9_12

Vận hành tua bin hơi



Phần_9_13

PRV - Kinh tế tuabin đối áp

- Tiết kiệm năng lượng điện và chi phí:

Năng lượng tiết kiệm: $1.000 \times 8.760 = 8.760 \text{ MWh}$

Chi phí năng lượng tiết kiệm = $8.760 \times 1.000 \times 0,1 = 876.000 \$$

- Chi phí và năng lượng nhiên liệu tăng:

$$\text{Năng lượng tăng} = (m_{\text{Turbine}} - m_{\text{PRV}}) \times 1.000 \times \frac{(h_{\text{steam}} - h_{\text{feedwater}})}{\eta_{\text{boiler}}} \times 8.760$$

$$\text{Năng lượng tăng} = (21 - 19,6) \times 1.000 \times \frac{(3.180,9 - 463,5)}{0,80} \times 8.760 = 41.658 \text{ GJ}$$

$$\text{Chi phí năng lượng tăng} = 41.658 \times 25,0 = 1.041.450 \$$$

Phần_9_14

PRV - Kinh tế tuabin đối áp

- Tác động kinh tế thuần
 $\text{Chi phí điện tiết kiệm} = \$876,000$
 $\text{Chi phí nhiên liệu tăng} = \$1,041,450$
 $\text{Lợi nhuận thuần} = -\$165,450$
- Các yếu tố tác động lên việc phân tích:
 - Tác động chi phí điện
 - Tác động chi phí nhiên liệu
 - Hiệu suất nồi hơi
 - Hiệu suất tuabin hơi
 - Nhu cầu hơi nước

Phần_9_15

PRV - Kinh tế tuabin đối áp

- Tác động kinh tế thuần
 $\text{Chi phí điện tiết kiệm} = 876.000\$$
 $\text{Chi phí nhiên liệu tăng} = 1.041.450 \$$
 $\text{Lợi nhuận thuần} = -165.450\$$
- Phân tích giống hệt này có thể và nên được thực hiện bằng Đánh giá MEASUR tùy thuộc vào loại tuabin nào đang được lập mô hình trong phân tích
 - Cách tiếp cận hệ thống so với cách tiếp cận dựa trên thành phần

Phần_9_16

Modify High to Low Pressure Steam Turbine

Change Initial Turbine Status

Baseline	Modifications
Turbine Status	Turbine Status
On	On

Adjust Isentropic Efficiency

Baseline	Modifications
Isentropic Efficiency	Isentropic Efficiency
35%	35 %

Adjust Generator Efficiency

Baseline	Modifications
Generator Efficiency	Generator Efficiency
100%	100 %

Modify Operation Type

Baseline	Modifications
Operation Type	Operation Type
Steam Flow	Steam Flow
Fixed Flow	Fixed Flow
21 t/hr	21 t/hr

Đánh giá MEASUR – Tua bin hơi HP-LP

- Tính linh hoạt tuyệt vời để mô hình hóa các dự án tuabin hơi và hoạt động thực tế của chúng tại hiện trường

Phần_9_17

Modify High to Low Pressure Steam Turbine

Change Initial Turbine Status

Baseline	Modifications
Turbine Status	Turbine Status
On	On

Adjust Isentropic Efficiency

Baseline	Modifications
Isentropic Efficiency	Isentropic Efficiency
35%	35 %

Adjust Generator Efficiency

Baseline	Modifications
Generator Efficiency	Generator Efficiency
100%	100 %

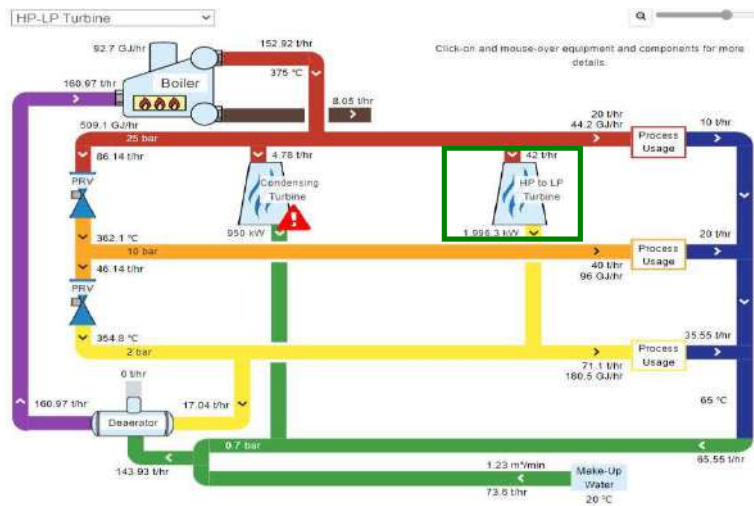
Modify Operation Type

Baseline	Modifications
Operation Type	Operation Type
Steam Flow	Steam Flow
Fixed Flow	Fixed Flow
21 t/hr	42 t/hr

Đánh giá MEASUR – Tua bin hơi HP-LP

BẬT thêm một tuabin hơi - tăng gấp đôi lưu lượng hơi

Phần_9_18



Đánh giá MEASUR –Tua bin hơi HP-LP

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	HP-LP Turbine	
Percent Savings (%)	—	—	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,459,820.5	
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$111,495,512	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	35,056,183.2	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	3,505,618	
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	645,896.4	
Water Cost (\$/yr)	422,636	426,292	
Power Generated (kW)	1,948.2	2,946.3	
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7	
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	92.7	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.3	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2	
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.3	
Annual Emissions (tonne CO₂)	222,084.86	220,777.49	
Annual Emissions Savings (tonne CO₂)	—	1,307.37	
Annual Cost (\$)	115,204,737	115,427,422	
Annual Savings (\$)	—	-222,685	

Đánh giá MEASUR –Tua bin hơi HP-LP

Đánh giá MEASUR –Tua bin hơi HP-LP

- Sự khác biệt giữa kết quả tính toán “Thủ công” và “Mô hình” có thể đáng kể khi làm việc với các dự án loại đồng phát điện
- Kết quả mô hình rất chính xác
 - Sử dụng cách tiếp cận HỆ THỐNG chứ không chỉ là một thành phần
 - Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ
 - Tác động của quá trình xả đáy, dòng hơi của thiết bị khử khí, nước bổ sung, v.v.
 - Hoàn thành cân bằng khối lượng, năng lượng và kinh tế chi tiết
- LUÔN LUÔN sử dụng mô hình dựa trên HỆ THỐNG để phân tích

Phần_9_21

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	HP-LP Turbine	
Percent Savings (%)	—	—	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,416,084	4,459,820.5	
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,059	\$111,495,512	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	35,056,183.2	
Electricity Cost (\$)	5,475,000	4,382,023	
Water Usage (m³/yr)	640,351.2	645,896.4	
Water Cost (\$/yr)	422,638	426,292	
Power Generated (kW)	1,948.2	2,946.3	
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7	
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	92.7	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.3	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2	
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.3	
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	220,777.49	
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	1,307.37	
Annual Cost (\$)	116,299,737	116,303,827	
Annual Savings (\$)	—	-4,059	

Tác động từ giá điện

- Giá điện tăng từ 0,10 \$/kWh to 0.125 \$/kWh

Phần_9_22

RESULTS	SANKEY	HELP
	Baseline	HP-LP Turbine
Percent Savings (%)	—	—
Fuel Usage (GJ/yr)	4,249,831.4	4,291,921.4
Fuel Cost (\$/yr)	\$57,797,707	\$58,370,130
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	35,056,183.2
Electricity Cost (\$)	4,380,000	3,605,618
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	645,896.4
Water Cost (\$/yr)	422,638	426,292
Power Generated (kW)	1,948.2	2,946.3
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7
Stack Loss (GJ/yr)	72.8	73.5
Vent Losses (GJ/yr)		
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.3
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.3
Annual Emissions (tonne CO ₂)	213,724.02	212,333.84
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	1,390.18
Annual Cost (\$)	62,600,345	62,302,040
Annual Savings (\$)	—	298,305

Tác động của giá nhiên liệu

- Giá nhiên liệu giảm từ 25\$/GJ xuống 13,6\$/GJ
- Đây là đại diện cho giá nhiên liệu trung bình cho hệ thống ví dụ – tất cả các lò hơi đều đáp ứng nhu cầu tăng/giảm như nhau

Phần_9_23

RESULTS	SANKEY	HELP
	Baseline	HP-LP Turbine
Percent Savings (%)	—	2.0%
Fuel Usage (GJ/yr)	4,166,501.4	4,207,766
Fuel Cost (\$/yr)	\$22,499,107	\$22,721,937
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	35,056,183.2
Electricity Cost (\$)	4,380,000	3,505,618
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	645,896.4
Water Cost (\$/yr)	422,638	426,292
Power Generated (kW)	1,948.2	2,946.3
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7
Stack Loss (GJ/yr)	63.3	63.9
Vent Losses (GJ/yr)		
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.3
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.3
Annual Emissions (tonne CO ₂)	373,868.06	208,101.67
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	165,766.39
Annual Cost (\$)	27,301,746	26,653,847
Annual Savings (\$)	—	647,899

Tác động của nhiên liệu

- Giá của than hiện tại: 5,4 \$/GJ thay vì giá khí thiên nhiên 25\$/GJ
- Hiệu suất lò hơi hiện tại 86.7% (đối với than) so với 81,8% (đối với khí thiên nhiên)

Phần_9_24

☒ Modify High to Low Pressure Steam Turbine

☐ Change Initial Turbine Status

☒ Adjust Isentropic Efficiency

Baseline	Modifications
Isentropic Efficiency	Isentropic Efficiency
35%	65%

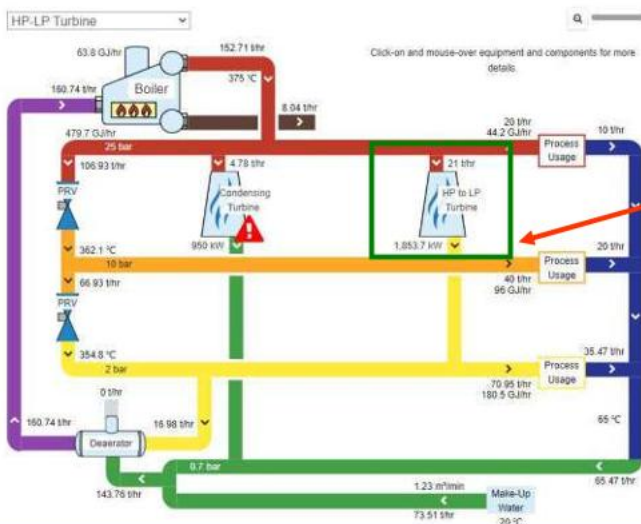
☐ Adjust Generator Efficiency

☐ Modify Operation Type

Hiệu suất của tua bin được cải thiện

- Hiệu suất tuabin đẳng entropy hiện nay là 65% thay vì 35%
- Điều gì nên được mong đợi? Tăng hay giảm chi phí vận hành?

Phần_9_25



Hiệu suất của tua bin được cải thiện

- Hiệu suất tuabin đẳng entropy hiện nay là 65% thay vì 35%
- Tua bin hiệu suất cao hơn sẽ lấy được nhiều năng lượng hơn từ hơi nước, do đó làm giảm entanpy của hơi nước ở ống xả
 - Kết quả là nồi hơi sẽ tạo ra nhiều hơi hơn!

Phần_9_26

RESULTS	SANKEY	HELP
	Baseline	HP-LP Turbine
Percent Savings (%)	— —	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,166,501.4	4,201,873.9
Fuel Cost (\$/yr)	\$104,162,534	\$105,046,848
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	36,305,299.9
Electricity Cost (\$)	4,380,000	3,630,530
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	645,106.9
Water Cost (\$/yr)	422,638	425,771
Power Generated (kW)	1,948.2	2,803.7
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7
Stack Loss (GJ/yr)	63.3	63.6
Vent Losses (GJ/yr)		
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45.3
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0.2
Other Losses (GJ/yr)	35.1	35.3
Annual Emissions (tonne CO ₂)	209,533.35	208,306.34
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	1,227.01
Annual Cost (\$)	108,965,172	105,103,148
Annual Savings (\$)	—	-137,976

Hiệu suất của tua bin được cải thiện

- Hiệu suất tuabin đẳng entropy hiện nay là 65% thay vì 35%

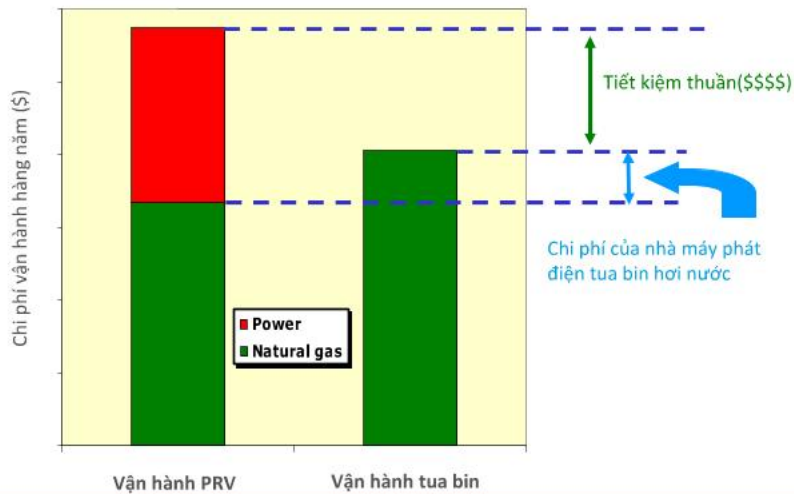
Phần_9_27

Description		Power Cost	Fuel Cost	Combustion Efficiency	Turbine Efficiency	Additional Power	Additional Steam	Net Savings
		\$/kWh	\$/GJ	%	%	kW	Tph	\$/yr
Base Model		0.100	25.0	81.8	35.0	-	-	-
	ST Efficiency Increase	0.100	25.0	81.8	65.0	855.0	1.29	(190,948)
Added 1ST		0.100	25.0	81.8	35.0	998.0	1.50	(222,685)
	Increased Power Cost	0.125	25.0	81.8	35.0	998.0	1.50	(4,089)
	Steam from all boilers	0.100	13.6	85.0	35.0	998.0	1.50	298,305
	Steam from coal boiler	0.100	5.4	86.7	35.0	998.0	1.50	647,899

Thông tin tóm tắt về các ví dụ tua bin-PRV

- Những ví dụ này cho thấy tầm quan trọng của độ chính xác của thông số tác động
- Mỗi cơ sở là duy nhất và sẽ cần có sự thẩm định phù hợp trước khi thực hiện các dự án này

Phần_9_28



Phần_9_29

Biến số cho ứng dụng công nghiệp

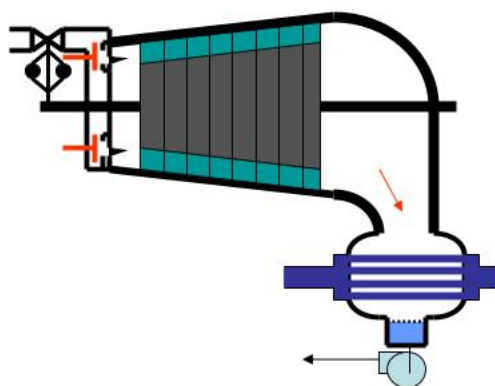
- Lưu lượng hơi không đổi
- Cung cấp hơi nước áp suất cao
- Van giảm áp hiện tại (PRV)
- Hệ thống hơi nước đa đầu
- Nhu cầu đồng thời về hơi nước và điện (điện)
- Thời gian vận hành nhiều

Phần_9_30

Những điểm chính / Mục cần thực hiện

1. Tua bin đối áp được sử dụng thay cho trạm giảm áp
2. Hiệu suất của tuabin KHÔNG phải là hiệu suất theo định luật thứ nhất mà là sự so sánh giữa tuabin thực tế và tuabin lý tưởng
3. Hoạt động liên tục với nhu cầu nhiệt và điện đồng thời là ứng cử viên sáng giá cho tua bin đối áp
4. Mỗi phân tích cơ sở là duy nhất và sẽ phụ thuộc vào một số yếu tố kinh tế cũng như hoạt động
5. Phân tích tuabin sẽ cần một mô hình hệ thống hơi nhiệt động vững chắc

Phần_9_31



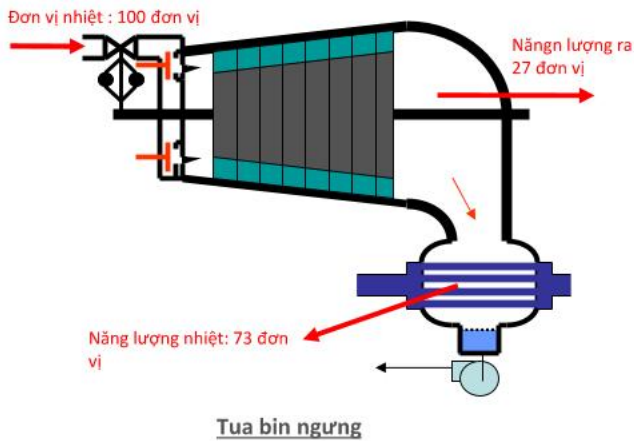
Tua bin ngưng

Tua bin ngưng hơi

- Áp suất hơi xả của tuabin ngưng tụ nhỏ hơn áp suất khí quyển
 - Hơi nước phải được ngưng tụ để bơm trở lại lò hơi
 - Chất lượng hơi thoát ra thường lớn hơn 90%

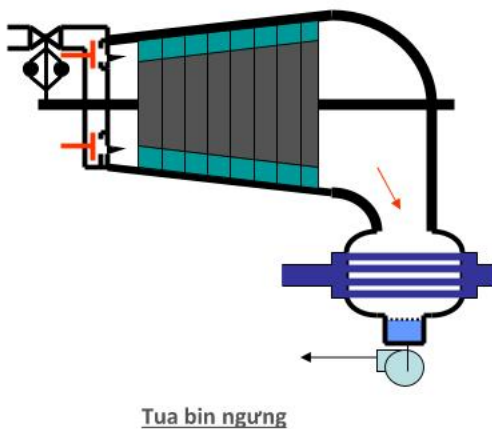
Phần_9_32

Nguồn: US DOE Steam BestPractices Program



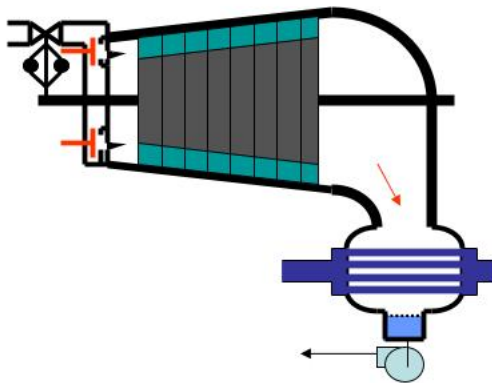
Tua bin ngưng hơi

- Hơi đi vào thiết bị ngưng tụ chứa một lượng năng lượng nhiên liệu rất lớn



Tua bin ngưng hơi

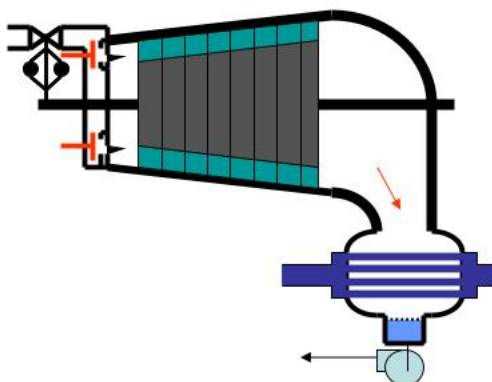
- Các yếu tố chính ảnh hưởng đến hoạt động của tuabin ngưng tụ là:
 - Chi phí điện năng mua
 - Chi phí nhiên liệu mua
 - Hiệu suất tuabin
 - Hiệu suất nồi hơi
 - Áp suất xả tuabin



Tua bin ngưng

Tua bin ngưng hơi

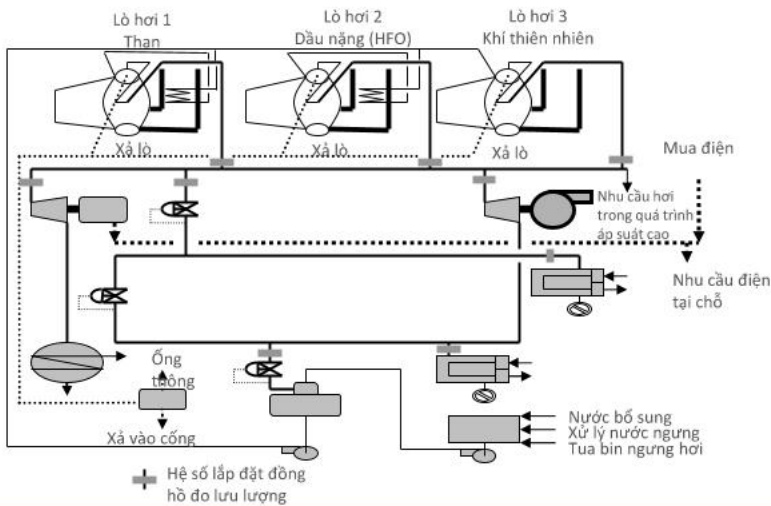
- Giảm hiệu quả có thể là kết quả của:
 - Cặn cánh tua bin
 - Ăn mòn cánh tua bin
 - Vết ăn mòn
 - Hơi nước ẩm
 - Điều tiết
- Cải thiện hiệu quả có thể là kết quả của
 - Thay thế cánh tuabin
 - Cải thiện vết ăn mòn
 - Thay thế tuabin
 - Tăng tải



Tua bin ngưng

Tua bin ngưng hơi

- Áp suất bình ngưng có thể được giảm (cải thiện) bằng cách
 - Loại bỏ khí không ngưng tụ khỏi bình ngưng
 - Làm sạch bình ngưng
 - Cung cấp nước có nhiệt độ giảm cho bình ngưng
 - Cung cấp thêm nước làm mát cho bình ngưng



Hệ thống hơi

Phần_9_37

Modify High Pressure to Condensing Steam Turbine

☒ **Change Initial Turbine Status**

Baseline	Modifications
Turbine Status	Turbine Status
On	On

☒ **Adjust Isentropic Efficiency**

Baseline	Modifications
Isentropic Efficiency	Isentropic Efficiency
80%	80 %

☐ **Adjust Generator Efficiency**

☒ **Modify Condenser Pressure**

Baseline	Modifications
Condenser Pressure	Condenser Pressure
0.15 bara	0.15 bara

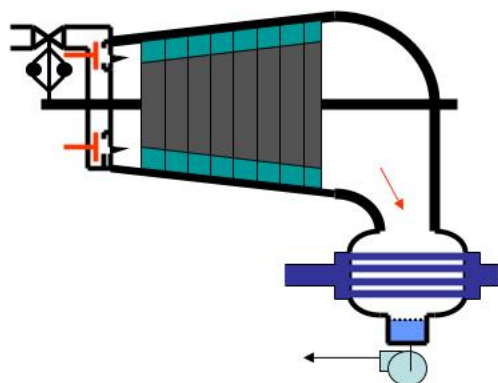
☒ **Modify Operation Type**

Baseline	Modifications
Operation Type	Operation Type
Power Generation	Power Generation
Fixed Power	Fixed Power
950 kW	950 kW

Đánh giá MEASUR - Tua bin ngưng hơi

- Việc thực hiện Đánh giá MEASUR sẽ kéo theo sự thay đổi lớn về nhu cầu hơi nước
 - Hãy thật cẩn thận khi đánh giá dự án này

Phần_9_38



Tua bin ngưng

Đánh giá MEASUR - Tua bin ngưng hơi

- MEASUR cho phép
 - Việc bổ sung một tuabin ngưng tụ
 - Sửa đổi các khía cạnh chính của tuabin hiện có
 - Hiệu suất đẳng nhiệt
 - Áp suất xả
 - Trọng tải
 - Lưu lượng
 - Công suất
 - Loại bỏ hoạt động của tuabin

Phần_9_39

☒ Modify High Pressure to Condensing Steam Turbine

☒ Change Initial Turbine Status

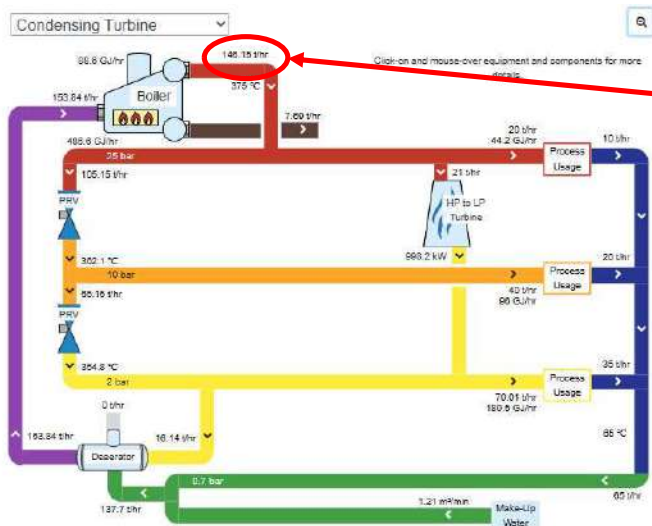
Baseline
Turbine Status
On

Modifications
Turbine Status
Off

Đánh giá MEASUR - Tua bin ngưng hơi

- Tác động của việc tắt tuabin ngưng

Phần_9_40



Thay đổi lớn về lưu lượng hơi!

Đánh giá MEASUR - Tua bin ngưng hơi

Phần_9_41

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	Condensing Turbine	
Percent Savings (%)	—	3.0%	
Fuel Usage (GJ/yr)	4,415,084	4,252,259.6	
Fuel Cost (\$/yr)	\$110,402,099	\$106,556,490	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	52,122,000	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	5,212,200	
Water Usage (m³/yr)	640,361.2	637,952.9	
Water Cost (\$/yr)	422,638	421,049	
Power Generated (kW)	1,948.2	998.2	
Process Use (GJ/yr)	320.7	320.7	
Stack Loss (GJ/yr)	91.7	88.6	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	45	45	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.2	0	
Other Losses (GJ/yr)	35.1	34.8	
Annual Emissions (tonne CO ₂)	222,084.86	217,686.74	
Annual Emissions Savings (tonne CO ₂)	—	4,398.12	
Annual Cost (\$)	115,204,737	112,189,739	
Annual Savings (\$)	—	3,014,999	

Đánh giá MEASUR - Tua bin ngưng hơi

Phần_9_42

Hiệu suất của tua bin ngưng

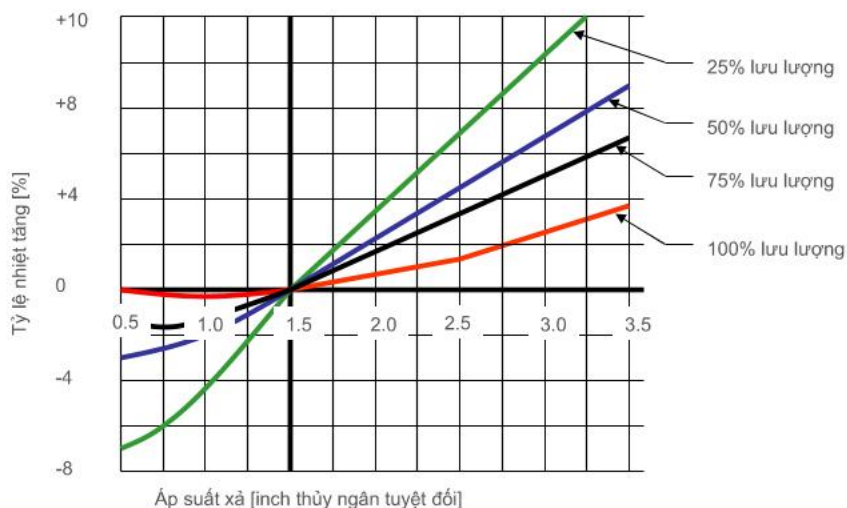
Condensing Turbine Impact Power Cost			
Fuel Cost [\$/GJ]	Impact Condensing Power Cost [\$/MWh]		
	Turbine Isentropic Efficiency [%]		
	40	60	80
2.0	56	39	30
4.0	111	78	60
6.0	167	116	89
8.0	223	155	119
10.0	278	194	149
12.0	334	233	179
Steam inlet	25	bars	
Steam inlet	375	°C	
Steam exit	0.1	bar(a)	

Phần_9_43

Hiệu ứng áp suất tuabin ngưng tự

- Cần lưu ý rằng áp suất tối thiểu thường đạt được khi đạt được hiệu quả sử dụng năng lượng tối đa.
 - Nói cách khác, nhìn chung có một ngưỡng áp suất mà việc giảm thêm áp suất xả sẽ dẫn đến giảm hiệu quả chi phí tổng thể.
 - Tổn thất vận tốc bắt đầu quá mức
 - Điều này phụ thuộc rất nhiều vào thiết kế tuabin
 - Diện tích dòng hơi hình khuyên lớn hơn làm giảm tổn thất
 - Nước ngưng được đưa trở lại lò hơi ở nhiệt độ thấp hơn
 - Thiết kế chung dành cho áp suất ngưng tự tuyệt đối 1,5 inch thủy ngân (0,05 bara)

Phần_9_44



Hiệu ứng áp suất tuabin ngưng

Phần_9_45

Những điểm chính / Mục cần hành động

1. Tua bin ngưng được sử dụng nghiêm ngặt để phát điện hoặc vận hành các thiết bị cơ khí lớn
2. Chúng phục vụ các ứng dụng thích hợp trong ngành
3. Tua bin ngưng cung cấp công suất trực tiếp tối đa trên một đơn vị lưu lượng hơi
4. Mỗi phân tích cơ sở là duy nhất và sẽ phụ thuộc vào một số yếu tố kinh tế cũng như hoạt động
5. Phân tích tuabin sẽ cần một mô hình hệ thống hơi nhiệt động vững chắc

Phần_9_46

Thực tiễn tốt nhất – Tua-bin

- Tích hợp quy trình và tiện ích dẫn đến tối ưu hóa năng lượng tổng thể của nhà máy
- Lắp đặt tua bin đối áp song song với trạm giảm áp và giảm thiểu dòng chảy qua trạm giảm áp
- Đánh giá các ứng dụng tuabin đối áp cho truyền động cơ khí trực tiếp
- Đánh giá các tuabin ngưng và tối ưu hóa hoạt động của chúng để duy trì các điều kiện thiết kế
- Tua bin ngưng có thể đóng vai trò là cơ chế cân bằng hệ thống, đặc biệt là trong các ngành công nghiệp tạo ra hơi nước nhiệt thải đáng kể.



CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VI-NU (JETP)
Đẩy mạnh hoạt động TNL trong các DN công nghiệp liên thông qua hệ thống quản lý NL
và tái sử dụng hệ thống và thực hành TNL trong các DN/VN tại Việt Nam (JEEP)



Xác định Hiệu suất Lò hơi

TS. Nguyễn Xuân Quang

Khoa Năng lượng nhiệt, Trường Cơ khí - ĐH Bách Khoa Hà Nội



Nội dung chính

Xác định hiệu suất lò hơi theo tiêu chuẩn TCVN 8630-2020

- Các loại nhiên liệu sử dụng ở Việt nam
- Nhiệt trị nhiên liệu, các khái niệm và yếu tố ảnh hưởng.
- Tiêu chuẩn Việt Nam 8630-2019 và những vấn đề cần biết.
- Hiệu suất trực tiếp, hiệu suất gián tiếp.
- Các thành phần khói thải và cách xác định
- Oxy khô, oxy ướt, khái niệm và phương pháp quy đổi.
- Tổn thất do khói thải
- Các tổn thất khác.

Nhiên liệu sử dụng trong lò hơi công nghiệp

• Các loại nhiên liệu được sử dụng



Nhiên liệu sử dụng trong lò hơi công nghiệp

• Các loại nhiên liệu được sử dụng



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 : $C + O_2 = CO_2$; $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$; $S + O_2 = SO_2$

• 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.

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

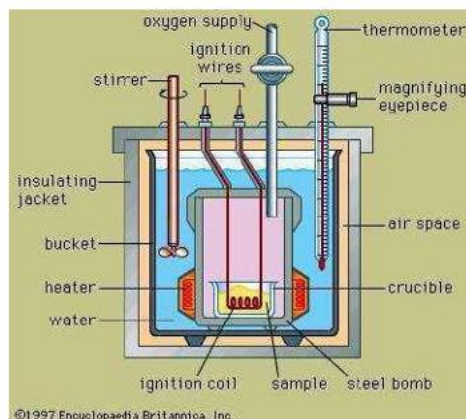
$$A + M + V + C = 100\%$$

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

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.



Bomb Calorimeter

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.

Phân tích nhiên liệu theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN 200:2011

- 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

$$q_{p,net,dry} = [27\,230 - (212 \times 4,19) - 0,8(6,81 + 1,45)] \times [1 - (0,01 \times 0)] - (24,43 \times 0) = [27\,230 - 888,28 - (0,8 \times 8,26)] \times 1 - 0 = (27\,230 - 888,28 - 6,608) \times 1 = 26\,340 \text{ J/g}$$

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

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

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

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.

TCVN 8630:2019

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

TCVN 8630:2019

- 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.

Hiệu suất lò hơi theo cân bằng thuận (hiệu suất trực tiếp)

- Khi nồi hơi sản xuất hơi bão hòa:

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

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

$$\eta = \frac{D_{\Sigma} (h_h - h_{nc}) + D_{\Sigma}^{iqn} \cdot (h_{iqn}^* - h_{iqn}^i)}{B_{\Sigma} Q_{iv}} \cdot 100\% \quad (2)$$

- 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)

Hiệu suất theo cân bằng nghịch (TCVN 8630 - 2019)

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

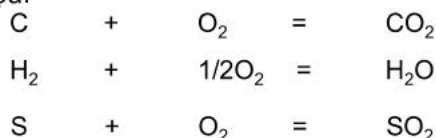
$$\eta_n = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \%$$

Trong đó:

- q_2 là tổn thất nhiệt theo khói thải ra khỏi nồi 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:
 - CO_2 từ quá trình cháy carbon
 - H_2O từ quá trình cháy Hydro, từ thành phần ẩm trong nhiên liệu, từ ẩm có trong không khí đưa vào đốt
 - SO_2 từ quá trình cháy Lưu huỳnh,
 - N_2 từ không khí đưa vào.

Xác định các thành phần trong khói lý thuyết

Thành phần	Tính theo thể tích tiêu chuẩn ($\text{m}^3_{\text{tc}}/\text{kg}$ nhiên liệu)
Không khí lý thuyết	$V^0_{\text{kk}} = 0,0889(\text{C} + 0,375\text{S}) + 0,265\text{H} - 0,033\text{O}$
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	$V^0_{\text{H}_2\text{O}} = 0.111\text{H} + 0.0124\text{M} + 0.00402V^0_{\text{kk}}$
Nitơ lý thuyết trong khói	$V^0_{\text{N}_2} = 0.79 V^0_{\text{kk}} + 0.008\text{N}$
RO_2 lý thuyết (RO_2 là tích hợp của CO_2 và SO_2)	$V^0_{\text{RO}_2} = 0.01886(\text{C} + 0.375\text{S})$
Khói khô lý thuyết	$V^0_{\text{khói khô}} = V^0_{\text{N}_2} + V^0_{\text{RO}_2}$
Khói lý thuyết	$V^0_{\text{khói}} = V^0_{\text{khói khô}} + V^0_{\text{H}_2\text{O}}$

Ghi chú: m^3_{tc} là đơn vị thể tích được tính theo điều kiện tiêu chuẩn là 0°C và 1 atmosphere theo đó $1\text{mol} = 22,4$ lít tiêu chuẩn hay $1\text{kmol} = 22,4 \text{ m}^3_{\text{tc}}$.

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.

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.

Oxy khô – Oxy ướt

Oxy khô: Được xác định khi thiết bị đo hút khói vào trong thiết bị. Khói 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 khói khô. Hầu hết các thiết bị đo cầm tay được sử dụng để phân tích khói cho kết quả đo là oxy khô.

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

Oxy ướt: được xác định khi cảm biến của thiết bị đo tiếp xúc trực tiếp với khói thực tế và cho ra kết quả. Thành phần % của oxy ướt do vậy được xác định theo khói 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.

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



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

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

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

Lượng khối thải và lượng tổn thất nhiệt do khối thải

- Lượng khối thải thực tế

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

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

- Tổn thất nhiệt do khối thải

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

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_t^{lv}} = \frac{(I_{khô} - V_{kk}(ct))_{kkl}(100 - q_4)}{Q_t^{lv}} \quad \%$$

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

Bảng tra nhiệt dung riêng các thành phần khối

Nhiệt độ, °C	(Ct) _{kh} , kJ/Nm ³	(Ct) _{RO₂} , kJ/Nm ³	(Ct) _{N₂} , kJ/Nm ³	(Ct) _{H₂O} , kJ/Nm ³	(Ct) _{h_{tr}} , 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	-

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	C _{lv}	%	35.81
Hydrogen	H _{lv}	%	3.83
Nitơ	N _{lv}	%	0.4
Lưu huỳnh	S _{lv}	%	0.04
Ôxy	O _{lv}	%	30.31
Độ ẩm	W	%	29.46
Tro	A	%	0.15
Total		%	100.00
Nhiệt trị thấp làm việc	Q _{lv}	kJ/kg	12150

- Vào thông số nhiên liệu phân tích được theo bảng 1 ở đây

Bảng 2. Tính toán độ chứa ẩm của không khí			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Nhiệt độ bầu khô	T _{db}	°C	30
Nhiệt độ bầu ướt	T _{wb}	°C	
Độ ẩm tương đối	R _{hm}	%	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 (T _{db})	P _{sWvTdb}	Pa	4241.511
Phân Áp suất hơi nước trong không khí ẩm	P _{pWvA}	Pa	3223.548
Độ ẩm trong không khí khô	M _{FrWDA}	kg/kg	0.0204
Độ ẩm trong không khí khô		g/kg	20.44

- Bảng 2 để xác định độ chứa ẩm của không khí môi trường

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 m ³ tiêu chuẩn/kg nhiên liệu			
	Ký hiệu	Đơn vị	Công thức	Giá trị
Không khí lý thuyết	V_{kk}^0	m ³ /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	$V_{H_2O1}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$0.111 \cdot H$	0.43
Hơi nước hình thành do ẩm từ nhiên liệu	$V_{H_2O2}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$0.0124 \cdot W$	0.37
Hơi nước hình thành do ẩm từ không khí	$V_{H_2O3}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$0.00161 \cdot d \cdot V_{kk}^0$	0.11
Hơi nước lý thuyết trong khói	$V_{H_2O}^0$	m ³ /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 /kg nhiên liệu	$V_{N_2}^0 = 0.79 V_{kk}^0 + 0.008N$	2.53
CO ₂ lý thuyết	$V_{CO_2}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$0.01866C$	0.668
SO ₂ lý thuyết	$V_{SO_2}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$0.007S$	0.000
RO ₂ lý thuyết	$V_{RO_2}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{RO_2}^0 = 0.01866(C + 0.375S)$	0.6685
Khói khô lý thuyết	$V_{khói khô}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{khói khô}^0 = V_{N_2}^0 + V_{RO_2}^0$	3.1993
Khói lý thuyết	$V_{khói ẩm}^0$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{khói ẩm}^0 = V_{khói khô}^0 + V_{H_2O}^0$	4.0951

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

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	-	-	$\frac{O_2^{khô}}{O_2^{ướt}} = \frac{V_{khói khô}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda}{V_{khói khô}^0 + V_{kk}^0 \cdot \lambda}$	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

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	-	$\lambda = \frac{\%O_2^{khô} V_{khô}^0}{(0.2095 - \%O_2^{khô}) V_{kk}^0}$	2.25
Xác định hệ số không khí thừa khi biết oxy khô	α	-	$\alpha = \lambda + 1 = \frac{\%O_2^{khô} V_{khô}^0}{(0.2095 - \%O_2^{khô}) V_{kk}^0} + 1$	3.25
Từ số	-	-	$V_{khô}^0 + \lambda \cdot V_{kk}^0$	11.29
Mẫu số	-	-	$V_{khô}^0 + V_{kk}^0 + \lambda$	10.39
Tỉ lệ oxy khô/oxy ướt	-	-	$\frac{O_2^{khô}}{O_2^{ướt}} = \frac{V_{khô}^0}{V_{khô}^0 + V_{kk}^0 + \lambda}$	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.

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 /kg nhiên liệu	$V_{kk}^{thừa} = \lambda \cdot V_{kk}^0$	7.1923
Âm trong không khí thừa	$V_{H_2O}^{kk\ thừa}$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{H_2O}^{kk\ thừa} = 0.00161 \cdot d \cdot V_{kk}^{thừa}$	0.2367
Âm bốc ra từ cát	$V_{H_2O}^{cát}$	m ³ /kg nhiên liệu		-
Tổng ẩm khói thực	$V_{H_2O}^{khô}$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{H_2O}^{khô} = V_{H_2O}^0 + V_{H_2O}^{kk\ thừa}$	1.1325
Không khí thực	$V_{kk}^{thực}$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{kk}^{thực} = \alpha \cdot V_{kk}^0$	10.3919
Khói khô thực	$V_{khô}^{thực}$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{khô}^{thực} = V_{khô}^0 + V_{kk}^{thừa}$	10.3917
Khói ẩm thực	$V_{khô}^{thực}$	m ³ /kg nhiên liệu	$V_{khô}^{thực} = V_{khô}^0 + V_{kk}^{thừa}$	11.2874

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

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) _{h_h}	(C.t) _{CO₂}	(C.t) _{H₂}	(C.t) _{H₂O}	(C.t) _{N₂}
	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.

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 kh	RO2	N2	H2O
Thành phần khói thực	V	m3tc/kg nhiên liệu	Đã tính ở trên (không khí là thành phần k _h thừa)	7.19	0.6685	2.53	1.13
Nhiệt độ khói phần đuôi	t _{kh}	°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 _{kh}	kJ/kg nhiên liệu	I = V(Ct)	841.1795	102.2977	295.1533	153.924
Enthalpy khói tổng	I _{kh} thực	kJ/kg nhiên liệu	I _{kh} 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	m3tc/kg nhiên liệu	Đã tính ở trên (không khí là tổng 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	$Q_2 = (I_{kh} - V_{kk}(ct)_{kk}(100 - q_4))$	987.4264			
Tổn thất do khói thải	q ₂	%	$q_2 = \frac{Q_2}{Q_t^v} = \frac{(I_{kh} - V_{kk}(ct)_{kk}(100 - q_4))}{Q_t^v}$	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)

Xác định các tổn thất khác

, %

- Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về hóa học q_3

$$q_3 = 12600 \cdot CO \frac{V_{khối\ khí}^0}{Q_t^v} \%$$

- Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về mặt cơ học $q_4(\%)$

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

- 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

Xác định các tổn thất khác

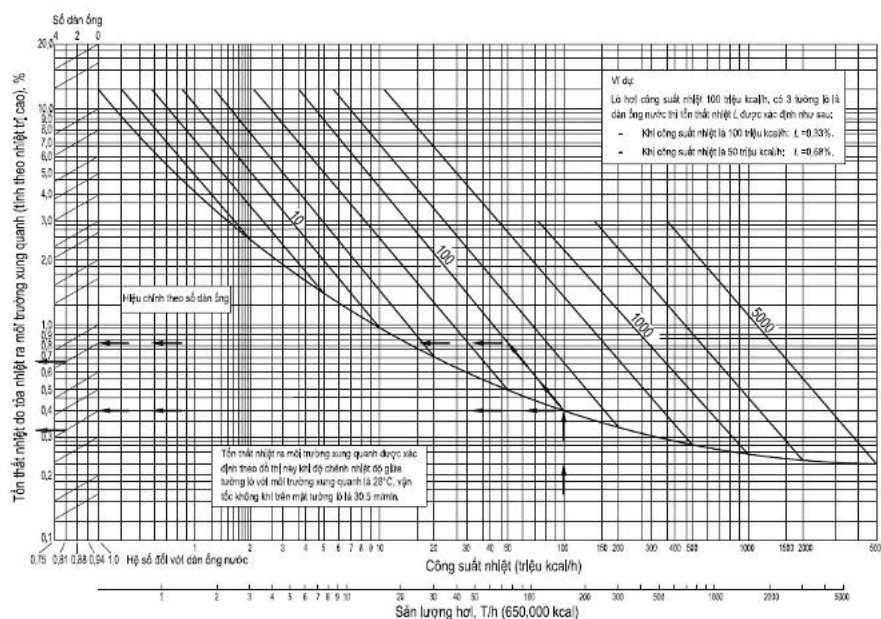
Phương thức đốt	Chủng loại		
	Xỉ, a_x	Tro bay, a_b	Than lọt, a_l
Ghi dồn cấp	0,75 - 0,85	0,20 - 0,10	0,05
Ghi xích	0,75 - 0,85	0,20 - 0,10	0,05
Ghi có cơ cấu hất than	0,65 - 0,75	0,30 - 0,20	0,05
Lớp sôi	0,50 - 0,60	0,50 - 0,40	-
Phun than	0,10 - 0,20	0,90 - 0,80	-

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 :

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

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



Đồ thị xác định tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh

Xác định các tổn thất khác , %

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

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

- 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 khối khô	m3tc/kg	3.20
Nhiệt trị nhiên liệu	Q ^{iv} _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 ^{iv} _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 ^{iv} _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

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 ^o C	0.933
Tổn thất nhiệt do xỉ thải	Q6	kJ/kg	0.71
Nhiệt trị của nhiên liệu	Q ^{iv} _t	kJ/kg	12150
Tổn thất nhiệt do xỉ thải	q6	%	0.01

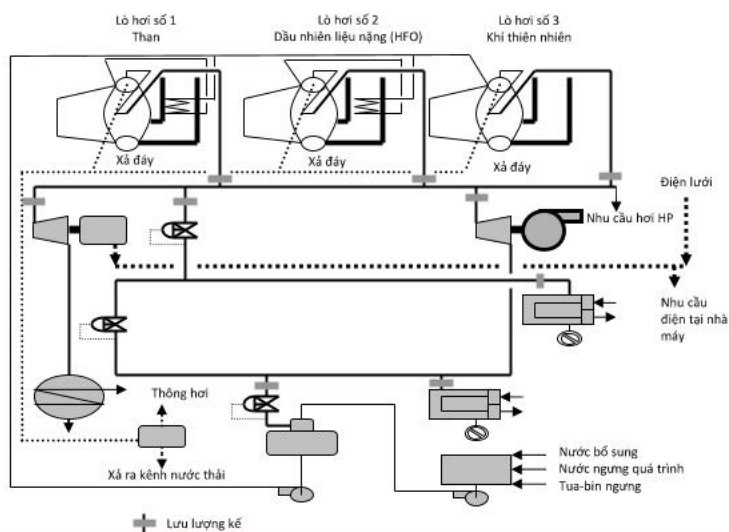
Hiệu suất lò hơi theo cân bằng thuận			
Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Áp suất hơi sản xuất ra	P	bar	10
Sản lượng hơi sản xuất ra	D	Tấn/h	10
Lượng nhiên liệu tiêu hao	B	Tấn/h	2.5
Nhiệt trị thấp nhiên liệu	Q ^{iv} _t	kJ/kg	12150
Nhiệt độ nước đầu vào	tn	oC	80
Enthalpy nước đầu vào	hn	kJ/kg	334.88
Enthalpy 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 10: Tối ưu hóa hệ thống hơi – Bản tóm tắt

- Báo cáo đánh giá MEASUR
- Kết luận
- Công cụ & Nguồn lực

Phần_10_1



Hệ thống hơi

Phần_10_2

Ví dụ về hệ thống hơi

Phần_10_3

Ví dụ về hệ thống hơi

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		\$110,402,069
Make-Up Water		
Flow		1.22 m ³ /min
Unit Cost		\$0.66 /m ³
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_10_4

Ví dụ về hệ thống hơi – Báo cáo tổng kết



Steam Example

Last Modified 9/13/22, 9:35 AM

Print

Executive Summary

Energy Summary

Losses

Diagram

Report Graphs

Input Summary

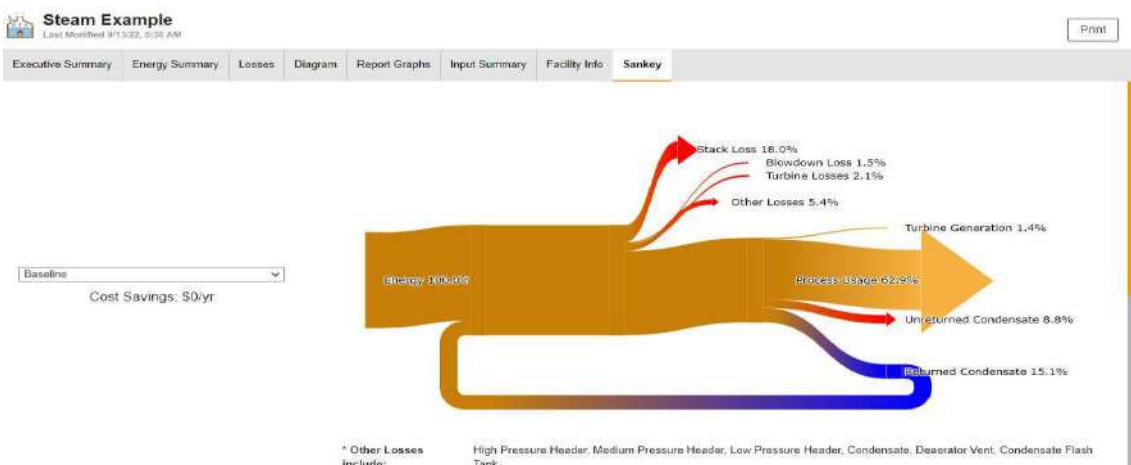
Facility Info

Sankey

	Baseline	Reduce Blowdown	Blowdown Energy Recovery	Steam Leak	Insulation	Steam Demand	Condensate Return	Condensate Flash Tanks	HP-LP Turbine	Condensing Turbine
Percent Savings (%)	—	1.9%	3.2%	—	—	1.0%	—	2.6%	—	3.6%
Power Cost (\$/yr)	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	4,380,000	3,505,618	5,212,200
Savings	—	0	0	0	0	0	0	0	874,382	-932,200
Fuel Cost (\$/yr)	110,492,099	109,239,628	108,574,166	110,380,090	110,303,818	109,508,157	110,252,531	107,842,608	111,495,512	108,556,460
Savings	—	1,162,471	1,827,933	21,409	98,281	893,941	149,588	2,559,491	-1,093,413	3,846,609
Make-up Water Cost (\$/yr)	422,638	394,316	413,938	422,554	422,250	419,098	405,676	423,173	426,292	421,048
Savings	—	28,319	8,701	85	368	3,542	16,963	-535	-3,653	1,589
Annual Cost (\$)	115,204,737	114,013,947	113,368,164	115,183,243	115,106,068	114,307,254	115,038,207	112,645,781	115,427,422	112,189,739
Annual Savings (\$)	—	1,190,790	1,836,633	21,494	98,669	897,483	166,531	2,558,956	-222,685	3,014,999
Implementation Cost	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Payback Period (months)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Selected Energy Projects	—	Adjust Boiler Operations	Adjust Boiler Operations	Adjust Steam Demand/Usage	Modify High to Low Pressure Steam Turbine	Adjust Steam Demand/Usage	Adjust Condensate Handling	Adjust Condensate Handling	—	Modify High Pressure to Condensing Steam Turbine
Modifications	—	Boiler	Boiler	Header	Header	Header	Header	Header	Turbine	Turbine

Phần_10_5

Ví dụ về hệ thống hơi – Sơ đồ Sankey



Phần_10_6

Ví dụ về hệ thống hơi – Báo cáo tổng kết

Print Report

Select all report items you would like to include in your printed report.

- ☒ Select All
- ☒ Executive Summary
- ☒ Energy Summary
- ☒ Report Graphs
- ☒ Report Sankey
- ☒ Report Diagram
- ☒ Losses Summary
- ☒ Input Summary

Print **Cancel**

Phần_10_7

Modify All 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

Carbon Emissions From Electricity

Zip code: 00000

eGRID Subregion: U.S. Average

Total Emission Output Rate: 401.07 kg CO₂/MWh

Implementation Cost: 0 \$

Ví dụ về hệ thống hơi – Chế độ xem chuyên gia

- Phải rất cẩn thận
- Cho phép sự linh hoạt tối đa để sửa đổi tất cả các điều kiện
- Chi phí thực hiện – không kiểm tra độ chính xác

Phần_10_8

Ví dụ về hệ thống hơi – Báo cáo tổng kết



Phần_10_9

Kết luận

Phần_10_10

Những điểm chính / Mục cần hành động – Nền tảng

1. Sử dụng Phương pháp tiếp cận hệ thống để tối ưu hóa hệ thống hơi nước
2. 04 phần chính của hệ thống hơi nước – Sản xuất, Phân phối, Tiêu thụ cuối & 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 để phân tích hệ thống hơi nước
4. 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 tồn tại trong hệ thống hơi nước

Phần_10_11

Những điểm chính / Mục cần hành động – Hiệu suất lò hơi

1. Xác định chi phí vận hành nhà máy lò hơi
2. Xác định đơn giá sản xuất hơi nước
3. Xác định hiệu suất vận hành lò hơi

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$
4. 03 tổn thất lớn trong quá trình sản xuất hơi – tổn thất vỏ, tổn thất xả đáy và tổn thất trên đường khói

$$\eta_{boiler} = 100 - \lambda_{shell} - \lambda_{blowdown} - \lambda_{stack} - \lambda_{other}$$

Phần_10_12

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tổn thất vỏ

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

Phần_10_13

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tổn thất xả đáy

1. Ước tính lượng xả đáy bằng cách sử dụng độ dẫn điện của lò hơi và nước cấp
2. Định 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 hơi flash và nhiệt
5. Hợp tác chặt chẽ với phòng hóa học của nhà máy để duy trì và quản lý quá trình xả đáy thích hợp

Phần_10_14

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tồn thất khói thải

1. Giám sát và ghi lại nhiệt độ khí thải liên quan đến:
 - Phụ tải lò hơi
 - Nhiệt độ môi trường
 - Hàm lượng 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 khu vực cháy thích hợp
4. Duy trì tính chất hóa học của nước thích hợp
5. Đánh giá tiềm năng tiết kiệm thành phần thu hồi nhiệt

Phần_10_15

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tồn thất khói thải

1. Nguyên tắc quản lý quá trình cháy:
 - Bổ sung đủ Oxy để phản ứng với toàn bộ nhiên liệu
 - Giảm thiểu lượng không khí bổ sung
 - Theo dõi các chất dễ 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 tối thiểu và tối đa
 - Điều khiển cắt O2 tự động - liên tục
 - Kiểm soát thiết lập
4. Thử thách phạm vi kiểm soát
 - Nâng cấp điều khiển
 - Điều chỉnh quá trình cháy

Phần_10_16

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tối ưu hóa lò hơi

1. Sử dụng mô hình hệ thống hơi nước dựa trên các định luật nhiệt động lực học để định lượng các cơ hội tiết kiệm năng lượng và chi phí
2. Chuyển đổi nhiên liệu và vận hành 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 một đánh giá độc lập – KHÔNG có quy tắc kinh nghiệm nào!

Phần_10_17

Những điểm chính / Mục cần hành động – Rò rỉ

1. Rò rỉ hơi 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 cần phải được thực hiện ngay lập tức hay không, trong thời gian ngừng hoạt động trong tương lai hay trực tuyến.

Phần_10_18

Những điểm chính / Mục cần hành động – Bảo ôn

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

Phần_10_19

Những điểm chính / Mục cần hành động – Hệ tiêu thụ cuối

1. Có một số hệ tiêu thụ cuối của hơi nước trong các nhà máy công nghiệp
2. Thực hiện cân bằng lượng hơi nước tiêu thụ cuối cùng trong một nhà máy công nghiệp và xác định hệ tiêu thụ cuối của hơi nước lớn nhất trong nhà máy
3. Giảm mức sử dụng cuối cùng của hơi nước bằng cách
 - Cải thiện hiệu suất của quá trình
 - Chuyển nhu cầu hơi sang nguồn nhiệt thải hoặc hơi có áp suất thấp có sẵn trong nhà máy

Phần_10_20

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tích hợp quy trình/tiện ích

1. Nâng cấp hơi áp suất thấp (hoặc nhiệt thải) để cung cấp cho nhu cầu của quy trình
2. Một số nhà máy cần gia nhiệt và làm mát cho quá trình
3. Tích hợp quy trình có thể mang lại cơ hội tiết kiệm năng lượng đáng kể và tối ưu hóa nhà máy
4. Những cơ hội này sẽ cần mức độ thẩm định cao hơn đáng kể

Phần_10_21

Những điểm chính / Mục cần hành động – Bẫy hơi

1. Có nhiều loại bẫy hơi khác nhau và do đó, cần phải hiểu rõ chức năng và nguyên lý hoạt động
2. Các chế độ lỗi ở bẫy hơi chính - mở / đóng
3. Cần phải có kế hoạch quản lý bẫy hơi hiệu quả
4. Có một số công cụ thương mại sẵn có để kiểm tra bẫy hơi
5. Tiến hành kiểm tra bẫy hơi ít nhất 1 lần/năm và sửa chữa/thay thế các bẫy bị lỗi
6. Nhà sản xuất bẫy hơi là nguồn tài nguyên quý giá

Phần_10_22

Những điểm chính / Mục cần hành động – Thu hồi nước ngưng

1. Nước ngưng hồi về
 - Giảm năng lượng
 - Giảm nước bổ sung
 - Giảm lượng hóa chất xử lý nước
 - Giảm khả năng làm nguội nước
 - Có thể giảm lượng nước xả đáy
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 bằng cân khối lượng đơn giản trên toàn bộ hệ thống hơi nước
4. Xác định các khu vực có khả năng thu hồi nước ngưng

Phần_10_23

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tua-bin đối áp

1. Tua-bin đối áp được sử dụng thay cho các trạm giảm áp
2. Hiệu suất của tua-bin KHÔNG phải là hiệu suất theo định luật thứ nhất mà là sự so sánh giữa tua-bin thực tế và tua-bin lý tưởng
3. Vận hành liên tục với nhu cầu nhiệt và điện đồng thời là lựa chọn hàng đầu cho tua-bin đối áp
4. Mỗi phân tích cơ sở là duy nhất và sẽ phụ thuộc vào một số yếu tố kinh tế cũng như vận hành
5. Phân tích tua-bin sẽ cần một mô hình hệ thống hơi nhiệt động vững chắc

Phần_10_24

Những điểm chính / Mục cần hành động – Tua-bin ngưng

1. Tua-bin ngưng được sử dụng nghiêm ngặt để phát điện hoặc vận hành các thiết bị cơ khí lớn
2. Chúng phục vụ những ứng dụng thích hợp trong ngành
3. Tua-bin ngưng cung cấp công suất trực tiếp tối đa trên một đơn vị lưu lượng hơi
4. Mỗi phân tích cơ sở là duy nhất và sẽ phụ thuộc vào một số yếu tố kinh tế cũng như vận hành
5. Phân tích tua-bin sẽ cần một mô hình hệ thống hơi nhiệt động vững chắc

Phần_10_25

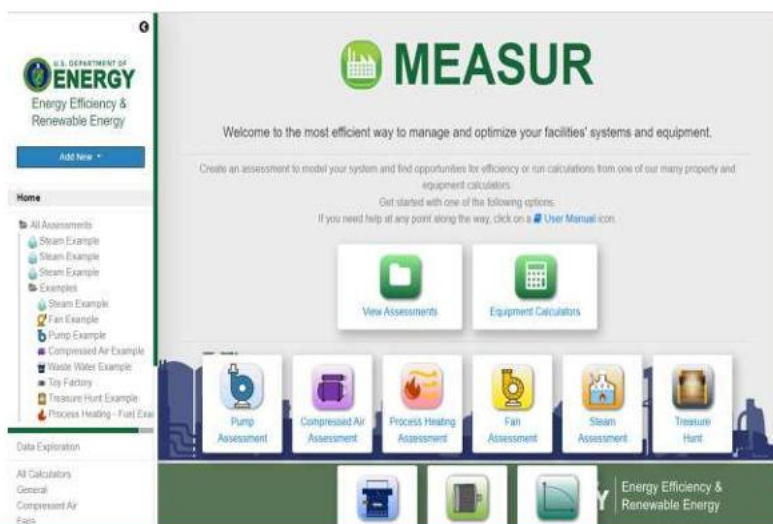
Công cụ & Nguồn lực

Phần_10_26

Công cụ

- Để đánh giá đúng hệ thống hơi nước, phải hiểu rõ tính chất vật lý của từng quy trình
 - Nhiệt động lực học
 - Truyền nhiệt
 - Dòng chất lưu
- Tài liệu “Hướng dẫn đào tạo tối ưu hóa hệ thống hơi nước cho người dùng cuối trong 2 ngày của UNIDO”
- Bộ công cụ DOE của Hoa Kỳ
 - Hướng dẫn khảo sát hệ thống hơi
 - Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi (SSST)
 - MEASUR (Phiên bản dành cho máy tính để bàn và trực tuyến)
 - Phần mềm đánh giá vật liệu cách nhiệt – 3E-Plus (Phiên bản dành cho máy tính để bàn và trực tuyến)
- Một số công cụ phần mềm thương mại khác dành cho hệ thống hơi nước
- Đo lường quy trình

Phần_10_27



Nơi để tìm Công cụ

- Trang web US DOE để tải xuống - <https://www.energy.gov/eere/amo/measur>
- Phiên bản trực tuyến - <http://measur.ornl.gov>

Phần_10_28

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY | Office of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY

EERE Publication and Product Library

EERE » EERE Publication and Product Library

Home
Advanced Search
Browse by Topic
Mail Requests
Help

Welcome to the EERE Publication and Product Library. This library will allow you to find publications and products provided by the DOE's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. To help serve you better, this database will allow you to:

- Search for publications and products
- Download or view publications online
- Request a copy to be mailed to you

Search the Library

(Searches Title, Description, Filename and Keywords)

Advanced Search Browse by Topic

Most Popular

 **Consumer Guide to Residential Renewable Energy**
Learn how installing residential renewable energy systems, such as geothermal heat pumps and wind or solar energy systems, can save energy, lower utility bills, and earn homeowners money. This fact sheet details the benefits and costs of these systems.

Latest Additions

Industrial Decarbonization of Energy Intensive Sectors
Industrial Decarbonization is the phasing out of atmospheric greenhouse gas (GHG) emissions from all aspects of the industrial sector. There are a number of industrial decarbonization strategies, including:

Ấn phẩm Kỹ thuật & Tài nguyên

- <http://www.energy.gov/eere/publications>

Phần_10_29

Training Manual

2- Day End-User Industrial Steam System Optimization (SSO) Training

Developed by:

Riyaz Papar, P.E., CEM, Fellow – ASME, ASHRAE
C2A Sustainable Solutions, USA
UNIDO International Energy Expert (Steam)

Greg Harrell, Ph.D., P.E.
Milligan University, USA
UNIDO International Energy Expert (Steam)

Developed for:

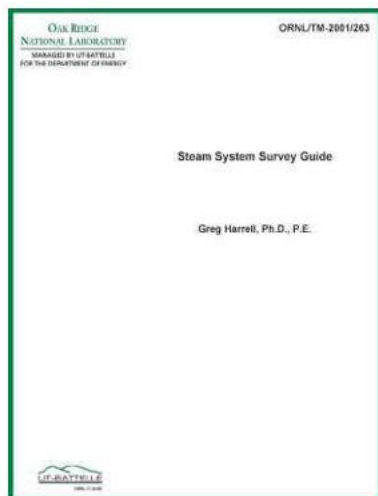
UNIDO Industrial Energy Efficiency Project
Vienna, Austria

January 2023

Hướng dẫn đào tạo tối ưu hóa hệ thống hơi nước (SSO) cho người dùng cuối trong 2 ngày của UNIDO

- Được phát triển bởi UNIDO
- Giáo trình đào tạo SSO trong 2 ngày

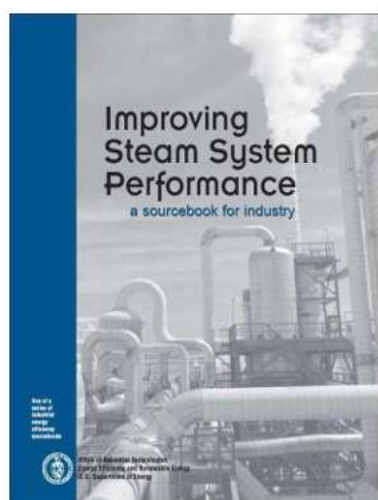
Phần_10_30



Hướng dẫn khảo sát hệ thống hơi

- Hướng Dẫn Kỹ Thuật
- Bao gồm 5 lĩnh vực:
 - Cấu hình hệ thống hơi
 - Xác định đặc tính hơi nước
 - Cải thiện vận hành lò hơi
 - Cải thiện việc sử dụng tài nguyên
 - Cải thiện việc phân phối hơi nước

Phần_10_31



Sách tham khảo hệ thống hơi

- Bao gồm ba phần chính :
 - Thông tin cơ bản về hệ thống hơi
 - Cơ hội nâng cao hiệu suất
 - Chương trình, Thông tin liên hệ và Tài nguyên

Phần_10_32



Lời khuyên về năng lượng hơi nước

- 1- Trang lời khuyên để cải thiện các khu vực hệ thống hơi nước
- Có sẵn trên trang web BestPractices và trong Steam Sourcebook

Phần_10_33

Tờ hướng dẫn của US DOE

- Đánh giá chi phí nhiên liệu của quá trình sản xuất hơi nước
- Làm sạch bề mặt truyền nhiệt phía nước của lò hơi
- Xem xét việc lắp đặt một bộ hâm nước ngưng
- Cân nhắc việc lắp đặt lò hơi cao áp với tua-bin đối áp-máy phát điện
- Cân nhắc việc lắp đặt bộ tạo rối trên lò hơi ống lửa hai và ba hành trình
- Cân nhắc bộ truyền động tua-bin hơi cho thiết bị quay
- Những cân nhắc khi lựa chọn bộ hâm nước ngưng

Phần_10_34

Tờ hướng dẫn của US DOE (Tiếp)

- Phần vỏ bị làm nóng, các bể hồ
- Bình khử khí trong hệ thống hơi nước công nghiệp
- Nước ngưng cao áp flash để tái tạo hơi thấp áp
- Kiểm tra và sửa chữa các bể hơi
- Lắp đặt Hệ thống Kiểm soát Xả đáy Tự động
- Lắp đặt vật liệu cách nhiệt có thể tháo rời trên van và khớp nối
- Bảo ôn đường dây phân phối hơi và nước ngưng hồi lưu

Phần_10_35

Tờ hướng dẫn của US DOE (Tiếp)

- Cải thiện hiệu suất cháy của lò hơi
- Giảm thiểu việc xả đáy nồi hơi
- Giảm thiểu tổn thất trong chu trình ngưng của lò hơi
- Thu hồi nhiệt từ quá trình xả đáy lò hơi
- Thay thế van giảm áp bằng máy phát điện - tua-bin đối áp
- Đưa Nước ngưng trở lại Lò hơi

Phần_10_36

Từ hướng dẫn của US DOE (Tiếp)

- Nâng cấp lò hơi bằng đầu đốt nhiên liệu hiệu quả
- Sử dụng bộ hâm nước để thu hồi nhiệt thải
- Sử dụng hơi thải cấp thấp để chạy máy lạnh hấp thụ
- Sử dụng vòi phun hơi nước ejector hoặc máy nén nhiệt để giảm sự thoát hơi thấp áp
- Sử dụng phương pháp nén hơi để thu hồi hơi thải thấp áp
- Sử dụng bình ngưng thông hơi để thu hồi năng lượng từ hơi flash

Phần_10_37

Tài liệu kỹ thuật của US DOE

- Cải thiện hiệu suất hệ thống hơi nước: nguồn gốc cho ngành công nghiệp
- Có được hệ thống hơi nước xuất sắc: Thông tin tổng quan về kinh nghiệm tốt nhất cho hơi nước của Chương trình Công nghệ Công nghiệp
- Tóm tắt các phương pháp hay nhất về kỹ thuật hơi nước: Cơ hội và vấn đề giảm áp suất hơi
- Tóm tắt các phương pháp hay nhất về kỹ thuật hơi nước : tính toán chi phí hơi thực như thế nào
- Tóm tắt các phương pháp hay nhất về kỹ thuật hơi nước : Bơm nhiệt công nghiệp cho việc tiết kiệm nhiên liệu và hơi nước
- Tóm tắt các phương pháp hay nhất về kỹ thuật hơi nước : Các giải pháp cho trao đổi nhiệt trong hệ thống hơi công nghiệp

Phần_10_38

Tài liệu kỹ thuật của US DOE (Tiếp)

- Tóm tắt các phương pháp hay nhất về kỹ thuật hơi nước : quá trình hệ thống hơi nước trong công nghiệp - các sơ đồ điều khiển.
- Hướng dẫn về hệ thống kết hợp nhiệt điện cho người vận hành và chủ lò hơi
- Hướng dẫn về lò hơi phát thải thấp và lựa chọn thiết bị đốt
- Đánh giá bảy hơi kiểu tấm lỗ tiết lưu.

Phần_10_39

Đánh giá & Phản hồi khóa học

Ý kiến đóng góp của bạn được đánh giá rất cao và nó sẽ được thực hiện để cải tiến chương trình đào tạo này cũng như điều chỉnh tốt hơn các hỗ trợ kỹ thuật bổ sung mà dự án UNIDO cung cấp cho các nhà máy công nghiệp và doanh nghiệp

Phần_10_40



XIN CẢM ƠN!

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.

