



CHƯƠNG TRÌNH QUỐC GIA  
VỀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG  
TIẾT KIỆM VÀ HIỆU QUẢ

# *Cẩm nang* **HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT**

## **VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP**



**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG**



BỘ CÔNG THƯƠNG



Funded by  
the European Union



TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN CÔNG NGHIỆP  
LIÊN HỢP QUỐC



CHƯƠNG TRÌNH QUỐC GIA  
VỀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG  
TIẾT KIỆM VÀ HIỆU QUẢ

*Cẩm nang*  
**HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT**  
**VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP**  
**NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG**  
**TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP**



**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG**

## TUYÊN BỐ MIỄN TRỪ TRÁCH NHIỆM

Tài liệu này được thực hiện 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 quản lý và Tổ chức phát triển công nghiệp liên hợp quốc (UNIDO) thực hiện. Nội dung tài liệu thuộc trách nhiệm duy nhất của dự án và không nhất thiết phản ánh quan điểm của bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào.

## LỜI NÓI ĐẦU

**H**iện nay, hơi nước vẫn là nguồn cấp nhiệt chính trong sản xuất công nghiệp. Trong thực tế, hàng nghìn lò hơi công nghiệp với thiết kế và công suất khác nhau đang được sử dụng trong cả nước. Việc nâng cao hiệu quả và tối ưu hóa hệ thống hơi có thể mang lại nhiều lợi ích về kinh tế và môi trường cho doanh nghiệp và đất nước. Tài liệu được phát triển cho dự án IEEP “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 là một hợp phần thuộc chương trình chuyển dịch năng lượng bền vững Việt Nam – EU (SEPT) do Liên minh châu Âu (EU) tài trợ, được thực hiện bởi UNIDO và Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công (Bộ Công Thương) trong thời gian 5 năm (từ 2023 đến 2027).

Tài liệu *Cẩm nang hướng dẫn kỹ thuật về hệ thống hơi công nghiệp nhằm tối ưu hoá sử dụng hiệu quả năng lượng trong các ngành công nghiệp* cung cấp những kiến thức và kinh nghiệm vận hành tốt nhất hệ thống hơi công nghiệp cho người đọc là người trực tiếp vận hành, cán bộ kỹ thuật quản lý hệ thống hơi. Tài liệu được cấu trúc thành 5 chương và các phụ lục kèm theo.

Mặc dù đã rất cố gắng trong việc biên soạn song tài liệu khó tránh khỏi một số thiếu sót nhất định, chúng tôi rất mong nhận được sự góp ý của quý độc giả để các nội dung được đầy đủ và cập nhật hơn cho lần tái bản sau.

**Ban Biên soạn**

## MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU</b>	3
<b>DANH MỤC HÌNH</b>	10
<b>DANH MỤC BẢNG</b>	14
<b>CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU</b>	15
<b>1.1. Hệ thống hơi và các khu vực công nghiệp chính sử dụng hơi</b>	15
1.1.1. Các lĩnh vực công nghiệp chính sử dụng	15
1.1.2. Ưu điểm của việc sử dụng hơi	17
<b>1.2. Tình hình sử dụng năng lượng trong hệ thống hơi</b>	17
<b>CHƯƠNG 2: CÁC VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ HƠI VÀ HỆ THỐNG HƠI TRONG CÔNG NGHIỆP</b>	20
<b>2.1. Cơ sở lý thuyết nhiệt động của hơi</b>	20
<b>2.2. Các bộ phận cơ bản của hệ thống hơi</b>	22
2.2.1. Các thành phần cơ bản của hệ thống hơi	22
2.2.2. Khu vực sản xuất hơi	25
2.2.3. Hệ thống phân phối hơi	31
2.2.4. Hộ tiêu thụ hơi	32
2.2.5. Hệ thống thu hồi	32
<b>2.3. Một số quy định về vận hành an toàn hệ thống hơi</b>	34

2.3.1. Những mối nguy hiểm khi sử dụng lò hơi	34
2.3.2. Quy tắc an toàn	35
<b>CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN HỆ THỐNG HƠI</b>	<b>38</b>
<b>3.1. Tổng quan về phương pháp tiếp cận toàn hệ thống hơi</b>	<b>38</b>
3.1.1. Các bước thực hiện phương pháp tiếp cận hệ thống	39
3.1.2. Tối ưu hóa hệ thống hơi nước (SSO)	39
<b>3.2. Sử dụng Công cụ đánh giá hệ thống hơi (Steam System Scoping Tool) (SSST) để xác định định tính các cơ hội vận hành tối ưu</b>	<b>41</b>
3.2.1. Khái quát về công cụ SSST	41
3.2.2. Đối tượng người dùng SSST	42
3.2.3. Sơ lược về SSST	42
<b>3.3. Một số thiết bị đo sử dụng trong xây dựng hồ sơ hệ thống hơi</b>	<b>45</b>
<b>CHƯƠNG 4: CÁC CƠ HỘI TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG</b>	<b>49</b>
<b>4.1. Khu vực sản xuất</b>	<b>51</b>
4.1.1. Điều chỉnh lượng không khí thừa tối ưu	51
4.1.2. Lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt	55
4.1.3. Làm sạch bề mặt trao đổi nhiệt của lò hơi	57
4.1.4. Cải thiện việc xử lý nước để giảm lượng nước xả đáy lò hơi	58

4.1.5. Thu hồi năng lượng từ quá trình xả đáy lò hơi	60
4.1.6. Thu hồi năng lượng từ xả lò	62
4.1.7. Khôi phục vật liệu cách nhiệt của lò hơi	64
4.1.8. Giảm thiểu số lượng lò hơi vận hành	64
4.1.9. Nghiên cứu chuyển đổi nhiên liệu	65
4.1.10. Tối ưu hóa hoạt động của bộ khử khí	67
<b>4.2. Hệ thống phân phối</b>	69
4.2.1. Sửa chữa các điểm rò rỉ hơi nước	69
4.2.2. Giảm thiểu việc xả hơi nước	72
4.2.3. Đảm bảo đường ống, van, phụ kiện và bình chứa của hệ thống hơi nước được cách nhiệt tốt	73
4.2.4. Cô lập dòng hơi khỏi các đường ống không sử dụng	75
4.2.5. Giảm lưu lượng qua các trạm giảm áp	76
4.2.6. Giảm sụt áp ở các ống góp	77
4.2.7. Xả nước ngưng khỏi các ống góp hơi	80
<b>4.3. Các hệ tiêu thụ thông dụng</b>	81
<b>4.4. Khu vực thu hồi nước ngưng</b>	86
4.4.1. Thực hiện một chương trình quản lý và bảo trì bể hồi hơi hiệu quả	86
4.4.2. Tận dụng nước ngưng có sẵn càng nhiều càng tốt	91
4.4.3. Tận dụng nước ngưng ở nhiệt năng cao nhất có thể	93

4.4.4. Cho giãn nở nước ngưng áp suất cao để tạo ra hơi áp suất thấp	94
<b>CHƯƠNG 5: HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG PHẦN MỀM CHUYÊN DỤNG TRONG TÍNH TOÁN HỆ THỐNG HƠI MEASUR</b>	<b>96</b>
<b>5.1. Các công cụ tính toán về hệ thống hơi (Steam Calculators)</b>	<b>97</b>
<b>5.2. Các bước thực hành cơ bản trên phần mềm MEASUR</b>	<b>102</b>
5.2.1. Tổng quan về Công cụ đánh giá hệ thống hơi (Steam Assessment) trong MEASUR	102
5.2.2. Lựa chọn nhiên liệu cho việc sản xuất hơi	103
5.2.3. Thiết lập các điều kiện làm việc (Operating Conditions) của hệ thống hơi	107
<b>5.3. Một số ví dụ tính toán tối ưu hóa hệ thống hơi thực hiện bằng MEASUR</b>	<b>114</b>
5.3.1. Tính toán tổn thất theo khói thải (Stack loss)	118
5.3.2. Lắp đặt thêm thiết bị thu hồi nhiệt của khói thải (Flue Gas Heat Recovery Equipment)	121
5.3.3. Dùng nước ngưng cao áp để sản xuất hơi hạ áp	127
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	<b>129</b>
<b>PHỤ LỤC</b>	<b>131</b>
PHỤ LỤC A: Ví dụ về sử dụng Công cụ đánh giá hệ thống hơi (SSST)	131

PHỤ LỤC B: Một số thiết bị đo cần sử dụng trong việc đánh giá tối ưu hóa hệ thống hơi công nghiệp	201
PHỤ LỤC C: Một số bảng biểu cần thiết trong thu thập và xử lý số liệu	221
PHỤ LỤC D: Một số case study thành công	230

## DANH MỤC HÌNH

<b>Hình 2.1</b>	Minh họa về quá trình hóa hơi	21
<b>Hình 2.2</b>	Đồ thị trạng thái của hơi	22
<b>Hình 2.3</b>	Hệ thống 1 mức áp suất	24
<b>Hình 2.4</b>	Hệ thống 2 mức áp suất	24
<b>Hình 2.5</b>	Hệ thống 3 mức áp suất	25
<b>Hình 2.6</b>	Cấu trúc các dạng lò hơi ống lửa (a) và ống nước (b) và dạng tổ hợp ống lửa - ống nước (c)	26
<b>Hình 2.7</b>	Hình ảnh một số thiết bị phụ trợ	27
<b>Hình 2.8</b>	Lưu trữ và xử lý nhiên liệu	28
<b>Hình 2.9</b>	Bình khử khí	29
<b>Hình 2.10</b>	Thiết bị xử lý nước	30
<b>Hình 2.11</b>	Đường ống cấp hơi	31
<b>Hình 2.12</b>	Bình chứa nước ngưng	33
<b>Hình 3.1</b>	Đầu đo loại can nhiệt hoặc nhiệt điện trở đi kèm với bộ hiển thị và đầu đo nhiệt độ cơ hiển thị tại chỗ.	46
<b>Hình 3.2</b>	Thiết bị phân tích khói thải	47
<b>Hình 4.1</b>	Các bộ phận cơ bản của hệ thống hơi	50
<b>Hình 4.2</b>	Hệ thống điều khiển theo vị trí	52
<b>Hình 4.3</b>	Hệ thống điều khiển tự động vi chỉnh oxy	53
<b>Hình 4.4</b>	Điều khiển xả lò tự động	61

<b>Hình 4.5</b>	Thu hồi năng lượng từ nước xả lò	63
<b>Hình 4.6</b>	Tỉ lệ sử dụng hơi trong ngành chế biến thực phẩm và đồ uống	83
<b>Hình 4.7</b>	Trao đổi nhiệt gián tiếp hơi – nước	85
<b>Hình 4.8</b>	Hóa hơi nước ngưng áp suất cao để tạo ra hơi áp suất thấp	95
<b>Hình 5.1</b>	Màn hình giao diện khi mới truy cập MEASUR	97
<b>Hình 5.2</b>	Giao diện để lựa chọn một số công cụ tính toán All Calculators trong MEASUR	98
<b>Hình 5.3</b>	Giao diện để lựa chọn một số công cụ tính toán cho hệ thống hơi (Steam)	98
<b>Hình 5.4</b>	Công cụ tính toán Lò hơi (Boiler Calculator) trong MEASUR	100
<b>Hình 5.5</b>	Nút Import trong Giao diện All Assessments để mở file Đánh giá có sẵn	102
<b>Hình 5.6</b>	Giao diện phần cài đặt tổng quan của mục đánh giá hệ thống hơi (Assessment Settings)	103
<b>Hình 5.7</b>	Giao diện lựa chọn nhiên liệu sử dụng cho việc sản xuất hơi	104
<b>Hình 5.8</b>	Công cụ tính Hệ số phát thải cacbon cho loại nhiên liệu được nhập bởi người dùng	105
<b>Hình 5.9</b>	Giao diện để lựa chọn đơn vị để tính chi phí cho năng lượng	106
<b>Hình 5.10</b>	Giao diện phần 2-vận hành (Operations) của hệ thống hơi	108

<b>Hình 5.11</b>	Giao diện phần 3-Lò hơi (Boiler) của hệ thống hơi	108
<b>Hình 5.12</b>	Giao diện phần 4-Mức áp suất hơi (Header) của hệ thống hơi	109
<b>Hình 5.13</b>	Giao diện phần 5-Tuabin (Turbine) của hệ thống hơi	109
<b>Hình 5.14</b>	Giao diện phần Sơ đồ (Diagram) thể hiện một mô hình Cơ sở (Baseline model) của hệ thống hơi trong MEASUR	111
<b>Hình 5.15</b>	Giao diện phần Tổng kết chung (General Summary) và Tổng kết chi phí (Cost Summary) của hệ thống hơi	112
<b>Hình 5.16</b>	Giao diện Sơ đồ Sankey trong MEASUR	114
<b>Hình 5.17</b>	Hai lựa chọn để tiến hành phân tích (Assessment) hệ thống hơi trong MEASUR	115
<b>Hình 5.18</b>	Kết quả đánh giá sự về các chi phí tiết kiệm được cho hệ thống hơi theo kịch bản Scenario 1 được tính toán thiết lập trong MEASUR	117
<b>Hình 5.19</b>	Giao diện mục Báo cáo (tab "Report") trong MEASUR	119
<b>Hình 5.20</b>	Công cụ tính toán tổn thất theo khối thải (Stack Loss calculator) trong MEASUR	120
<b>Hình 5.21</b>	Kết quả tính tổn thất theo khối thải (Stack loss) của Boiler ở ví dụ 1	120
<b>Hình 5.22</b>	Giao diện Công cụ tính toán bộ hâm nước cấp (feedwater economizer Calculator) trong MEASUR	123

<b>Hình 5.23</b>	Giao diện Công cụ tính toán Thiết bị thu hồi nhiệt ngưng tụ (Heat recovery from condensing heat exchanger Calculator) trong MEASUR	125
<b>Hình 5.24</b>	Giao diện kết quả tính Tổn thất theo khói thải (Stack Loss calculator) trong MEASUR, khi lắp đặt bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers)	127
<b>Hình 5.25</b>	Sơ đồ biểu diễn hệ thống hơi khi có bố trí hạ áp nhanh (flash) nước ngưng cao áp để sản xuất hơi hạ áp trong MEASUR	128

## DANH MỤC BẢNG

<b>Bảng 3.1</b>	Ví dụ bảng tóm tắt các kết quả trung bình cho một hệ thống hơi công nghiệp từ SSST	44
<b>Bảng 4.1</b>	Hàm lượng oxy trong khói thải khuyến nghị áp dụng	53
<b>Bảng 5.1</b>	Nhiệt trị cao (Higher Heating Values - HHV) của một số loại nhiên liệu thông dụng	106
<b>Bảng 5.2</b>	Tổn thất theo khói thải (Stack loss) đối với nhiên liệu khí thiên nhiên	119

## CHƯƠNG 1

# GIỚI THIỆU

Chương này sẽ trình bày về các nhu cầu sử dụng hơi nước và ưu điểm của việc sử dụng để thấy vai trò của hơi nước trong các hệ thống công nghiệp. Sau đó trình bày tổng quát về phương pháp tiếp cận hệ thống trong việc tối ưu hóa hệ thống hơi.

### **1.1. Hệ thống hơi và các khu vực công nghiệp chính sử dụng hơi**

#### **1.1.1. Các lĩnh vực công nghiệp chính sử dụng**

Hơi nước (gọi tắt là hơi) là sản phẩm thu được khi đun nóng nước từ pha lỏng thành pha hơi. Hơi được dùng phổ biến trong công nghiệp cho các mục đích công nghệ như đun nấu, chưng cất các dung dịch, cô đặc và sấy các sản phẩm... Một số nhóm hộ tiêu thụ hơi chính có thể được liệt kê như sau:

❖ **Hệ tiêu thụ cỡ lớn:**

- Hóa dầu
- Lọc dầu
- Thực phẩm và đồ uống
- Nhựa
- Cao su
- Dệt may
- Dược phẩm
- Chế tạo, lắp ráp



❖ **Hệ tiêu thụ cỡ vừa:**

- Suối ấm thương mại cỡ lớn
- Nhà máy bia
- Giặt là công nghiệp
- Chế tạo kim loại
- Hệ thống chiller hấp thụ lớn



❖ **Hệ tiêu thụ nhỏ:**

- Điện tử
- Phòng sơn
- Hệ thống tạo ẩm



### 1.1.2. Ưu điểm của việc sử dụng hơi

- Nguồn gia nhiệt hiệu quả với nhiệt độ ổn định, có năng lượng chuyển đổi trên một đơn vị khối lượng cao nhất (dưới dạng nhiệt ẩn hóa hơi).
- Hiệu quả về chi phí để phân phối tới nơi sử dụng.
- Khi sử dụng hơi bão hòa, nhiệt độ và áp suất của nó có quan hệ nhiệt động lực với nhau, do đó nhiệt độ hệ thống có thể được kiểm soát rất chính xác bằng cách kiểm soát áp suất hơi đến hộ tiêu thụ cuối cùng.
- Có thể kiểm soát công suất nhiệt rất chính xác.
- Hơi có thể sử dụng trong truyền và chuyển đổi năng lượng linh hoạt do có thể sử dụng để gia nhiệt cũng như phát điện.
- Có thể ứng dụng tốt ở cả quy mô lớn và quy mô nhỏ.

### 1.2. Tình hình sử dụng năng lượng trong hệ thống hơi

Hiện nay, hơi vẫn là nguồn cấp nhiệt chính trong công nghiệp do đó có hàng nghìn lò hơi công nghiệp đang được sử dụng trong cả nước. Tuy nhiên, nhiều lò hơi và mạng hơi hiện nay, đặc biệt là các lò hơi thế hệ cũ vẫn bị đánh giá là có hiệu suất sử dụng nhiên liệu thấp, mức độ tự động hóa chưa cao nên chưa hiệu quả về mặt kinh tế. Về nhiên liệu, hiện nay các lò hơi công nghiệp chủ yếu sử dụng sinh khối (biomass), than

nội địa, than nhập khẩu làm nhiên liệu. Chỉ rất ít một số lò hơi đốt dầu, đốt gas hiện đang được sử dụng.

Một số doanh nghiệp vẫn chưa áp dụng hiệu quả các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong hệ thống lò hơi và mạng nhiệt. Các lò hơi khi được sản xuất hầu hết đều có hiệu suất năng lượng khá cao, nhưng trong quá trình vận hành hiệu suất năng lượng có thể bị suy giảm do cách thức vận hành không phù hợp. Điều này dẫn đến chi phí vận hành cao hơn so với các đơn vị khác cũng sử dụng công nghệ tương tự nhưng có phương thức quản lý vận hành tốt hơn... Việc nâng cao hiệu quả và tối ưu hóa hệ thống hơi có thể mang lại nhiều lợi ích cho doanh nghiệp và đất nước:

- Đối với doanh nghiệp, tiết kiệm năng lượng là tối ưu vận hành thiết bị sử dụng năng lượng tiết kiệm hiệu quả, tăng cường khai thác thiết bị giờ thấp điểm, bảo trì nâng cao tuổi thọ thiết bị, ổn định sản xuất, giảm thất thoát trong toàn bộ hệ thống sản xuất, giảm phát thải khí nhà kính.
- Do các nguồn tài nguyên hóa thạch (than, dầu, khí, các sản phẩm từ dầu mỏ,...) đang dần cạn kiệt, việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả là giải pháp thiết thực, góp phần quan trọng đảm bảo an ninh năng lượng, giảm tình trạng nóng lên toàn cầu.

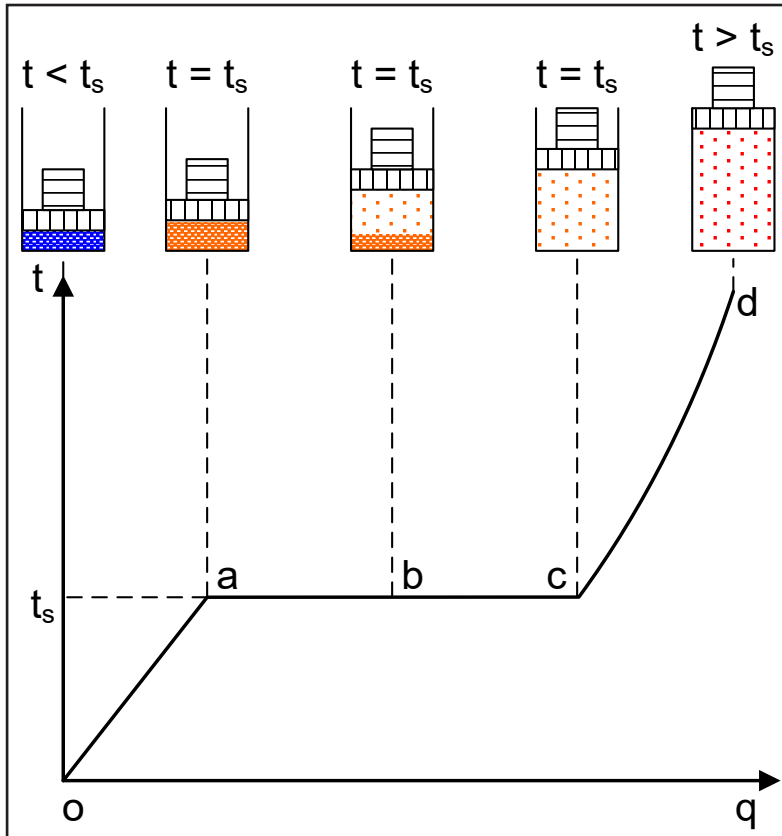
- Việt Nam đã tuyên bố đạt phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 tại Hội nghị COP 28. Trong cơ cấu phát thải khí nhà kính của Việt Nam, lĩnh vực năng lượng có tỷ trọng phát thải lớn nhất, chiếm 65% tổng phát thải.

## CHƯƠNG 2

# CÁC VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ HƠI VÀ HỆ THỐNG HƠI TRONG CÔNG NGHIỆP

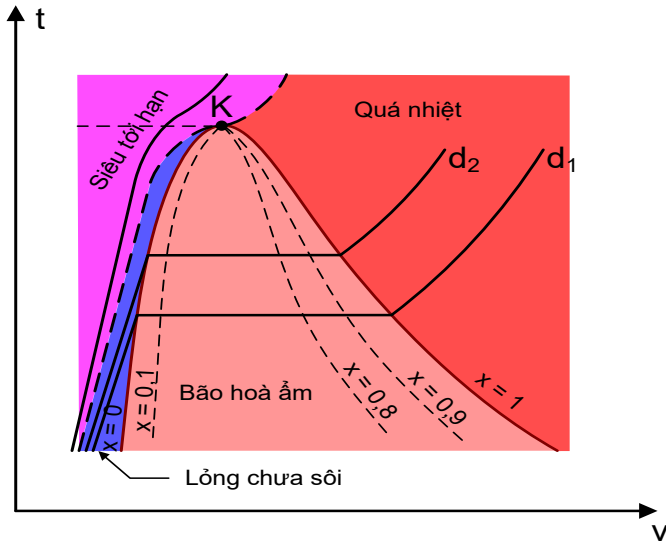
### 2.1. Cơ sở lý thuyết nhiệt động của hơi

Hơi nước về bản chất là nước ở dạng hơi, hình thành sau khi nước lỏng được đun sôi ở nhiệt độ cao. Quá trình hóa hơi hay quá trình sôi thường được diễn ra trong các ống hay không gian mở nên quá trình sôi được coi là có áp suất không đổi. Hình 2.1 và 2.2 thể hiện thí nghiệm về quá trình hóa hơi ở áp suất không đổi và các khái niệm về các trạng thái của nước trong quá trình hóa hơi. Trong quá trình hóa hơi của nước, các trạng thái của nước gồm: Nước chưa sôi là nước có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ sôi tại áp suất vận hành, lỏng sôi là thời điểm lỏng bắt đầu sôi, có nhiệt độ bằng nhiệt độ sôi nhưng chưa hóa hơi, hơi bão hòa ẩm là hỗn hợp của lỏng sôi và hơi. Hơi bão hòa khô là hơi có nhiệt độ bằng nhiệt độ sôi nhưng không có lỏng. Hơi quá nhiệt là hơi có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ sôi ở áp suất vận hành. Các thông số nhiệt vật lý của hơi được xác định bằng số liệu dưới dạng bảng, đồ thị Mollier hoặc các phương trình trạng thái hoặc các phần mềm chuyên dụng. Trong Chương 5 của tài liệu sẽ giới thiệu công cụ MEASUR để xác định các thông số nhiệt vật lý của hơi.



**Hình 2.1. Minh họa về quá trình hóa hơi**

$o$ : lỏng chưa sôi;  $a$ : lỏng sôi;  $b$ : hơi bão hòa ẩm;  
 $c$ : bão hòa khô;  $d$ : hơi quá nhiệt;



**Hình 2.2. Đồ thị trạng thái của hơi**

## 2.2. Các bộ phận cơ bản của hệ thống hơi

### 2.2.1. Các thành phần cơ bản của hệ thống hơi

#### a) Khu vực sản xuất hơi

- Lò hơi
- Thiết bị phụ trợ của lò hơi
- Thiết bị xử lý nước
- Bình khử khí
- Thiết bị lưu trữ và chuẩn bị nhiên liệu

### *b) Hệ thống phân phối hơi*

- Đường ống hơi
- Trạm giảm áp

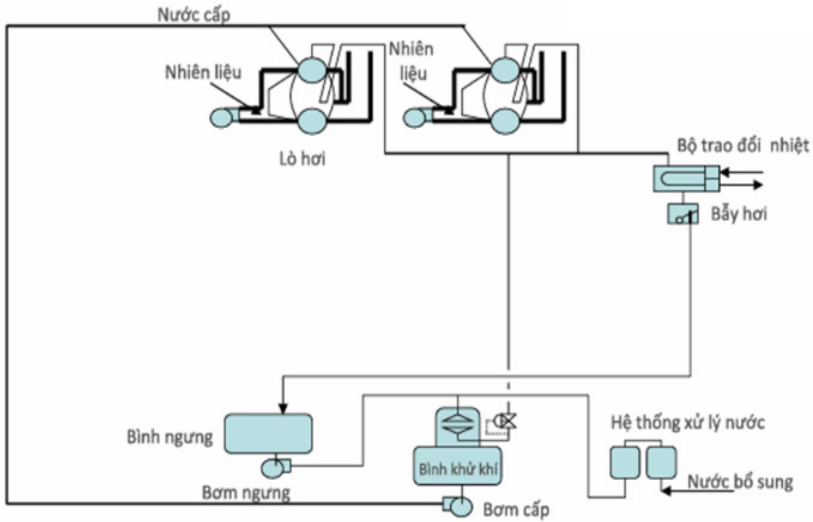
### *c) Thiết bị sử dụng hơi*

- Tuabin hơi nước
- Bộ trao đổi nhiệt
- Vòi phun hơi trực tiếp
- Cột chưng cất phân đoạn
- Thiết bị bay hơi

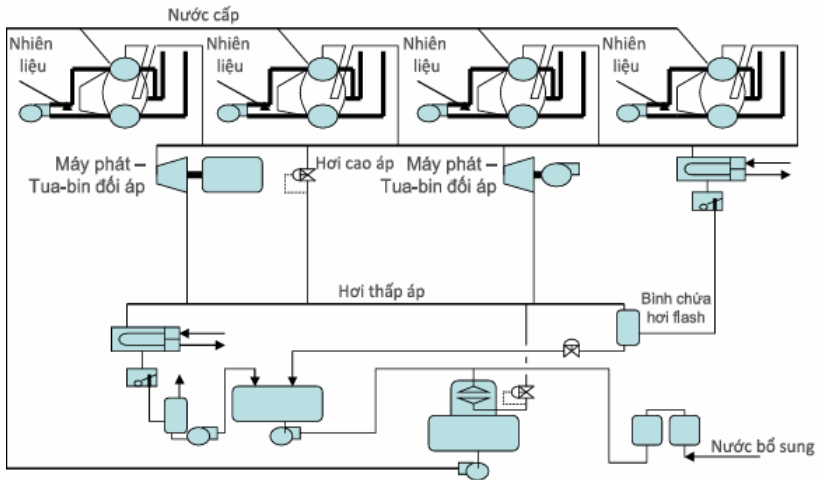
### *d) Hệ thống thu hồi nước ngưng*

- Bẫy hơi
- Hệ thống thu hồi, bình chứa nước ngưng
- Bơm nước ngưng

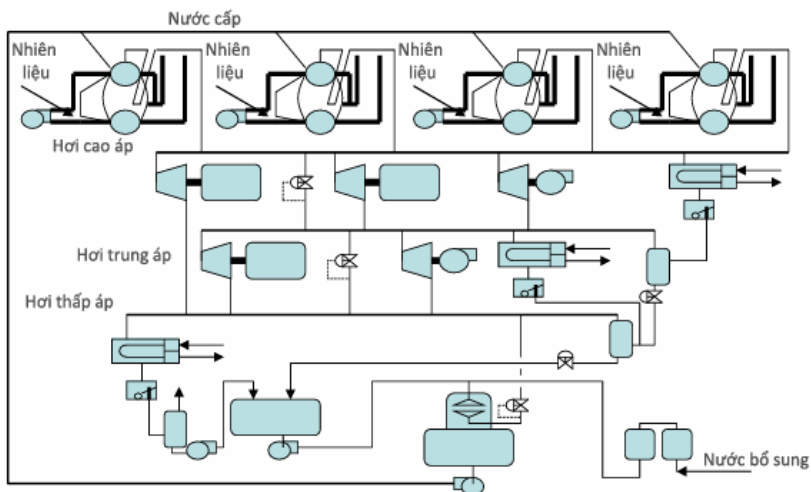
Hình 2.3-2.5 thể hiện sơ đồ hệ thống hơi có 1 mức áp suất, 2 mức áp suất và 3 mức áp suất thường gặp trong thực tế thường gặp.



**Hình 2.3. Hệ thống 1 mức áp suất**



**Hình 2.4. Hệ thống 2 mức áp suất**



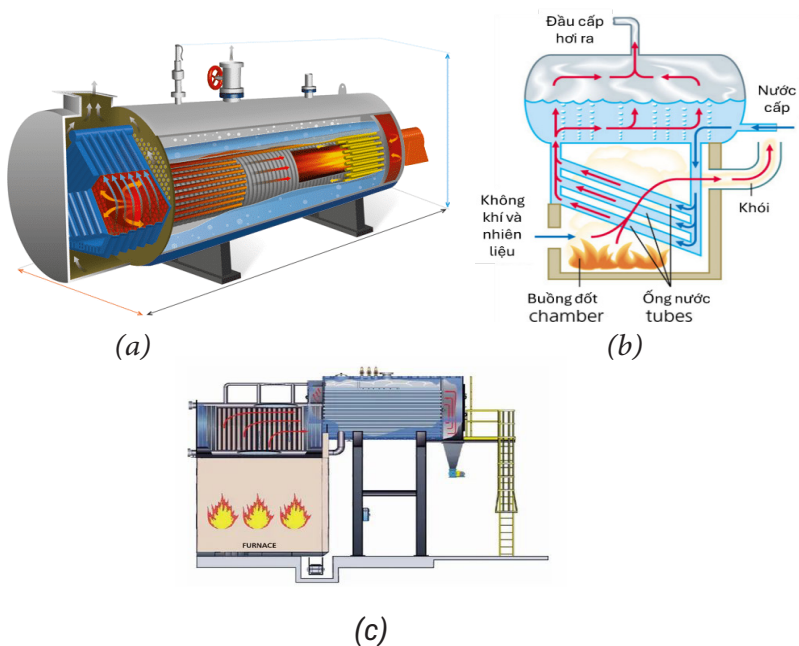
**Hình 2.5. Hệ thống 3 mức áp suất**

## 2.2.2. Khu vực sản xuất hơi

### ❖ Lò hơi

Lò hơi là thiết bị sử dụng nhiệt năng (thường là từ quá trình đốt nhiên liệu) để đun nước thành hơi có áp suất và nhiệt độ cần thiết, phục vụ cho các quá trình công nghệ. Nếu xét theo góc độ chuyển động của nước và khói trong lò, lò hơi được chia thành 2 dạng chính: Lò hơi ống lửa và lò hơi ống nước. Dạng lò hơi tổ hợp ống lửa - ống nước cũng đang được sử dụng khá phổ biến ở Việt Nam (xem hình 2.6). Để lò hơi hoạt động được và hiệu quả thường kèm theo các thiết bị phụ trợ. Các thiết bị phụ trợ này thường được lắp chung với thân lò và được gọi chung là thiết bị lò hơi.

- Quạt: Tùy theo dạng đường đi của khí có quạt thổi (quạt gió), quạt hút (quạt khói)
- Bộ sấy không khí
- Bộ hâm nước
- Van lưu lượng nhiên liệu và điều khiển quá trình cháy
- Thiết bị/hệ thống kiểm soát không khí thừa
- Cảm biến nhiệt độ, nồng độ...
- Thiết bị thổi bụi - dùng hơi hoặc khí nén
- Thiết bị xử lý khói thải.



**Hình 2.6. Cấu trúc các dạng lò hơi ống lửa (a) và ống nước (b) và dạng tổ hợp ống lửa - ống nước (c)**



**Hình 2.7. Hình ảnh một số thiết bị phụ trợ**

**❖ Thiết bị lưu trữ và chuẩn bị nhiên liệu**

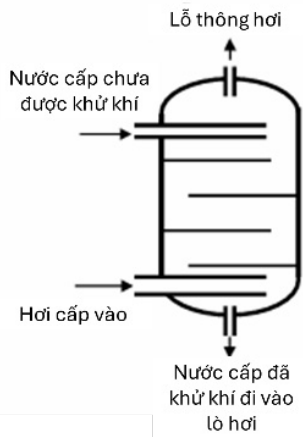
Chủ yếu dùng cho nhiên liệu rắn và lỏng gồm kho bãi, bình bồn chứa.



**Hình 2.8. Lưu trữ và xử lý nhiên liệu**

### ❖ Bình khử khí

Chức năng của bình khử khí chủ yếu là loại bỏ oxy và khí carbonic hòa tan trong nước cấp cho lò hơi (bao gồm cả nước bổ sung và nước ngưng). Bình khử khí có thể được thiết kế dạng phun hoặc kiểu đĩa (hình 2.9), có thể kết hợp với bộ gia nhiệt nước cấp và bể chứa. Trên bình khử khí luôn có 1 đường xả khí  $O_2$  và  $CO_2$  ra môi trường.



**Hình 2.9. Bình khử khí**

### ❖ Bom

Bơm nước cấp, bơm nước ngưng, bơm nước bổ sung, các nhu cầu phụ trợ khác.

### ❖ Thiết bị xử lý nước

Thiết bị xử lý nước thực hiện chức năng xử lý nước cấp vào lò hơi và nước trong lò. Đối với nước ngoài lò, 2 phương pháp xử lý cơ học (bình lọc) và xử lý độ cứng bằng hóa chất hoặc trao đổi ion có thể được sử dụng. Đối với nước trong lò, bơm định lượng hóa chất vào nước lò để ngăn chặn việc đóng cặn.



**Hình 2.10. Thiết bị xử lý nước**

### 2.2.3. Hệ thống phân phối hơi

#### ❖ Đường ống dẫn hơi

Hệ thống phân phối hơi được sử dụng để vận chuyển hơi tới nơi tiêu thụ cuối cùng. Hệ thống thường gồm các đường ống được bọc cách nhiệt và các hệ thống giá treo, đỡ.

#### ❖ Trạm giảm áp

Đối với hệ thống hơi có hệ tiêu thụ có áp suất vận hành nhỏ hơn áp suất đầu cấp, trên đường ống sẽ lắp

đặt các trạm giảm áp hay van giảm áp. Trạm giảm áp dùng để kiểm soát lưu lượng và áp suất hơi, cân bằng áp suất ống góp. Trạm giảm áp được vận hành dựa trên một vòng tín hiệu phản hồi và luôn phải có một đường nối tắt trong trường hợp khẩn cấp và sửa chữa.



**Hình 2.11. Đường ống cấp hơi**

## 2.2.4. Hệ tiêu thụ hơi

Hệ tiêu thụ hơi gồm 3 nhóm chính: nhóm hệ sử dụng nhiệt (các thiết bị trao đổi nhiệt), nhóm chuyển đổi nhiệt năng sang cơ năng (tuabin hơi) và nhóm các hệ tiêu thụ hơi công nghệ.

### ❖ Bộ trao đổi nhiệt

Trong thiết bị, hơi nước truyền nhiệt năng cho chất tải nhiệt và ngưng tụ lại. Các thiết bị trao đổi nhiệt có nhiều dạng khác nhau như dạng ống vỏ, dạng tấm, ống lồng ống, xoắn ốc.

### ❖ Tuabin hơi

Tuabin hơi là thiết bị chuyển đổi năng lượng nhiệt thành cơ năng quay của trục máy phát điện. Bên cạnh đó, tuabin hơi còn được sử dụng để dẫn động thay cho động cơ điện, và trong nhiều trường hợp cho hiệu quả tiết kiệm năng lượng rất cao. Tuy nhiên, các nội dung về tuabin hơi sẽ không được đề cập trong tài liệu này.

### ❖ Các hệ tiêu thụ hơi công nghệ

Hơi có thể đưa tới các thiết bị sử dụng hơi nhằm phục vụ cho các quá trình sản xuất gồm thiết bị sấy hơi gia nhiệt thực phẩm, nồi nấu...

## 2.2.5. Hệ thống thu hồi

Hệ thống thu hồi nước ngưng gồm các bể/cốc nước ngưng, hệ thống bồn chứa thu hồi, bơm vận chuyển nước ngưng và đường ống vận chuyển nước ngưng.

### ❖ Bẫy hơi

Bẫy hơi hoặc cốc ngưng được lắp đặt trên đường ống cấp hơi và sau các hộ tiêu thụ hơi. Chức năng của bẫy là tách riêng phần nước ngưng để đưa về bể chứa, tránh lẫn hơi vào nước về bể chứa để giảm tổn thất năng lượng.

### ❖ Bình chứa nước ngưng

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



**Hình 2.12. Bình chứa nước ngưng**

## Hệ thống bơm nước ngưng

Nước ngưng là nước nóng được hình thành khi hơi bão hòa ngưng tụ và cung cấp nhiệt hữu ích cho quá trình dưới dạng nhiệt ẩn. Hệ thống thu hồi nước ngưng là một phần quan trọng trong các hệ thống lò hơi công nghiệp. Nước ngưng sau khi ngưng tụ được bơm trở về tái sử dụng làm nước cấp cho lò hơi.

### 2.3. Một số quy định về vận hành an toàn hệ thống hơi

Hệ thống hơi gồm những thiết bị có tiềm ẩn nguy cơ gây tai nạn lao động nghiêm trọng. Do đó, bên cạnh việc vận hành hiệu quả thì phải vận hành an toàn. Việc quản lý, sử dụng, kiểm định, bảo dưỡng, sửa chữa lò hơi và hệ thống hơi phải tuân thủ các quy định về an toàn lao động được nhà nước ban hành.

#### 2.3.1. Những mối nguy hiểm khi sử dụng lò hơi

- Nguy cơ nổ (nổ vật lý): do kết cấu và vật liệu chế tạo lò hơi không đảm bảo an toàn; không có chế độ kiểm tra định kỳ để phát hiện tình trạng kết cấu thiết bị không có khả năng chịu áp lực.
- Nguy cơ bỏng: do hơi nóng bị rò rỉ qua các van khóa, van an toàn, bể ống thủy sáng, than cháy văng bắn qua cửa lò,... do va chạm, tiếp xúc với các bộ phận thiết bị có nhiệt độ cao.

- Các chất nguy hiểm và có hại: môi trường làm việc có nhiều bụi, nóng, không thông thoáng, tích tụ hơi khí độc (CO, CO<sub>2</sub>,...).
- Điện giật: do các thiết bị điện đi kèm lò hơi không được lắp đặt đảm bảo an toàn đúng kỹ thuật.

### 2.3.2. Quy tắc an toàn

Lò hơi là thiết bị có yêu cầu nghiêm ngặt về máy, thiết bị, vật tư, chất có yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ và phải được quản lý theo đúng quy định của pháp luật theo:

- Luật ATVSLĐ năm 2015.
- Nghị định số 44/2016/NĐ-CP ngày 15/5/2016 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật ATVSLĐ về hoạt động kiểm định kỹ thuật an toàn lao động, huấn luyện ATVSLĐ và quan trắc môi trường lao động.
- Thông tư số 36/2019/TT-BLĐTBXH ngày 30/12/2019: Ban hành Danh mục các loại máy, thiết bị, vật tư, chất có yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ.
- Thông tư số 06/2020/TT-BLĐTBXH ngày 20/8/2020: Ban hành Danh mục công việc có yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ.
- QCVN 01:2008/BLĐTBXH, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về An toàn lao động nổi hơi và bình chịu áp lực.

Để đảm bảo an toàn khi sử dụng, vận hành lò hơi, về mặt kỹ thuật an toàn cần đảm bảo những điều tối thiểu sau:

- Lò hơi phải được chế tạo và lắp đặt đúng tiêu chuẩn kỹ thuật an toàn, trước khi đưa vào sử dụng phải được kiểm định kỹ thuật an toàn, đăng ký sử dụng theo quy định. Người sử dụng lao động của doanh nghiệp phải giao trách nhiệm quản lý thiết bị cho cơ quan quản lý thiết bị bằng văn bản. Không được phép đưa vào vận hành các lò hơi chưa được đăng kiểm. Không đưa lò hơi vào hoạt động khi các thiết bị an toàn không đảm bảo, ví dụ: van an toàn chưa được cân chỉnh và niêm chì đúng quy định; áp kế hoạt động không chính xác, mặt kính bị vỡ, mất kim.
- Chỉ những người từ 18 tuổi trở lên, có đủ sức khỏe, đã được huấn luyện và sát hạch đạt yêu cầu về kiến thức chuyên môn, quy trình kỹ thuật an toàn vận hành thiết bị chịu áp lực được cấp chứng chỉ nghề và thẻ huấn luyện an toàn lao động mới được giao vận hành thiết bị. Người sử dụng lao động phải ra quyết định giao trách nhiệm bằng văn bản.
- Lập tức đình chỉ sử dụng lò hơi trong các trường hợp: Một là, khi áp suất trong lò hơi tăng quá mức cho phép mặc dù các yêu cầu khác quy định trong quy trình vận hành thiết bị đều bảo đảm. Hai là, khi các cơ cấu, thiết bị an toàn không đảm bảo. Ba là, khi phát hiện

thấy các bộ phận chịu áp lực chính của lò hơi có vết nứt, phồng, gỉ mòn đáng kể, xì hơi, nước ở các mối nối, mối hàn, các miếng đệm bị xé,... Bởi là, khi áp kế hư hỏng và không có khả năng xác định áp suất trong lò hơi bằng một dụng cụ nào khác. Các trường hợp khác theo quy định trong quy trình vận hành.

- Tất cả đồ dùng, dụng cụ phải để gọn gàng vào nơi quy định. Khu vực xung quanh lò hơi phải gọn gàng không gây trở ngại cho công nhân vận hành trong quá trình thao tác.
- Khi vệ sinh sửa chữa lò hơi phải chờ lò hơi nguội hẳn, sau đó mở hết cửa thông hơi mới cho người vào làm việc.
- Lò hơi đốt dầu các ống dẫn phải kín không để rò rỉ. Nếu có dầu rơi vãi phải lau sạch ngay. Ống dẫn hơi, dẫn nước nóng phải được cách nhiệt.
- Các vật liệu dễ cháy nổ phải để xa lò hơi ít nhất 10m.
- Cấm hàn, sửa chữa lò hơi và các bộ phận chịu áp lực của thiết bị khi còn áp suất.

## CHƯƠNG 3

# PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN HỆ THỐNG HƠI

### 3.1. Tổng quan về phương pháp tiếp cận toàn hệ thống hơi

Phương pháp tiếp cận hệ thống là giải pháp để vận hành và bảo trì hệ thống thiết bị nhà máy hiệu quả về mặt chi phí, xem xét đến toàn bộ hệ thống, không chỉ riêng từng thiết bị. Phải phân tích cả phía cung và cầu của hệ thống và tác động qua lại giữa chúng để xem xét cơ hội tiết kiệm năng lượng và chi phí tốt hơn đáng kể so với phân tích từng thiết bị riêng lẻ.

Đối với hệ thống hơi, lấy ví dụ như việc xử lý nước cấp có thể làm tăng mạnh chi phí hóa chất xử lý nước nhưng lại làm giảm chi phí vận hành của cả hệ thống. Việc tăng hệ số không khí thừa có thể làm tăng tổn thất khói thải nhưng lại làm giảm tổn thất cháy không hoàn toàn. Các ví dụ trên cho thấy việc đánh giá hệ thống hơi cần phải được tiếp cận trên quan điểm hệ thống.

### **3.1.1. Các bước thực hiện 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 khu 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.
- Theo dõi hiệu suất tổng thể của hệ thống.

### **3.1.2. Tối ưu hóa hệ thống hơi nước (SSO)**

#### *Nguyên tắc tối ưu hóa hệ thống*

- Cần tuân theo phương pháp tiếp cận hệ thống;
- Cần tập trung vào cách quản lý năng lượng của hệ thống;
- 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 theo các “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 việc tối ưu hóa hệ thống hơi.

### *Nguyên tắc khi phân tích hệ thống hơi nước*

- ❖ Phân tích hệ thống ở trạng thái ổn định:
  - Bỏ qua các yếu tố phụ thuộc vào thời gian;
  - Không xem xét các yếu tố như thay đổi tải của hệ tiêu thụ;
  - Bỏ qua các điều kiện khởi động, dừng lò hơi,...
- ❖ Sử dụng điều kiện vận hành trung bình.
- ❖ Tính thời vụ, tỷ lệ sản xuất có thể được xử lý bằng phương pháp Phân loại dữ liệu thống kê (bin analysis).
- ❖ Phân tích mức độ ảnh hưởng (impact) được thực hiện trên các hệ thống.

### *Các công cụ để đánh giá hệ thống hơi*

- ❖ Để đánh giá đúng hệ thống hơi nước phải hiểu rõ tính chất vật lý của từng quá trình, từng khâu trong hệ thống hơi về mặt nhiệt động, truyền nhiệt và lưu động.
- ❖ Đo lường các thông số như nhiệt độ, áp suất, lưu lượng.

- ❖ Sử dụng các bộ công cụ sẵn có:
  - Công cụ đánh giá hệ thống hơi - Steam System Scoping Tool (SSST);
  - Công cụ US DOE MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ;
  - Phần mềm đánh giá bảo ôn - Insulation evaluation software – 3E Plus.

## **3.2. Sử dụng Công cụ đánh giá hệ thống hơi (Steam System Scoping Tool) (SSST) để xác định định tính các cơ hội vận hành tối ưu**

Trước khi vào phân tích chi tiết về hệ thống hơi, điều cần thiết là phải hiểu được hệ thống hơi một cách sơ lược. Bước tiếp theo là xác định các vùng tiềm năng để xem xét và sau đó mới là thực hiện các bước đánh giá định lượng năng lượng của hệ thống và các tác động về kinh tế.

Hoạt động đánh giá có thể được thực hiện bằng một số phương pháp như: Đưa ra các câu hỏi trực tiếp cho người sử dụng, gọi điện phỏng vấn, yêu cầu người của nhà máy trả lời câu hỏi vào mẫu. Một trong những công cụ được sử dụng để rà soát toàn bộ hệ thống là Công cụ đánh giá hệ thống hơi - Steam System Scoping Tool (SSST) của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ.

### **3.2.1. Khái quát về công cụ 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.

SSST chia hệ thống hơi thành các khu vực tập trung điển hình. SSST 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 dùng để xác định các lĩnh vực cơ hội cải tiến tiềm năng. SSST không dùng để định lượng các cơ hội tiết kiệm năng lượng.

### **3.2.2. Đối tượng người dùng SSST**

- ❖ Nhà máy sản xuất công nghiệp:
  - Giám đốc nhà máy;
  - Quản lý nhà máy;
  - Kỹ sư vận hành nhà máy.
- ❖ Các đơn vị tư vấn tối ưu hóa hệ thống hơi.

### **3.2.3. Sơ lược về SSST**

- ❖ Phiên bản SSST:
  - SSST là một phần mềm được phát triển dựa trên nền MS-Excel
- ❖ Có khoảng 26 câu hỏi định tính. Các câu hỏi này được chia thành các phần sau:
  - Cấu hình hệ thống;
  - Thực hiện vận hành hệ thống tổng thể;
  - Thực hiện vận hành lò hơi;
  - Thực hiện phân phối, hộ tiêu thụ cuối, thu hồi.

Sau khi hoàn thành các câu hỏi trong SSST, trang Kết quả sẽ cung cấp cho người sử dụng điểm mang tính chất định hướng để người vận hành xác định cơ hội vận hành tối ưu hóa hệ thống.

*Các bước sử dụng SSST:*

- Mở file SSST;
- Xác định các dữ liệu đầu vào cần thiết;
- Lấy dữ liệu đầu vào;
- Tùy chọn điền phần dữ liệu cơ bản của hệ thống hơi (bảng 2 – File SSST);
- Trả lời các phần của SSST ở từng bảng tính trong excel (từ bảng 3 tới bảng 6 – File SSST);
- Màn hình hiện kết quả tóm tắt, ghi chú điểm đạt được ở các phần chính (bảng 7 – File SSST);
- So sánh điểm đạt được với điểm của các nhà máy tương tự;
- Xác định các cơ hội cải tiến hệ thống hơi;
- Sử dụng các tài nguyên được xác định trong phần “các bước tiếp theo” để hỗ trợ triển khai cải tiến hệ thống hơi (bảng 8 – File SSST).

Bảng 3.1 là ví dụ bảng tóm tắt các kết quả trung bình từ hơn 150 đánh giá cho một hệ thống hơi công nghiệp từ công cụ SSST.

**Bảng 3.1. Ví dụ bảng tóm tắt các kết quả trung bình  
cho một hệ thống hơi công nghiệp từ SSST**

Tóm tắt các kết quả rà soát từ các khu vực	Điểm tối đa	Điểm cụ thể
Cấu hình hệ thống hơi	90	57 (63%)
Vận hành hệ thống hơi	140	97 (69%)
Vận hành sản xuất hơi	80	50 (63%)
Phân phối, tiêu thụ, thu hồi	30	17 (58%)
Tổng điểm từ công cụ	340 100%	222 65%

Trong bảng trên, công tác vận hành tốt nhất là vận hành hệ thống hơi 69%, công tác vận hành chưa hiệu quả ở hạng mục phân phối hơi, hệ tiêu thụ và thu hồi nhiệt với 58%. Nhìn chung là 65% - mức điểm khiêm tốn nên cơ hội khá nhiều để cải thiện hệ thống hơi nước.

### **Tóm lại các điểm chính và mục cần hành động của SSST:**

- Sử dụng phương pháp tiếp cận hệ thống (phân tích chênh lệch, so sánh với các thực hành tốt -

BestPractices) để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng tiềm năng có thể áp dụng trong hệ thống hơi nước;

- Công cụ đánh giá hệ thống hơi nước (SSST) của DOE Hoa Kỳ có thể được sử dụng để xác định những cơ hội cải tiến này;
- Hoàn toàn miễn phí;
- SSST cũng có thể được sử dụng làm bảng câu hỏi để thu thập thông tin sơ bộ ở cấp độ nhà máy;
- Chứa 26 câu hỏi và không mất quá 30 phút để hoàn thành.

### **3.3. Một số thiết bị đo sử dụng trong xây dựng hồ sơ hệ thống hơi**

Để đánh giá được hiệu suất và các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, việc đo và xác định chính xác các thông số của quá trình sản xuất, sử dụng hơi và tuần hoàn nước ngưng là rất cần thiết. Đối với hơi nước, hai thông số cần sử dụng để xác định trạng thái của hơi là áp suất và nhiệt độ.

Việc đo nhiệt độ có thể được thực hiện thông qua các can nhiệt hoặc đầu đo nhiệt điện trở gắn sẵn trong đường ống. Các can nhiệt hay đầu đo nhiệt điện trở có bộ hiển thị số và có thể được truyền tải về phòng điều khiển trung tâm. Do đó, khi đánh giá hệ thống chúng ta thường sử dụng các thông số

đo nhiệt độ từ hệ thống đo có sẵn của nhà máy. Một số nhà máy sử dụng các đồng hồ cơ để đo nhiệt độ và hiển thị trực tiếp tại vị trí đo.



**Hình 3.1. Đầu đo loại can nhiệt hoặc nhiệt điện trở đi kèm với bộ hiển thị và đầu đo nhiệt độ cơ hiển thị tại chỗ**

Đối với thông số áp suất, nhà máy cũng thường sử dụng sensor áp suất kèm theo bộ hiển thị hoặc đồng hồ áp suất cơ. Việc lắp đặt thêm các sensor hay đồng hồ cơ vào hệ thống thường không được phép, do đó người đánh giá sẽ sử dụng giá trị đo của nhà máy cung cấp. Tuy nhiên đối với cả giá trị đo nhiệt độ và áp suất, việc đánh giá độ tin cậy của thiết bị đo là hết sức cần thiết. Các số liệu phải có tính thống nhất với các quy luật vật lý như áp suất phải giảm dần từ lò hơi, ống góp đến hệ tiêu thụ. Các số liệu không phù hợp cần phải được loại bỏ, không đưa vào tính toán.

Đối với thông số lưu lượng hơi, chỉ một số ít nhà máy hiện nay có đồng hồ đo lưu lượng hơi. Thông thường, lưu lượng hơi sẽ được xác định dựa trên các thông số thiết kế và cân bằng

vật chất của hệ thống.

Đối với hệ thống khói thải, việc sử dụng các thiết bị phân tích thành phần khói thải là rất cần thiết. Các thiết bị này cho phép xác định hàm lượng CO có trong khói, hàm lượng oxy dư và nhiệt độ khói. Từ các thông số trên cho phép xác định được tổn thất do cháy không hoàn toàn cũng như tổn thất do khói thải mang đi.



**Hình 3.2. Thiết bị phân tích khói thải**

Một số thiết bị đo cầm tay khác như thiết bị đo nhiệt độ đầu dò que thăm có thể được sử dụng để xác định nhiệt độ nước ngưng hồi về, nước cấp mới. Thiết bị đo nhiệt độ hồng ngoại sử dụng để đo nhiệt độ bề mặt phục vụ việc tính toán

tổn thất nhiệt. Một số thiết bị khác như thiết bị đo điện được sử dụng để xác định chế độ làm việc của bơm quạt. Các thiết bị xác định rò rỉ bằng siêu âm và đồng hồ bấm tay cũng rất hữu ích khi xác định lượng hơi rò rỉ hay lượng nước xả lò. Các thiết bị này rất hữu ích cho việc đánh giá chính xác hiệu suất của hệ thống hơi. Một số thiết bị mà Dự án sử dụng trong quá trình thực hiện được trình bày trong Phụ lục B.

## CHƯƠNG 4

# CÁC CƠ HỘI TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG

Một hệ thống hơi gồm các bộ phận cơ bản như trong Hình 4.1. Trong phần này sẽ trình bày các cơ hội tiết kiệm năng lượng trong hệ thống. Việc đánh giá hiệu quả của các cơ hội tiết kiệm năng lượng được dựa trên việc xác định hiệu suất lò hơi trước và sau khi thực hiện. Hiệu suất  $\eta_{lò\ hơi}$  (%) của lò hơi được xác định theo công thức:

$$\eta_{lò\ hơi} = 100 - \lambda_{vò\ lò} - \lambda_{xà\ lò} - \lambda_{khoi\ thai} - \lambda_{khac} \quad (4.1)$$

Trong đó,  $\lambda_{vò\ lò}$  là tổn thất qua vỏ lò (%);  $\lambda_{xà\ lò}$  là tổn thất do xả lò (%);  $\lambda_{khoi\ thai}$  là tổn thất theo khói thải (%); và  $\lambda_{khac}$  là các dạng tổn thất khác (%) bao gồm tổn thất cháy không hết, tổn thất do xỉ thải,... Việc xác định hiệu suất theo công thức trên được gọi là phương pháp gián tiếp. Phương pháp này có ưu điểm cơ bản là chính xác và có khả năng đánh giá định lượng được các loại tổn thất. Từ việc xác định được các loại tổn thất cụ thể, người vận hành có thể đưa ra các giải pháp tối ưu hóa hệ thống hơi phù hợp.



## 4.1. Khu vực sản xuất

### 4.1.1. Điều chỉnh lượng không khí thừa tối ưu

Quản lý quá trình cháy hợp lý yêu cầu cung cấp đủ lượng oxy cho buồng lửa để đốt cháy toàn bộ nhiên liệu, nhưng không được thêm quá nhiều không khí để đảm bảo rằng lượng nhiệt tổn thất là nhỏ nhất. Quản lý quá trình cháy đánh giá các phương pháp điều khiển quá trình cháy và bắt đầu với việc đo kiểm các tham số của quá trình cháy.

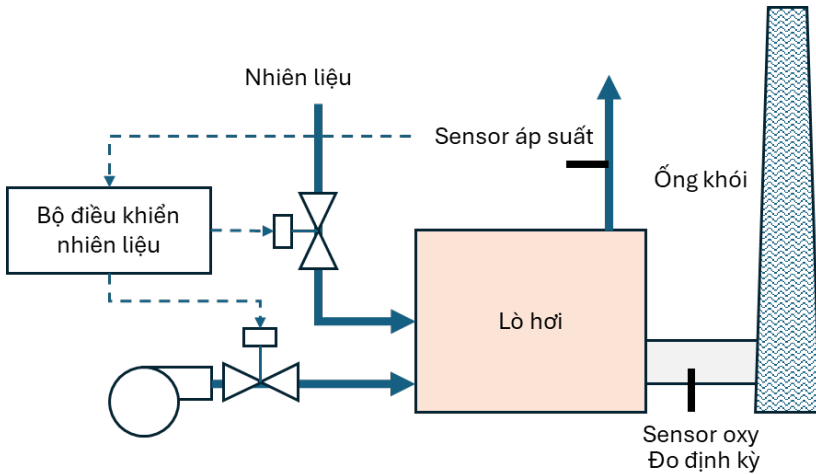
Thông thường đối với lò hơi, lượng nhiên liệu cấp vào lò được điều khiển bởi áp suất đầu ra của lò hơi hoặc áp suất tại ống góp hơi. Khi áp suất đầu cấp hơi giảm, bộ điều khiển sẽ tăng lượng nhiên liệu cấp vào lò hơi để tăng sản lượng hơi, đưa áp suất trở lại điểm cài đặt. Ngược lại, nếu áp suất tăng, lượng nhiên liệu cấp vào lò sẽ giảm xuống nhằm giảm bớt lượng hơi sinh ra.

Khi lượng nhiên liệu cấp cho quá trình cháy của lò hơi thay đổi, lượng không khí cấp vào cũng phải thay đổi tương ứng để duy trì quá trình cháy thích hợp. Có hai dạng cơ bản để điều khiển quá trình cháy:

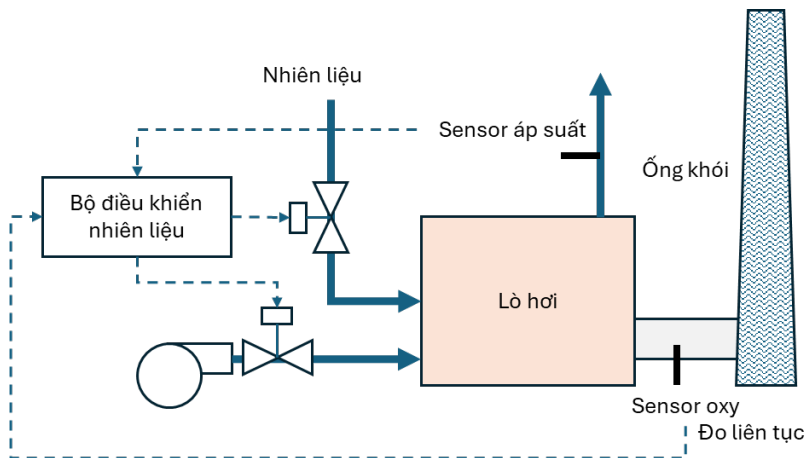
- Điều khiển theo vị trí: Điều khiển bằng cơ cấu liên kết cơ khí giữa van điều tiết gió và bộ điều khiển nhiên liệu như hình 4.2. Oxy và khí cháy chỉ được đo định kỳ để thiết lập quan hệ vị trí giữa bộ điều khiển cấp gió và bộ điều khiển cấp nhiên liệu. Việc đo định kỳ này

có thể đảm bảo lượng không khí sẽ giảm thiểu trong giới hạn điều khiển vị trí.

- Điều khiển tự động vị chỉnh lượng oxy: Là van điều chỉnh tự động lượng oxy, gió cấp vào lò được kiểm soát bằng cách kết hợp van điều khiển lưu lượng nhiên liệu và thiết bị đo hàm lượng oxy liên tục trong khói thải. Hình 4.3 thể hiện sơ đồ nguyên lý điều khiển tự động vị chỉnh oxy.



**Hình 4.2. Hệ thống điều khiển theo vị trí**



**Hình 4.3. Hệ thống điều khiển tự động vi chỉnh oxy**

**Bảng 4.1. Hàm lượng oxy trong khói thải khuyến nghị áp dụng**

Các thông số điển hình kiểm soát hàm lượng oxy trong khói thải								
Nhiên liệu	Điều khiển tự động O <sub>2</sub> khói thải		Điều khiển theo vị trí O <sub>2</sub> khói thải		Điều khiển tự động Không khí thừa		Điều khiển theo vị trí Không khí thừa	
	Min. [%]	Max. [%]	Min. [%]	Max. [%]	Min. [%]	Max. [%]	Min. [%]	Max. [%]
Dầu DO (#2FuelOil)	2,0	3,0	3,0	7,0	11	18	18	55
Dầu FO (#6 Fuel Oil)	2,5	3,5	3,5	8,0	14	21	21	65
Bột than (đốt phun)	2,5	4,0	4,0	7,0	14	25	25	50

Các thông số điển hình kiểm soát hàm lượng oxy trong khói thải								
Nhiên liệu	Điều khiển tự động O <sub>2</sub> khói thải		Điều khiển theo vị trí O <sub>2</sub> khói thải		Điều khiển tự động Không khí thừa		Điều khiển theo vị trí Không khí thừa	
	Min. [%]	Max. [%]	Min. [%]	Max. [%]	Min. [%]	Max. [%]	Min. [%]	Max. [%]
Than đốt trên ghi	3,5	5,0	5,0	8,0	20	32	32	65
Biomass	5,0	7,0	7,0	9,0	32	50	50	70

Trên cơ sở các công nghệ điều khiển thương mại tốt nhất hiện có, Bảng 4.1 đưa ra hàm lượng oxy trong khói thải (và không khí thừa) cho các lò hơi đốt các loại nhiên liệu khác nhau đối với cả hai phương pháp điều khiển. Các giá trị này chỉ mang tính định hướng. Đối với hệ thống hơi cụ thể, cần tiến hành thay đổi hàm lượng oxy trong khói thải để xác định được điểm làm việc tối ưu với từng loại nhiên liệu cụ thể trong điều kiện không phát sinh CO vượt quá giới hạn cho phép.

Nhìn chung, giá trị hàm lượng oxy trong khói thải mức cao sẽ tương ứng với phụ tải đốt thấp và giá trị oxy mức thấp sẽ tương ứng với phụ tải đốt cao. Hệ số không khí thừa trong bảng chỉ có tính chất tham khảo. Hàm lượng oxy trong khói thải là giá trị đo được. Hệ số không khí thừa được tính toán từ thành phần nhiên liệu và hàm lượng oxy trong khói thải.

Công thức tính toán tiết kiệm chi phí cho các cơ hội tiết kiệm năng lượng.

$$\sigma = K_{lo\ hoi} \left( 1 - \frac{\eta_{hien\ tai}}{\eta_{cai\ tao}} \right) \quad (4.3)$$

Trong đó,  $\sigma$  là chi phí nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 năm;  $K_{lo\ hoi}$  là tổng chi phí vận hành lò hơi hiện tại (thường tính bằng đơn giá nhiên liệu nhân với tổng lượng nhiên liệu tiêu thụ trong năm);  $\eta_{hien\ tai}$  và  $\eta_{cai\ tao}$  tương ứng là hiệu suất hiện tại của lò hơi và hiệu suất mới sau khi thực hiện điều chỉnh. Chi phí vận hành  $K_{lo\ hoi}$  được tính từ tổng chi phí nhiên liệu thực tế tiêu thụ trong 1 năm.

#### 4.1.2. Lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt

Có 2 loại thiết bị chính để thu hồi nhiệt từ khói thải thường gặp trong công nghiệp gồm:

- Bộ hâm nước cấp: Là một thiết bị trao đổi nhiệt được lắp đặt nhằm trao đổi nhiệt năng giữa khói thải và nước cấp vào lò hơi. Đây là loại thiết bị thu hồi nhiệt phổ biến nhất được lắp đặt trên lò hơi. Ngay cả khi trong cấu hình lò hơi không lắp đặt sẵn bộ hâm nước, thì việc lắp thêm một bộ hâm nước cấp trên đường khói có thể là cần thiết sau khi xem xét đến nhiệt độ khói thải và các đặc tính kỹ thuật khác của lò. Các thiết kế trao đổi nhiệt và công nghệ vật liệu tiên tiến hiện nay cho phép chế tạo các thiết bị thích ứng tốt với nhiệt độ và giảm thiểu trở lực đường khói, nhằm tăng tối đa khả năng thu hồi nhiệt với diện tích

truyền nhiệt tiết kiệm nhất. Ngoài ra, bộ hâm nước cấp rất nhỏ gọn và thường không gây ra sự thay đổi lớn nào về cấu trúc hay kích thước của hệ thống.

- Bộ sấy không khí: Là bộ gia nhiệt cho không khí trước khi đưa vào lò hơi bằng cách truyền nhiệt từ khói thải của lò. Thiết bị trao đổi nhiệt này giống như bộ hâm nước cấp, nhưng thay vì nhiệt được truyền cho nước cấp thì tại đây nhiệt được sử dụng để gia nhiệt không khí. Kết quả là sẽ làm giảm lượng nhiên liệu tiêu hao và qua đó làm tăng hiệu suất lò. Do quá trình trao đổi nhiệt xảy ra giữa khí – khí, bộ sấy không khí có kích thước lớn và thường gây ra tổn thất áp suất khá cao. Hầu hết các lò hơi công nghiệp sử dụng bộ sấy không khí đều có một quạt hút khói cưỡng bức để khắc phục tổn thất áp suất do trở lực này và để tránh hiện tượng áp suất dương ở buồng lửa. Ngoài ra, cần quan tâm để tránh hạ nhiệt độ khói thải trên đường khói xuống thấp hơn nhiệt độ đọng sương axit. Giới hạn nhiệt độ thấp nhất phụ thuộc vào hàm lượng lưu huỳnh có trong nhiên liệu. Hiện tượng đọng sương trong khói lò sẽ tạo ra axit sunfuric có tính ăn mòn rất cao sẽ làm hư hại các chi tiết kim loại và làm giảm độ tin cậy của lò hơi. Ngoài axit sunfuric, nếu nhiệt độ giảm thấp hơn nữa sẽ dẫn tới sự hình thành axit cacbonic. Đây có thể không phải là vấn đề cần quan tâm trong ngắn hạn vì axit này là một axit yếu, nhưng

trong thời gian dài thì điều này chắc chắn sẽ gây hư hại cho các bộ phận kim loại trên đường khói, nếu như các bộ phận này không được thiết kế và bố trí hợp lý.

### **4.1.3. Làm sạch bề mặt trao đổi nhiệt của lò hơi**

Bề mặt trao đổi nhiệt sẽ bị bám bẩn theo thời gian. Chất bám bẩn trên bề mặt trao đổi nhiệt sẽ làm tăng nhiệt trở truyền nhiệt và làm cho nhiệt độ khói thải tăng cao. Như đã trình bày ở các phần trên, điều này sẽ làm giảm hiệu suất của lò hơi do một lượng đáng kể năng lượng sẽ thoát ra ngoài theo khói thải. Do vậy, cần phải có một quy trình bảo dưỡng mang tính dự báo và phòng ngừa, nhằm duy trì việc làm sạch định kỳ các bề mặt truyền nhiệt trong lò hơi.

Bám bẩn bề mặt trao đổi nhiệt ở phía tiếp xúc với khói phụ thuộc vào chủng loại nhiên liệu, và đối với hầu hết các loại nhiên liệu khí và nhiên liệu cháy sạch thì sự bám bẩn có thể không đáng kể hoặc không xảy ra. Khi sử dụng dầu nặng và các nhiên liệu rắn trong lò hơi, một lượng đáng kể tro và muội than được tích tụ trên bề mặt ống tiếp xúc với khói của lò hơi. Chúng cần phải được loại bỏ bằng thiết bị thổi bụi hiệu quả. Thiết bị thổi bụi có cấu tạo từ các ống có gắn đầu phun hơi áp suất cao hoặc khí nén để phá vỡ lớp muội bám trên ống. Các lò hơi công nghiệp có lắp hệ thống thổi bụi sẽ được thiết lập chế độ thổi bụi định kỳ theo thời gian cho các khu vực khác nhau của lò hơi. Việc đảm bảo cho hệ thống làm việc chuẩn xác là rất quan trọng. Dấu hiệu trực tiếp về sự bám bẩn

bề mặt tiếp xúc với khói là sự gia tăng nhiệt độ khói thải, và xu hướng gia tăng nhiệt độ này sẽ cung cấp các thông tin giá trị để đánh giá hiệu quả của hệ thống thổi muối.

Bám bẩn bề mặt truyền nhiệt ở phía tiếp xúc với nước chịu sự ảnh hưởng của chất lượng nước lò và phụ thuộc trực tiếp vào áp suất lò hơi, chất lượng nước cấp và tỷ lệ xả lò. Bám bẩn bề mặt tiếp xúc với nước là “cáu cặn” bám trên bề mặt ống và làm gia tăng nhiệt trở truyền nhiệt. Lớp cáu cặn này phải được loại bỏ bằng cơ khí hoặc hóa chất khi lò hơi dừng hoạt động. Lớp cáu cặn làm gia tăng nhiệt độ của vách ống và gây ra một số dạng hư hỏng đối với ống lò hơi. Do đó, bám bẩn phía tiếp xúc với nước ảnh hưởng trực tiếp tới độ tin cậy cũng như hiệu suất tổng thể của lò hơi. Vì vậy, việc kiểm tra chiều dày lớp cáu cặn trong các đợt dừng lò bảo dưỡng hàng năm và định kỳ loại bỏ cáu cặn là hết sức quan trọng.

#### ***4.1.4. Cải thiện việc xử lý nước để giảm lượng nước xả đáy lò hơi***

Chất lượng nước cấp cho lò hơi bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi chất lượng nước bổ sung. Nước ngưng là loại nước sạch nhất trong hệ thống hơi. Nước bổ sung cần phải được xử lý trước khi cấp vào hệ thống. Hệ thống xử lý nước có thể được nâng cấp để cải thiện chất lượng nước cấp vào lò. Nước bổ sung cho lò hơi cần phải được xử lý phù hợp dựa theo các yêu cầu về chất lượng nước để đảm bảo cho lò hơi hoạt động tin cậy. Tiêu chuẩn nước cấp cho lò hơi công nghiệp được quy định

rõ theo TCVN 12728:2019. Tiêu chuẩn này có thể tóm tắt một số điểm chính như sau:

- Các loại lò hơi sau phải được trang bị thiết bị xử lý nước: Lò hơi trực lưu không giới hạn công suất; lò hơi tuần hoàn tự nhiên, tuần hoàn có trợ lực, hoặc cưỡng bức có công suất từ 1 tấn/h trở lên. Đối với lò hơi dưới 1 tấn/h, chiều dày lớp cặn tại các bề mặt trao đổi nhiệt không được lớn hơn 1mm.
- Cho phép sử dụng mọi phương pháp xử lý đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật được quy định trong tiêu chuẩn này.
- Đối với lò hơi ống lò - ống lửa, độ dẫn điện nước trong lò không vượt quá 7000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Với lò ống nước, độ dẫn điện nước lò không vượt quá 7000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nếu áp suất nhỏ hơn 2 MPa và không vượt quá 5500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nếu áp suất hơi từ 2 MPa đến 4 MPa.
- Các chỉ tiêu cụ thể về nước cấp cho lò hơi và nước lò không được vượt quá các trị số cho trong TCVN 12728: 2019.

Quản lý xả lò phụ thuộc vào 2 yếu tố: áp suất vận hành của lò hơi và chất lượng nước cấp. Việc đảm bảo chất lượng cao nhất cho nước cấp sẽ làm giảm lượng xả lò cần thiết. Khi giảm lượng nước xả lò thì năng lượng tổn thất do xả lò cũng giảm theo. Tuy nhiên, sẽ phát sinh chi phí khá lớn để cải thiện

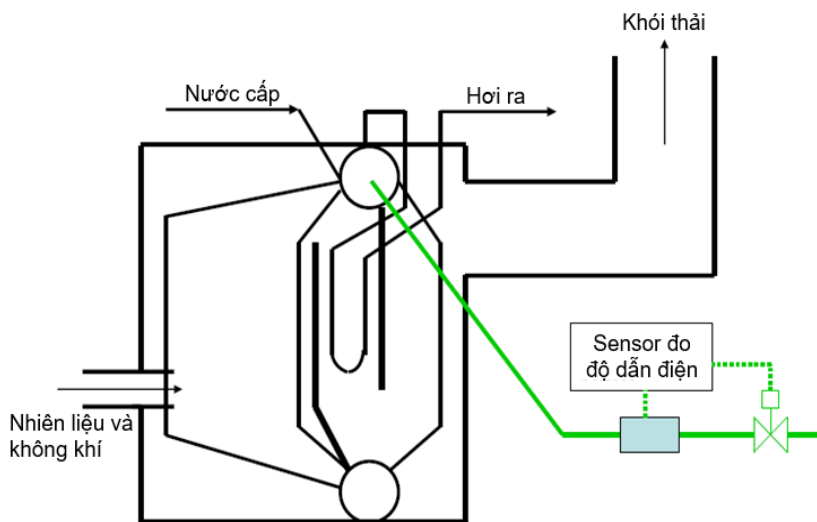
hệ thống xử lý nước nếu việc này đòi hỏi phải nâng cấp cơ sở hạ tầng hoặc đầu tư bổ sung các thiết bị mới như hệ thống khử khoáng hay hệ thống lọc thẩm thấu ngược. Những cải tiến phổ biến hiện nay đối với hệ thống xử lý nước cấp cho lò hơi bao gồm chuyển đổi hệ thống làm mềm nước bằng trao đổi cation natri sang hệ thống khử khoáng hoặc hệ thống lọc thẩm thấu ngược.

#### **4.1.5. Thu hồi năng lượng từ quá trình xả lò hơi**

Có hai dạng xả lò thường áp dụng trong lò hơi công nghiệp: xả mặt và xả đáy. Xả mặt có thể là xả liên tục hoặc không liên tục. Còn xả đáy thì luôn luôn là xả định kỳ (không liên tục) và thường chỉ thực hiện mỗi ca một lần để loại bỏ các tạp chất cặn lắng. *Giải pháp tối ưu hóa này chỉ áp dụng cho quá trình xả mặt*, rất hữu ích áp dụng cho xả đáy vì xả đáy chủ yếu được thực hiện bằng tay. Phụ tải của lò hơi có thể thay đổi theo thời gian, và lý tưởng nhất là tỷ lệ xả lò cũng phải thay đổi tương ứng để duy trì chất lượng phù hợp của nước trong lò hơi. Trong hầu hết các trường hợp, phạm vi kiểm soát chất lượng nước lò hơi (thường là độ dẫn điện hoặc tổng lượng chất rắn hòa tan TDS) đều do kỹ sư phụ trách hóa chất cài đặt, và người vận hành lò hơi sẽ lấy mẫu nước định kỳ để đảm bảo rằng các tham số điều khiển nằm trong phạm vi đã cài đặt.

Trong hầu hết các trường hợp, kiểm soát xả đáy bằng tay sẽ dẫn tới xả lò quá nhiều và gây ra tổn thất năng lượng rất lớn. Nhưng đôi khi việc xả lò bằng tay không đủ sẽ dẫn tới

việc kiểm soát chất lượng nước lò kém, gây ra các vấn đề ảnh hưởng đến độ tin cậy trong vận hành lò hơi. Lắp đặt bộ điều khiển xả lò tự động cho phép giảm thiểu và chuẩn hóa lượng xả lò cần thiết để lò hơi vận hành tin cậy, từ đó sẽ làm giảm tổn thất năng lượng không cần thiết. Bộ điều khiển xả lò tự động này kiểm soát độ dẫn điện của nước lò liên tục theo thời gian thực và điều khiển góc mở van điều chỉnh vô cấp hoặc van đóng mở ON/OFF để duy trì lượng xả cần thiết. Thiết bị này được thể hiện trong hình 4.4.



**Hình 4.4. Điều khiển xả lò tự động**

Tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí từ giải pháp lắp bộ điều khiển xả lò tự động (hoặc cải thiện chất lượng xử lý nước) có thể được tính sơ bộ như sau:

$$Q_{\text{tiết kiệm}} = (m_{\text{xa lo hiện tại}} - m_{\text{xa lo cải tạo}}) \times (h_{\text{nuoc xa lo}} - h_{\text{nuoc cap}}) \quad (4.4)$$

$$K_{\text{tiết kiệm}} = \left( \frac{Q_{\text{tiết kiệm}}}{\eta_{\text{lo hơi}} \times HHV_{\text{nhiên liệu}}} \right) \times k_{\text{nhiên liệu}} \times T \quad (4.5)$$

Trong đó  $m_{\text{xa lo hiện tại}}$  và  $m_{\text{xa lo cải tạo}}$  là lưu lượng nước xả lò được tính từ công suất sinh hơi và tỷ lệ xả lò.  $T$  là số giờ hoạt động để tính lượng tiết kiệm trong một khoảng thời gian. Để phân tích chi tiết hơn, người sử dụng có thể sử dụng phần mềm MEASUR được trình bày trong chương 5.

#### 4.1.6. Thu hồi năng lượng từ xả lò

Thu hồi năng lượng nhiệt từ xả lò có 2 dạng và hầu như toàn bộ lượng nhiệt bị thất thoát do xả lò có thể được thu hồi bằng cách sử dụng kết hợp 2 phương pháp sau:

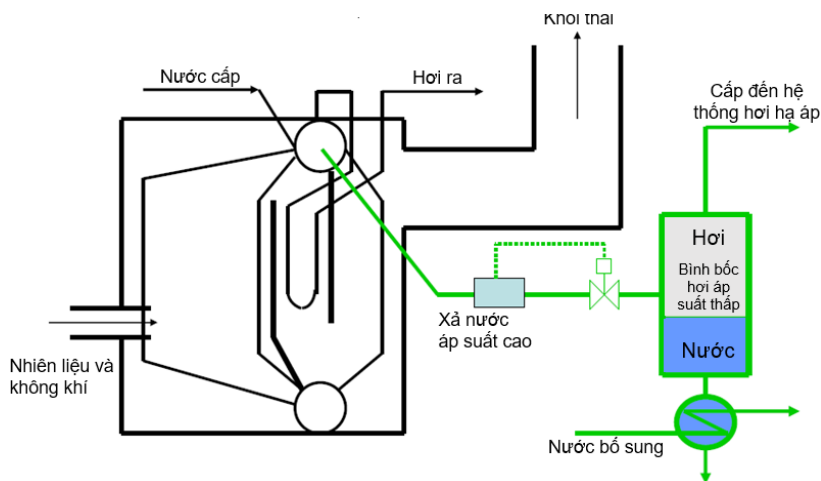
- Thu hồi hơi áp suất thấp sử dụng bình giãn nở
- Gia nhiệt cho nước cấp bổ sung

Luồng nước xả áp suất cao trước hết được đưa vào một bình giãn nở hoạt động ở áp suất thấp (thường cao hơn áp suất bộ khử khí một chút). Một phần nước xả đáy sẽ bốc thành hơi ở áp suất thấp hơn. Phần hơi bốc lên này sạch và có thể đưa vào nhánh cấp hơi áp suất thấp, hoặc cấp hơi cho bộ khử khí hoặc hệ thống gia nhiệt nước cấp. Phần nước còn lại trong bình bốc hơi ở trạng thái bão hòa ( $>100^{\circ}\text{C}$ ) và vẫn có thể được sử dụng để gia nhiệt cho nước cấp trong bộ trao đổi nhiệt

nước cấp bổ sung. Nước xả cuối cùng được thải ra từ hệ thống sẽ ở nhiệt độ rất gần với nhiệt độ nước cấp bổ sung (hoặc môi trường xung quanh). Hình 4.5 thể hiện sơ đồ hệ thống thu hồi năng lượng từ xả lò.

Xét về mặt thiết bị, bình giãn nở rất đơn giản và có thể mua được với giá khá rẻ. Tuy nhiên, thiết bị trao đổi nhiệt phải được lựa chọn cẩn thận. Thiết bị trao đổi nhiệt sử dụng trong điều kiện làm việc này phải có khả năng làm sạch thường xuyên được, vì luồng nước xả có thể làm cho bề mặt trao đổi nhiệt bị bám bẩn. Có 2 dạng thiết bị trao đổi nhiệt có thể hoạt động tốt trong điều kiện này:

- Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm với nước xả lò ở trong ống
- Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt



**Hình 4.5. Thu hồi năng lượng từ nước xả lò**

#### **4.1.7. Khôi phục vật liệu cách nhiệt của lò hơi**

Lớp bảo ôn và vật liệu chịu lửa của lò hơi có chức năng giữ an toàn cho công nhân vận hành, đồng thời cũng nhằm giảm tổn thất qua vỏ lò do bức xạ và đối lưu. Trong quá trình vận hành hoặc do ảnh hưởng môi trường xung quanh, bề mặt bên ngoài có thể bị hư hỏng và cần phải được sửa chữa định kỳ. Ngoài ra, trong quá trình kiểm tra hàng năm cần xem xét phần vật liệu chịu lửa để kịp thời phát hiện các hiện tượng hư hại hoặc nứt vỡ. Tác động nhiệt theo chu kỳ hoặc điều kiện làm việc trực tiếp trong nhiệt độ cao có thể khiến cho vật liệu chịu lửa bị hư hại. Đây là giải pháp bảo trì mang tính dự báo và phòng ngừa nhằm duy trì hoạt động tin cậy của hệ thống hơi. Nhân viên nên sử dụng camera hồng ngoại tìm các vị trí có nhiệt độ cao ( $> 70^{\circ}\text{C}$ ) và so sánh các hình ảnh này theo thời gian để xem xét có cần sửa chữa hay không.

#### **4.1.8. Giảm thiểu số lượng lò hơi vận hành**

Tổn thất qua vỏ lò thường khá nhỏ (về mặt giá trị) khi so sánh với tổn thất khác trong lò hơi. Nhưng tổn thất này có thể tăng lên đáng kể khi nhiều lò hơi cùng hoạt động. Tổn thất này sẽ có thể trở nên rất lớn nếu một số lò hơi được duy trì ở trạng thái “dự phòng nóng” (ủ lò). Thông thường, hầu hết các nhà máy công nghiệp vận hành với hệ số dự phòng ít nhất là “ $n + 1$ ”, tức là có sẵn ít nhất 1 lò hơi luôn sẵn sàng sinh hơi hoặc được ủ nóng. Việc này chủ yếu nhằm nâng cao độ tin cậy trong vận hành và đảm bảo rằng hoạt động sản xuất không bị ảnh hưởng khi lò hơi gặp sự cố.

Thông thường, các cơ hội tiết kiệm và tối ưu hóa hệ thống hơi trong nhà máy không hướng đến việc dừng 1 lò hơi đang hoạt động, nhưng cơ hội này cần được xem xét mỗi khi có thay đổi về nhu cầu hơi. Nếu nhà máy có chu kỳ sản xuất mang tính thời vụ hoặc có sự khác nhau lớn giữa ngày thường và ngày nghỉ, giữa ca ngày và ca đêm, số lượng lò hơi cần hoạt động trong nhà máy có thể thay đổi. Thông thường, việc thay đổi số lượng lò hơi đốt nhiên liệu rắn bị bỏ qua do sự phức tạp của việc bật – tắt lò hơi và thời gian cần thiết cho khởi động. Tuy nhiên, đối với các lò hơi nhỏ, đặc biệt là lò hơi đốt dầu, khí thiên nhiên, khí metan... lại đơn giản hơn nhiều do chúng có khả năng khởi động nhanh.

Khi xem xét giải pháp, người vận hành cần thực hiện phân tích rủi ro kỹ lưỡng để xác định bất kỳ vấn đề lớn nào có thể ảnh hưởng tới quá trình sản xuất do việc giảm sản lượng hơi trong một khoảng thời gian nhất định. Phân tích rủi ro này cũng cần tính đến những thiệt hại về kinh tế có thể xảy ra với quá trình sản xuất và các chiến lược giảm thiểu rủi ro đó. Ngoài ra, chi phí để lắp thêm các thiết bị điều khiển hoặc đo kiểm (cảnh báo, tín hiệu nhiệt độ, tín hiệu áp suất) cũng cần phải được xem xét khi thực hiện chiến lược tối ưu hóa này.

#### **4.1.9. Nghiên cứu 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. Hiệu suất liên quan đến nhiên liệu nhìn chung sẽ là một yếu tố

ảnh hưởng khi thay đổi nhiên liệu. Đôi khi chi phí năng lượng và chi phí bảo trì có thể bù lại, nhưng để xác thực điều này cần tiến hành phân tích chi tiết hơn dự án tối ưu hóa. Ngoài ra, vấn đề môi trường có thể trở thành mối quan tâm đáng kể liên quan tới việc lựa chọn nhiên liệu. Mỗi dự án sẽ cần được đánh giá độc lập. Chuyển đổi nhiên liệu không nhất thiết là thay đổi nhiên liệu hoàn toàn. Các phân xưởng sản xuất hơi công nghiệp có thể có nhiều lò hơi hoạt động đồng thời và sự chuyển đổi nhiên liệu có thể là:

- Dừng một lò hơi đang vận hành với nhiên liệu giá thành cao, hiệu suất thấp;
- Giảm sản lượng của lò hơi 1 vận hành với nhiên liệu giá thành cao, và tăng sản lượng tương ứng của lò hơi 2 vận hành với nhiên liệu giá thấp hơn;
- Đốt 2 hoặc nhiều nhiên liệu trong lò hơi bất kỳ và thay đổi tỉ lệ nhiên liệu đốt trong lò hơi.

Tiết kiệm chi phí từ việc chuyển đổi nhiên liệu có thể được tính như sau:

$$\sigma_{\text{tiết kiệm}} = \text{Chi phí vận hành hiện tại} - \text{Chi phí vận hành sau khi chuyển đổi nhiên liệu} \quad (4.6)$$

$$\sigma_{\text{tiết kiệm}} = m_{\text{hơi}} (h_{\text{hơi}} - h_{\text{nuoc cap}}) \left( \frac{k_{\text{lò hơi}_1}}{\eta_{\text{lò hơi}_1}} - \frac{k_{\text{lò hơi}_2}}{\eta_{\text{lò hơi}_2}} \right) \times T \quad (4.7)$$

Trong đó,  $k_{lo\ hoi_1}$  và  $\eta_{lo\ hoi_1}$  tương ứng là chi phí nhiên liệu và hiệu suất lò hơi hiện tại; trong khi  $k_{lo\ hoi_2}$  và  $\eta_{lo\ hoi_2}$  là chi phí nhiên liệu và hiệu suất lò hơi sau khi chuyển đổi nhiên liệu. Lưu lượng hơi sử dụng là  $m_{hoi}$  và  $T$  là khoảng thời gian được đánh giá về sự chuyển đổi nhiên liệu.

#### **4.1.10. Tối ưu hóa hoạt động của bộ khử khí**

Thiết bị khử khí có một số chức năng chính trong hệ thống hơi công nghiệp, bao gồm:

- Khử khí hoặc loại bỏ khí oxy và cacbonic hòa tan trong nước cấp;
- Gia nhiệt nước cấp bổ sung;
- Có thể được sử dụng như 1 bình hòa trộn nước ngưng thu hồi và nước cấp bổ sung;
- Hoạt động như 1 bình chứa nước cấp để bơm vào lò.

Thiết bị khử khí hoạt động ở một áp suất cố định, áp suất này do người thiết kế quyết định. Nhiệm vụ chính của bình khử khí là khử lượng oxy và cacbonic hòa tan trong nước, do đó đòi hỏi phải có quá trình chưng tách. Quá trình chưng tách này được thực hiện nhờ hơi nước. Hiệu suất của khử khí sẽ cao nhất khi nước cấp được gia nhiệt tới nhiệt độ bão hòa, tương ứng với áp suất hơi cấp vào. Ở nhiệt độ bão hòa, các khí hòa tan trong nước sẽ thoát ra nhiều nhất. Ngoài ra, hơi nước sẽ gia nhiệt cho nước cấp bổ sung làm giảm khả năng hòa tan

oxy và cacbonic trong nước, giúp tăng cường hiệu quả của quá trình chưng tách. Bình khử khí sử dụng đầu phun để phun hơi trực tiếp vào nước. Lượng hơi được sử dụng phụ thuộc vào:

- Áp suất của thiết bị khử khí;
- Lượng nước ngưng thu hồi và nước cấp bổ sung;
- Nhiệt độ nước ngưng thu hồi;
- Nhiệt độ nước cấp bổ sung;
- Lưu lượng thoát hơi của thiết bị khử khí.

Khi áp suất của thiết bị khử khí tăng lên thì lượng hơi cần cung cấp cho khử khí sẽ nhiều hơn và lượng hơi thoát ra ngoài (qua đường thoát khí) cũng sẽ tăng lên. Tuy nhiên, nếu nước ngưng hồi về có nhiệt độ cao hơn hoặc có áp dụng giải pháp thu hồi nhiệt thải để gia nhiệt nước cấp bổ sung, thì vận hành khử khí ở áp suất cao hơn sẽ có lợi. Áp suất vận hành cao hơn cũng cho phép sử dụng bình khử khí có kích thước nhỏ hơn đối với cùng một phụ tải hơi. Trong thực tế có nhiều trường hợp quy trình sản xuất thay đổi theo thời gian hoặc được điều chỉnh trong quá trình vận hành. Điều này có thể dẫn đến sự thay đổi lượng nước ngưng thu hồi, nhiệt độ nước ngưng và nhiệt độ nước cấp bổ sung sau khi gia nhiệt. Do vậy, vấn đề quan trọng là phải đánh giá hoạt động của thiết bị khử khí, đảm bảo cho khử khí hoạt động ở áp suất thấp nhất có thể mà vẫn đáp ứng hiệu quả khử khí cao nhất.

Ngoài ra, việc giảm áp suất khử khí sẽ làm giảm nhiệt độ nước cấp đi vào bộ hâm nước, và điều này có thể giúp làm giảm nhiệt độ khói thải, dẫn đến nâng cao hiệu suất lò hơi. Tuy nhiên, cần lưu ý để đảm bảo rằng việc hạ thấp nhiệt độ nước cấp không làm giảm nhiệt độ khói xuống dưới nhiệt độ đọng sương axit.

Để tính toán mức tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí cho cơ hội này cần sử dụng một mô hình hệ thống chi tiết như mô hình MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ.

## **4.2. Hệ thống phân phối**

### **4.2.1. Sửa chữa các điểm rò rỉ hơi nước**

Hơi nước là một nguồn năng lượng đắt tiền, vì vậy khi hơi bị thất thoát từ hệ thống do rò rỉ có thể gây ra những thiệt hại kinh tế đáng kể. Rò rỉ hơi xảy ra ở mọi nơi nhưng hầu hết tập trung ở các vị trí phổ biến như:

- Mặt bích và gioăng đệm;
- Các phụ kiện đường ống;
- Van, ti van và chi tiết chèn kín;
- Bẫy hơi;
- Van an toàn;
- Các vị trí hư hỏng trên đường ống.

Rò rỉ hơi từ các vị trí hư hỏng trên đường ống có thể là một nguồn thất thoát hơi chính trong nhà máy công nghiệp. Tuy nhiên, vấn đề này thường nhanh chóng được nhận biết và khắc phục do liên quan đến “vấn đề an toàn”, đặc biệt nếu vị trí hư hỏng ở gần khu vực mà nhân viên nhà máy thường xuyên qua lại. Nhưng những hiện tượng rò rỉ hơi xảy ra tại các vị trí xa (như trên giá đỡ đường ống) thì thường không được chú ý và có thể tồn tại ở đó mãi mãi.

Các hỏng hóc của bể hơi cũng gây ra một lượng rò rỉ hơi lớn trong nhà máy công nghiệp, và vấn đề này sẽ được đề cập chi tiết trong Mục 4.4 “Khu vực thu hồi nước ngưng” của tài liệu này. Nói chung, các hỏng hóc của bể hơi khó quan sát hơn so với hư hỏng trên đường ống, đặc biệt là trong các hệ thống nước ngưng kín.

Thực hiện một chương trình bảo trì liên tục dựa trên việc tìm kiếm và loại bỏ các hiện tượng rò rỉ hơi là rất cần thiết cho sự vận hành hiệu quả hệ thống hơi. Trong hầu hết các trường hợp, các chương trình bảo trì như vậy được đặt ra trong nhà máy công nghiệp để thể hiện sự quan tâm đến hiệu quả chi phí và các tác động tổng thể của chúng tới việc vận hành. Tuy nhiên, thực tế đã cho thấy việc xây dựng một chương trình quản lý rò rỉ hơi có thể đem lại lợi ích cả về kinh tế như cũng như đảm bảo sự hoạt động tin cậy cho một nhà máy công nghiệp.

Thông thường, rất khó để xác định mức độ tổn thất hơi thông qua rò rỉ, trừ khi tuân thủ một quy trình phù hợp. Tuy nhiên, cần căn cứ vào mức độ rò rỉ hơi để lên kế hoạch cho chiến lược sửa chữa khắc phục. Một số phương pháp lý thuyết và thực nghiệm đã được phát triển để ước tính lượng tổn thất hơi, bao gồm, nhưng không giới hạn trong các phương pháp sau:

- Ứng dụng mô hình MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ;
- Sử dụng công thức dòng chảy nghẽn của Napier;
- Đo bằng ống Pitot tại hiện trường;
- Sử dụng thiết bị đo siêu âm;
- Lập phương trình cân bằng vật chất và năng lượng.

Lưu lượng rò rỉ gần đúng của hơi bão hòa đi qua lỗ cạnh sắc tại áp suất vận hành và kích thước lỗ tiết lưu cho trước được tính theo công thức dòng chảy nghẽn của Napier:

$$m_{hoi} = 0,695 \times A_{lo\ ro} \times P_{hoi} \quad (4.8)$$

Trong đó,  $m_{hoi}$  là lưu lượng hơi rò rỉ (kg/h),  $A_{lo\ ro}$  là diện tích của lỗ tiết lưu mà qua đó hơi rò rỉ ( $\text{mm}^2$ ) và  $P_{hoi}$  là áp suất ống góp (bar tuyệt đối). Cần lưu ý rằng quan hệ này chỉ đúng đối với điều kiện dòng chảy nghẽn, đó là khi áp suất hơi thoát nhỏ hơn 0,51 lần so với áp suất trong đường ống cấp hơi.

### **4.2.2. Giảm thiểu việc xả hơi nước**

Xả hơi không nên nhầm lẫn với rò rỉ hơi. Xả hơi xảy ra khi van an toàn hoặc các thiết bị kiểm soát áp suất khác xả hơi từ các đường ống cấp hơi ra môi trường xung quanh. Điều này thường xảy ra do mất cân bằng hơi trên các đường cấp khi lượng hơi sản xuất ra nhiều hơn mức cần thiết cho quá trình sử dụng. Tiềm năng tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí có thể là rất lớn căn cứ vào loại nhiên liệu sử dụng. Xả hơi thường xảy ra tự động khi áp suất hơi trong ống góp đạt đến giới hạn cho phép. Đôi khi xả hơi được thực hiện thông qua việc mở bằng tay van “xả hơi” hoặc van “thông hơi ra ngoài trời”.

Tại các nhà máy công nghiệp có tổ máy đồng phát nhiệt điện sử dụng tuabin hơi có thể quan sát thấy xả hơi nhiều hơn những nơi khác, đặc biệt là nếu chỉ có tuabin đối áp chạy theo phụ tải quá trình công nghệ hoặc vận hành trong điều kiện công suất phát điện (hoặc lưu lượng cấp hơi) cố định. Các nhà máy công nghiệp sử dụng tuabin ngưng hơi hầu như không bao giờ xả hơi, trừ khi đạt tới giới hạn công suất cực đại của tuabin. Trong một số trường hợp, cần phải thực hiện phân tích kinh tế dựa trên chi phí định mức của nhiên liệu và điện để xác định giá trị thực của lượng hơi xả. Trong hầu hết các trường hợp, có thể thấy rằng xả hơi là không kinh tế đối với các tổ máy đồng phát, nhưng có thể có một số trường hợp như vào giờ cao điểm, khi sản xuất điện có lợi hơn nhiều so với chi phí hơi xả.

### **4.2.3. Đảm bảo đường ống, van, phụ kiện và bình chứa của hệ thống hơi nước được cách nhiệt tốt**

Bảo ôn là một giải pháp khác thuộc chương trình bảo trì liên tục và cần được xem xét định kỳ trong tất cả các nhà máy công nghiệp. Cần lưu ý rằng mặc dù giải pháp bảo ôn đang được thảo luận ở đây trong khu vực “Phân phối hơi”, nhưng giải pháp này có tác động ở tất cả các khu vực của hệ thống hơi. Lý do chính để đưa phần thảo luận về bảo ôn vào khu vực “Phân phối hơi” là bởi vì giải pháp này có tác động lớn nhất ở đây.

Bảo ôn vô cùng quan trọng trong các hệ thống hơi vì những lý do sau đây:

- Đảm bảo an toàn cho nhân viên nhà máy;
- Giảm thiểu tổn thất năng lượng;
- Duy trì các thông số trạng thái hơi theo yêu cầu của hệ tiêu thụ;
- Bảo vệ thiết bị, đường ống... khỏi tác động của điều kiện môi trường xung quanh;
- Bảo đảm tính toàn vẹn của toàn bộ hệ thống.

Có một số nguyên nhân khiến cho phần bảo ôn bị hư hại hoặc khuyết thiếu, bao gồm:

- Khuyết thiếu lớp bảo ôn do các hoạt động bảo dưỡng;

- Khuyết thiếu hoặc hư hại lớp bảo ôn do quản lý sử dụng không đúng cách;
- Bảo ôn bị hư hại do sự cố;
- Hao mòn thông thường của vật liệu bảo ôn do điều kiện môi trường xung quanh;
- Van và các bộ phận khác không được bảo ôn do không có chỉ định trong thiết kế.

Các khu vực phổ biến nhất thường xảy ra khuyết thiếu hoặc hư hại lớp bảo ôn bao gồm:

- Các đường ống phân phối hơi;
- Van;
- Các cửa kiểm tra;
- Thiết bị tiêu thụ hơi;
- Bồn bể chứa;
- Đường thu hồi nước ngưng.

Xác định sơ bộ mức tổn thất năng lượng và mức tổn thất chi phí từ các khu vực không được bảo ôn (hoặc bảo ôn kém) trong hệ thống hơi sẽ tạo cơ sở để xác định sự cần thiết thực hiện một dự án bảo ôn. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến mức tổn thất năng lượng từ các khu vực không được bảo ôn hoặc bảo ôn kém là:

- Nhiệt độ môi chất của quá trình công nghệ;
- Nhiệt độ môi trường;

- Diện tích bề mặt tiếp xúc với môi trường xung quanh;
- Tốc độ gió;
- Số giờ hoạt động;
- Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu ống (hoặc thiết bị);
- Nhiệt trở của vật liệu bảo ôn (nếu có).

Có thể xây dựng và sử dụng một mô hình tính toán truyền nhiệt để xác định các tổn thất năng lượng do truyền nhiệt bức xạ và đối lưu (tự nhiên hoặc cưỡng bức) xảy ra trên tất cả các khu vực không được bảo ôn hoặc bảo ôn kém. Việc tính toán để xác định mức tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí có thể sử dụng phần mềm 3E-Plus.

#### **4.2.4. Cô lập dòng hơi khỏi các đường ống không sử dụng**

Khi thay đổi các quy trình công nghệ, nhu cầu về hơi cũng thay đổi và đôi khi hơi không còn được sử dụng tiếp tại một dây chuyền hoặc thiết bị cụ thể nào đó. Tuy nhiên, các đường hơi vẫn được giữ nguyên và chứa hơi đến tận van chặn (van cách ly) tại đầu vào của thiết bị sử dụng hơi. Đôi khi thiết bị đã ngừng hoạt động và không còn được sử dụng nhưng các đường ống cấp hơi tới thiết bị đó vẫn kết nối với các ống góp hơi và luôn ở trạng thái nóng. Tình trạng tương tự này cũng có thể xảy ra trong quá trình chuyển đổi theo mùa, khi nhà máy chuyển từ chế độ sưởi ấm (mùa đông) đến chế độ làm mát (vào mùa hè), khi đó các đường ống dẫn hơi vẫn tiếp tục

nóng và do vậy tăng thêm tải cho hệ thống làm mát. Có vô số các trường hợp như vậy có thể xảy ra trong các nhà máy công nghiệp và tất cả đều mang đến các cơ hội tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí đáng kể, do đó việc tối ưu hóa hệ thống hơi cần nắm bắt được các cơ hội đó thông qua việc phân tích có tính hệ thống, bao gồm cả hệ thống phân phối kết hợp với các hộ tiêu thụ trong quy trình công nghệ.

Từ quan điểm tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí, việc cách ly hơi khỏi các đường ống không sử dụng sẽ:

- Loại bỏ các tổn thất truyền nhiệt;
- Loại bỏ rò rỉ hơi;
- Loại bỏ nước ngưng hình thành trong các ống góp có thể dẫn đến thủy kích;
- Giảm bớt yêu cầu bảo trì các bộ phận hệ thống hơi trong khu vực không sử dụng đó.

Ngoài ra, các quá trình công nghệ phía sau khu vực không sử dụng này có thể bị ảnh hưởng bởi chất lượng của hơi, đồng thời có thể có những tác động đến sản xuất, yêu cầu phải bổ sung thêm hơi, làm tăng chi phí vận hành.

#### **4.2.5. Giảm lưu lượng qua các trạm giảm áp**

Thông thường, hơi được tạo ra tại một áp suất cao hơn và được phân phối thông qua các nhánh cấp hơi khác nhau có áp suất thấp hơn hoặc thông qua một đường cấp duy nhất.

Tuy nhiên, có một số trạm giảm áp có thể điều chỉnh giảm áp suất hơi theo đúng yêu cầu. Khi đi qua van giảm áp, hơi sẽ giãn nở (giảm áp suất) và giảm nhiệt độ. Do đó, hơi đi qua một van giảm áp sẽ không bị mất năng lượng (kJ/kg) bởi vì đó là quá trình đẳng entanpy - tức là entanpy của hơi không thay đổi. Tuy nhiên, giá trị entropy của hơi sẽ thay đổi, nghĩa là làm giảm khả năng sinh công của hơi. Đây không phải là một vấn đề lớn nếu nhà máy công nghiệp không có tuabin hơi. Tuy nhiên, các nhà máy công nghiệp cũng nên đánh giá khả năng sử dụng tuabin hơi nếu có một dòng hơi liên tục với lưu lượng đáng kể đi qua các van giảm áp.

Cơ hội tối ưu hóa được nêu ra ở đây nhằm mục đích đảm bảo hơi được sinh ra trong các nhà máy công nghiệp có áp suất đúng theo yêu cầu và không có bất kỳ tổn thất đáng kể nào do giãn nở hơi nước. Trạm giảm áp luôn đòi hỏi phải được bảo dưỡng định kỳ và hầu hết không được bảo ôn. Ngoài ra, bộ phận ti van và chèn kín là nơi dễ xảy ra rò rỉ hơi do ảnh hưởng của chu kỳ giãn nở nhiệt và chuyển động thường xuyên của ti van do nhu cầu hơi thay đổi.

#### **4.2.6. Giảm sụt áp ở các ống góp**

Cơ hội tối ưu hóa này bắt nguồn từ thực tế rằng qua thời gian, quá trình công nghệ có thể thay đổi và nhu cầu sử dụng hơi cũng thay đổi theo. Ngoài ra, hiệu quả của hệ thống phân phối cũng bị suy giảm do bị xuống cấp và có sự gia tăng sụt áp trong ống góp hơi. Trong một hệ thống hơi bão hòa, sự sụt áp

này sẽ làm giảm nhiệt độ hơi và ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình công nghệ. Ngoài ra, điều này cũng có nghĩa là sẽ cần nhiều hơi hơn do entanpy của hơi bị giảm vì các tổn thất nhiệt.

Không có tiêu chuẩn công nghiệp nào đề cập đến sự sụt áp trong các đường ống cấp hơi, nhưng có thể kể ra ba nguyên nhân chính làm gia tăng sụt áp trong các đường ống cấp hơi. Đó là:

- Tăng nhu cầu hơi khiến cho lưu lượng hơi qua đường ống cấp nhiều hơn;
- Sụt giảm áp suất của đường ống cấp hơi;
- Tồn tại nước ngưng và dòng 2 pha trong đường ống cấp hơi;
- Kết hợp các nguyên nhân trên.

Khi lưu lượng hơi tăng, vận tốc dòng hơi cũng tăng theo và độ sụt áp tỷ lệ với bình phương vận tốc. Khi thực hiện tối ưu hóa hệ thống hơi, điều quan trọng là phải hiểu được thiết kế của các đường ống cấp và phụ tải hơi thiết kế cho các đường cấp này. Thông thường, vận tốc thiết kế đối với dòng hơi nằm trong khoảng 15-25m/s. Vượt quá những giá trị này sẽ dẫn đến sự gia tăng đáng kể độ ồn và độ rung của cả cấu trúc, đặc biệt tại các vị trí gần chỗ uốn cong và giá đỡ ống.

Khi áp suất đường ống cấp giảm, do khối lượng riêng của hơi thấp hơn (vì thể tích riêng cao hơn), nên đối với cùng một lưu lượng khối như nhau thì vận tốc hơi sẽ tăng lên. Do đó,

việc tăng vận tốc sẽ làm gia tăng sự sụt áp quá mức như giải thích ở trên. Trong một số nhà máy công nghiệp, khuyến nghị chung để tiết kiệm năng lượng là giảm áp suất vận hành lò hơi. Việc này cần được thực hiện hết sức thận trọng, và trong trường hợp các đường ống cấp hơi được thiết kế với công suất dư thừa (điều này thường rất hiếm gặp) thì không nên thực hiện khuyến nghị này.

Sự ngưng tụ hơi bão hòa xảy ra ngay khi một lượng nhiệt nhỏ bị thất thoát từ đường ống do khuyết thiếu bảo ôn. Điều này có nghĩa là đường ống cấp hơi phải hoạt động trong điều kiện dòng 2 pha. Nếu hệ thống bẫy hơi không hoạt động đúng cách thì có nghĩa là hơi và nước chuyển động trong đường ống với cùng một vận tốc. Kết hợp với chế độ dòng chảy (dựa trên lượng nước), điều này có thể dẫn đến sự sụt giảm áp suất rất lớn và gây ra hiện tượng thủy kích đáng kể.

Các cơ hội tối ưu hóa để giảm sự sụt áp trong các đường ống cấp hơi có thể thực hiện thông qua việc đánh giá các giải pháp sau đây:

- Sử dụng đường ống cấp lớn hơn thay thế cho đường ống cấp hiện tại;
- Bổ sung một nhánh cấp hơi khác cho cùng mức áp suất;
- Giảm nhu cầu hơi trên đường ống cấp bằng cách chuyển dịch nhu cầu hơi sang các mức áp suất khác;
- Tăng kích cỡ van hoặc hiệu chỉnh lại kích cỡ;

- Loại bỏ các cơ cấu hạn chế dòng chảy trong các đường ống cấp hơi;
- Thực hiện tất cả các giải pháp tối ưu hóa trong phần này như: Khắc phục rò rỉ hơi; Cải thiện bảo ôn; Đảm bảo vận hành đúng cách các điểm xả nước ngưng,...

#### **4.2.7. Xả nước ngưng khỏi các ống góp hơi**

Hệ thống phân phối hơi có thể rất lớn và có thể có đến hàng kilômét đường ống hơi trong một nhà máy công nghiệp. Ngay cả khi các đường ống hơi được bảo ôn tốt thì vẫn có một lượng tổn thất nhiệt nhất định, làm ngưng tụ hơi nước trong các ống góp hơi, đặc biệt đối với các hệ thống hơi bão hòa. Trong một số hệ thống hơi có hiện tượng nước bị cuốn theo hơi ngay từ lò hơi thì vấn đề này trở nên trầm trọng hơn và sẽ tồn tại dòng 2 pha ngay từ khu vực sản xuất hơi.

Hầu hết các nhà máy công nghiệp có bẫy hơi để loại bỏ nước ngưng hình thành trong đường ống cấp hơi. Việc loại bỏ nước ngưng khỏi các đường ống cấp hơi đảm bảo cho hệ thống hơi hoạt động tin cậy và đem lại các lợi ích thiết thực sau đây:

- Đường ống cấp hơi không bị sụt áp quá mức;
- Không gây ra thủy kích trong đường ống cấp hơi do chế độ dòng chảy 2 pha;
- Hộ sử dụng hơi nhận được hơi khô;
- Các thiết bị tiêu thụ hơi chính như các tuabin nhận được hơi khô;

- Không gây ăn mòn, rỉ hoặc xâm thực trên các phụ kiện đường ống, van,...

Nước ngưng thoát ra từ các đường ống cấp hơi có thể được cho bốc hơi trong bình giãn nở (flash tank) để tách hơi đưa tới nhánh cấp hơi khác có áp suất thấp hơn. Lượng nước ngưng còn lại có thể đưa trực tiếp về phân xưởng lò hơi hoặc đưa tới hệ thống thu hồi nước ngưng áp suất thấp hơn.

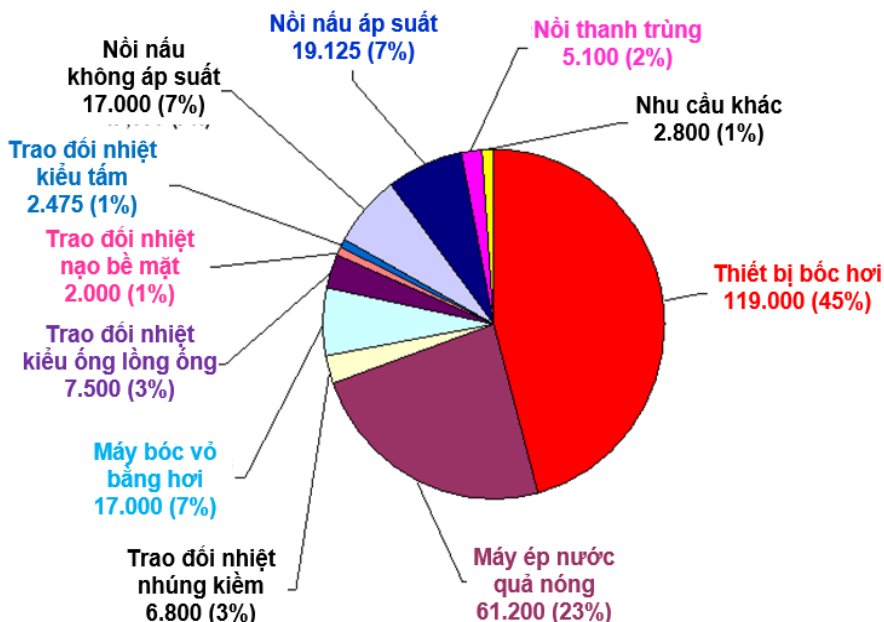
Một số nhà máy công nghiệp thực hiện việc loại bỏ nước ngưng từ các đường ống cấp hơi rất hiệu quả, nhưng có thể không có thu hồi nước ngưng mà thay vào đó lại đổ bỏ nước ngưng đi. Việc đổ bỏ nước ngưng thu được từ các đường ống cấp hơi gây ra cả tổn thất năng lượng và tổn thất kinh tế. Việc này sẽ được đánh giá trong Mục 4.4 “Khu vực thu hồi nước ngưng”. Tuy nhiên, điều quan trọng là xác định các cơ hội tiềm năng trong khu vực phân phối hơi, nơi mà nước ngưng có thể và cần phải được thu gom và đưa trở lại phân xưởng lò hơi.

### **4.3. Các hệ tiêu thụ thông dụng**

Thiết bị sử dụng hơi trong công nghiệp rất đa dạng và thậm chí trong cùng một quá trình công nghệ nhưng lại có sự khác biệt giữa các ngành công nghiệp khác nhau. Do đó rất khó để trình bày đầy đủ về các thiết bị sử dụng hơi trong một tài liệu đào tạo ngắn gọn. Tuy nhiên, thiết bị sử dụng hơi là yếu tố chính để thiết lập một hệ thống hơi trong nhà máy công nghiệp nên không thể bỏ qua. Cần phải nghiên cứu và

tìm hiểu một cách thấu đáo các thiết bị sử dụng hơi, bởi vì tối ưu hóa trong khu vực sử dụng hơi có thể sẽ mang lại những lợi ích đáng kể về tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí, cũng như cải thiện năng suất và sản lượng. Nhân viên nhà máy làm việc trong các hệ thống hơi công nghiệp cần được đào tạo để hiểu cách thức hơi được sử dụng như thế nào trong các thiết bị cụ thể của họ. Điều này sẽ cho phép họ thực sự tối ưu hóa hệ thống hơi của mình trong hoạt động cụ thể của nhà máy.

Đối với mọi phân tích tối ưu hóa hệ thống hơi, điều quan trọng là phải nắm được lượng hơi tiêu thụ của mỗi thiết bị sử dụng hơi trong nhà máy. Thông tin này có thể thu thập ở cấp độ tổng thể hệ thống hơi (như trong hình 4.6), hoặc có thể thu thập theo từng mức áp suất hơi hay theo từng khu vực riêng lẻ trong nhà máy. Nói chung rất khó để có thể xác định được cơ cấu tỉ lệ phân phối sử dụng hơi vì không có sẵn các thiết bị đo tại các hộ tiêu thụ. Do đó, nhân viên nhà máy cần tìm hiểu hoạt động của thiết bị sử dụng hơi cùng với các thông tin thiết kế có thể chỉ ra nhu cầu hơi (và phụ tải nhiệt) cho các thiết bị sử dụng hơi dựa trên các điều kiện làm việc của quy trình công nghệ. Phương pháp này sẽ giúp ích rất nhiều trong việc xây dựng một góc nhìn tổng quan về sử dụng hơi và xác định các thiết bị tiêu thụ hơi chính cần tập trung phân tích trong khi thực hiện tối ưu hóa hệ thống hơi. Các ví dụ trong phần này sẽ cung cấp một số ý tưởng cho việc xác định lưu lượng hơi trong quy trình công nghệ bằng cách sử dụng các nguyên tắc cơ bản về cân bằng vật chất và cân bằng năng lượng.



**Hình 4.6. Tỷ lệ sử dụng hơi trong ngành chế biến thực phẩm và đồ uống**

### Ví dụ

Một thiết bị trao đổi nhiệt kiểu chùm ống gia nhiệt cho nước có lưu lượng 600 lít/phút từ 25°C đến 75°C. Sử dụng hơi bão hòa ở áp suất khí quyển để gia nhiệt. Nước ngưng ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt tại 100°C. Tính phụ tải nhiệt và lượng hơi cần thiết cho quá trình trao đổi nhiệt gián tiếp này.

Lượng nhiệt truyền tới nước được tính toán như sau:

$$Q_{nuoc} = m_{nuoc} \times C_p \times (T_{thai} - T_{cap})$$
$$Q_{nuoc} = \frac{600}{60} \times 4,183 \times (75 - 25) = 2.091 \text{ kW}$$

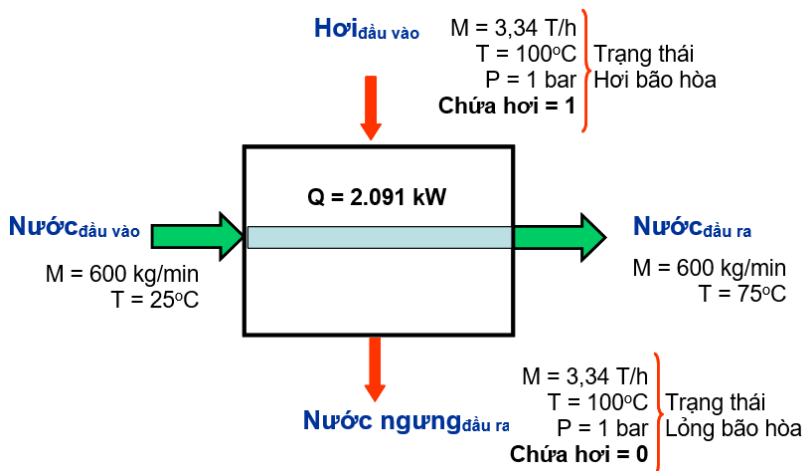
Trong phương trình này  $Q_{nuoc}$  là nhiệt nước nhận được (kW),  $m_{nuoc}$  là lưu lượng khối lượng của nước (kg/s),  $C_p$  là nhiệt dung riêng của nước (kJ/kgK),  $T_{thai}, T_{cap}$  lần lượt là nhiệt độ nước đi ra và đi vào thiết bị. Do cân bằng năng lượng, lượng nhiệt  $Q_{nuoc}$  này được cung cấp bởi hơi nước và do đó có thể viết là:

$$Q_{nuoc} = Q_{hoi} = m_{hoi} \times (h_{hoi} - h_{nuoc\ ngung})$$

Trong đó,  $m_{hoi}$  là lưu lượng hơi vào thiết bị (kg/s),  $h_{hoi}$  (2.676 kJ/kg) là entanpy của hơi bão hoà tại áp suất khí quyển và  $h_{nuoc\ ngung}$  (419 kJ/kg) là entanpy của nước ngưng tại 100°C (tra theo bảng hơi nước).

$$Q_{nuoc} = 2.091 = m_{hoi} \times (2.676 - 419)$$
$$m_{hoi} = \frac{2.091}{2.257} = 0,927 \text{ kg/s} = 3,34 \text{ T/h}$$

Hình 4.7 trình bày phụ tải nhiệt và các dòng môi chất của bộ trao đổi nhiệt dưới dạng sơ đồ.



**Hình 4.7. Trao đổi nhiệt gián tiếp hơi – nước**

Theo cách tiếp cận truyền thống, chiến lược cơ bản để tối ưu hóa việc sử dụng hơi trong một quá trình tiêu thụ hơi:

- Giảm lượng hơi sử dụng theo quy trình, nên: nâng cao hiệu quả của quá trình, chuyển nhu cầu dùng hơi sang một phần một nguồn nhiệt thải;
- Giảm áp suất hơi tới mức cần thiết của quá trình;
- Cải thiện hơi thấp áp (hoặc nguồn nhiệt thải) để cung cấp cho nhu cầu của quá trình;
- Tích hợp quy trình dẫn tới tối ưu hóa năng lượng tổng thể của nhà máy.

## 4.4. Khu vực thu hồi nước ngưng

Tối ưu hóa hệ thống thu hồi nước ngưng và các thiết bị ngoại vi liên quan trong các nhà máy công nghiệp có thể thực hiện bằng nhiều giải pháp khác nhau. Các giải pháp này cơ bản liên quan đến lĩnh vực quản lý năng lượng và nhìn chung sẽ đem lại những lợi ích kinh tế hấp dẫn khi xác định được các cơ hội tiết kiệm năng lượng. Các giải pháp này cũng rất cần thiết để đảm bảo vận hành liên tục, hiệu quả và tin cậy cho bất kỳ hệ thống hơi nào.

Một số cơ hội tối ưu hóa trong khu vực thu hồi nước ngưng bao gồm:

- Thực hiện một chương trình quản lý và bảo trì bẫy hơi hiệu quả;
- Tận dụng nước ngưng có sẵn càng nhiều càng tốt;
- Tận dụng nước ngưng ở nhiệt năng cao nhất có thể;
- Cho giãn nở nước ngưng áp suất cao để tạo ra hơi áp suất thấp.

### 4.4.1. Thực hiện một chương trình quản lý và bảo trì bẫy hơi hiệu quả

Việc thực hiện một chương trình bảo trì và quản lý bẫy hơi hiệu quả trong một nhà máy công nghiệp là cực kỳ quan trọng. Có thể có hàng trăm bẫy hơi trong các nhà máy lớn và tất cả số bẫy hơi này cần được kiểm tra định kỳ để đảm

bảo chúng hoạt động tốt. Cần kiểm tra tính năng hoạt động của tất cả các bể hơi trong nhà máy ít nhất mỗi năm một lần. Các loại bể hơi có thể hoạt động dựa trên các nguyên lý khác nhau. Để đánh giá các bể hơi, quan trọng là phải nắm được cách thức vận hành của từng loại. Do đó, việc kiểm tra cần được thực hiện bởi các nhân viên được đào tạo, hiểu hoạt động của bể hơi và hệ thống hơi nói chung. Tính năng hoạt động của bể hơi nên được đánh giá bằng cách sử dụng các công cụ thích hợp như cảm biến siêu âm và nhiệt kế.

Có 2 dạng lỗi chính ở bể hơi có thể ảnh hưởng đáng kể đến tính kinh tế hoặc khả năng hoạt động:

- Lỗi mở (không đóng kín được);
- Lỗi đóng kín (không mở được).

Bể hơi bị lỗi mở sẽ dẫn đến việc hơi bị thoát ra khỏi hệ thống, gây ra rò rỉ hơi. Bể hơi bị lỗi đóng kín khiến cho nước ngưng không thoát ra được và gây ra dồn ứ nước ngưng trong thiết bị. Nếu bể hơi này lắp trong một bộ trao đổi nhiệt, thì quá trình công nghệ sẽ bị giới hạn về công suất nhiệt. Trường hợp bể hơi này làm việc cho một đường ống cấp hơi, việc ứ đọng nước ngưng có thể gây ra hiện tượng thủy kích và làm hư hại các bộ phận trên đường ống. Ngay cả khi hệ thống hơi được bảo trì tốt thì vẫn có khoảng 10% bể hơi bị hư hỏng mỗi năm. Nếu không được kiểm soát, điều này có thể gây ra tổn thất kinh tế đáng kể và các vấn đề vận hành của hệ thống.

Kết quả đánh giá phải được lập thành một cơ sở dữ liệu bao gồm các kết quả kiểm tra bẫy hơi:

- Bẫy hơi tốt và làm việc đúng yêu cầu;
- Bẫy bị lỗi mở và rò rỉ hơi;
- Bẫy bị lỗi mở và xả ra môi trường xung quanh;
- Bẫy bị lỗi đóng kín.

Ước tính tổn thất hơi cho mỗi bẫy hơi bị rò rỉ cần được đưa vào đánh giá. Một phương pháp tốt để tính tổn thất hơi lớn nhất qua một bẫy hơi bị lỗi là thực hiện tính toán theo công thức lỗ tiết lưu (xem công thức Napier). Đây là mức tổn thất hơi lớn nhất cho một bẫy hơi cụ thể. Có thể có sai số vì không xác định được có vật cản bên trong dòng chảy này hay không. Tuy nhiên, một ước tính gần đúng về tổn thất hơi là đủ để cho phép xác định ưu tiên sửa chữa.

Có một số phương pháp và kỹ thuật được áp dụng trong công nghiệp để kiểm tra tình trạng hoạt động của bẫy hơi, như:

- Kiểm tra trực quan;
- Kiểm tra bằng kỹ thuật âm thanh;
- Kiểm tra bằng nhiệt kế;
- Theo dõi trực tuyến theo thời gian thực.

Trong hầu hết các trường hợp, việc sử dụng một phương pháp có thể không đưa ra câu trả lời thỏa đáng về tình trạng

hoạt động của bẫy hơi. Do đó, khuyến nghị nên kết hợp các phương pháp nêu trên. Ngoài ra, công việc kiểm tra bẫy hơi đòi hỏi phải được đào tạo đầy đủ và có hiểu biết sâu về hoạt động của bẫy hơi, cho nên việc sử dụng dịch vụ bên ngoài cho hoạt động này theo định kỳ là điều nên làm. Hầu hết các nhà sản xuất và cung cấp bẫy hơi đều cung cấp dịch vụ đánh giá bẫy hơi với mức chi phí tối thiểu hoặc miễn phí cho các nhà máy công nghiệp.

Duy trì cơ sở dữ liệu về bẫy hơi là việc rất cần thiết để có chương trình quản lý bẫy hơi hiệu quả. Cơ sở dữ liệu này tối thiểu phải bao gồm các thông tin sau đây:

- Số thẻ bẫy hơi;
- Vị trí lắp đặt;
- Loại bẫy hơi;
- Số model;
- Nhà sản xuất;
- Ngày bẫy hơi được kiểm tra tính năng gần nhất;
- Ngày bẫy hơi được lắp đặt (hoặc lắp đặt lại sau khi bị lỗi);
- Nguyên nhân gây ra lỗi của bẫy hơi;
- Tên của người lắp đặt hoặc thay thế bẫy hơi lỗi;
- Khả năng thiệt hại kinh tế nếu bẫy hơi bị lỗi mở;

- Khả năng gây ra các vấn đề cho sản xuất nếu bẫy hơi bị lỗi mở;
- Khả năng gây ra các vấn đề cho sản xuất nếu bẫy hơi bị lỗi đóng kín;
- Dấu hiệu chỉ báo của bẫy hơi bị lỗi mở;
- Dấu hiệu chỉ báo của bẫy hơi bị lỗi đóng kín.

Nếu không thực hiện việc đánh giá chi tiết bẫy hơi tại nhà máy thì rất khó định lượng được các lợi ích do chương trình quản lý bẫy hơi mang lại. Tuy nhiên, kinh nghiệm thực tế và số liệu thống kê đã chứng minh rằng khi các bẫy hơi bị hỏng mà không được thay thế hoặc sửa chữa, chúng có thể dẫn đến một sự lãng phí năng lượng đáng kể, là nguyên nhân gây ra tai nạn và sự cố trong sản xuất và ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ tin cậy của hệ thống.

Công cụ MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ cho phép đưa ra một ước tính ở mức tổng quát về tiềm năng tiết kiệm năng lượng và tiết kiệm chi phí thông qua việc thực hiện một chương trình quản lý và bảo trì hiệu quả các bẫy hơi. Ước tính này dựa trên tỷ lệ hư hỏng bẫy hơi trong lịch sử, số lượng bẫy hơi trong nhà máy và thời điểm gần nhất thực hiện việc đánh giá bẫy hơi và các hoạt động sửa chữa hoặc thay thế bẫy hơi trong nhà máy.

#### **4.4.2. Tận dụng nước ngưng có sẵn càng nhiều càng tốt**

Nước ngưng được tạo ra sau khi hơi đã truyền đi toàn bộ nhiệt hóa hơi và ngưng tụ thành nước. Có một lượng nhiệt năng đáng kể vẫn còn lại trong nước ngưng. Thu hồi được một đơn vị nước ngưng có nghĩa là giảm bớt được một đơn vị nước cấp bổ sung cần phải xử lý. Do đó, thu hồi thêm nước ngưng sẽ:

- Giảm năng lượng cần cung cấp cho khử khí;
- Giảm lượng nước cấp bổ sung cần phải xử lý;
- Giảm hoá chất xử lý nước;
- Giảm lượng nước để làm nguội trước khi xả xuống rãnh thoát.

Tối ưu hóa thu hồi nước ngưng bắt đầu bằng việc đánh giá lượng nước ngưng hiện tại có khả năng thu hồi. Lượng nước ngưng thu hồi nên được đánh giá theo các mức áp suất khác nhau. Trong các nhà máy công nghiệp lớn có hệ thống phân phối hơi và thiết bị sử dụng hơi phủ trên diện rộng, việc thu hồi nước ngưng phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Mức độ nhiễm bẩn của nước ngưng;
- Chi phí cho thiết bị thu hồi;
- Chi phí cho đường ống nước ngưng.

Các thiết bị đo hiện nay cho phép theo dõi mức độ nhiễm bẩn trong nước ngưng theo thời gian thực. Những thiết bị

này đã được áp dụng rất thành công trong các nhà máy công nghiệp, cho phép thu gom nước ngưng từ tất cả các nơi có thể, bao gồm cả những khu vực nước ngưng có khả năng bị nhiễm bẩn. Chức năng của loại thiết bị này dựa trên việc giám sát mức độ nhiễm bẩn hoặc độ dẫn điện được định trước đối với nước ngưng, và một khi các mức độ này bị vượt quá thì sẽ tự động mở van để xả bỏ nước ngưng xuống rãnh thoát, đồng thời đóng đường hồi về nhà lò hơi. Mọi tình huống cần phải được đánh giá dựa trên hiệu quả và khả năng áp dụng. Cần lưu ý các nguy cơ cao về nhiễm bẩn hệ thống nước cấp lò hơi khi thực hiện giải pháp này.

Chi phí thiết bị và đường ống thu hồi nước ngưng phụ thuộc vào vị trí thực tế của các thiết bị tiêu thụ hơi so với vị trí nhà lò hơi và khoảng cách phải lắp đặt đường ống để đưa nước ngưng về nhà lò hơi. Ngoài ra, trong thiết kế cũng phải cân nhắc phương án dùng bơm điện để bơm nước ngưng về hoặc sử dụng áp lực hơi và trạm nâng.

Bình chứa nước ngưng có thể sử dụng làm một điểm thu gom nước ngưng cục bộ và giúp giảm chi phí dự án cho việc bơm nước ngưng về từ từng hộ tiêu thụ hơi. Ngoài ra, bình chứa nước ngưng và bình giãn nở (flash tank) làm giảm lượng hơi đi vào đường ống thu hồi nước ngưng và điều này sẽ giúp giảm bớt sự cản trở dòng chảy trong đường ống thu hồi. Chúng cũng sẽ giúp loại bỏ hiện tượng thủy kích trong các hệ thống thu hồi nước ngưng.

Lượng nước ngưng cần thu hồi có thể được xác định bằng nhiều cách khác nhau, bao gồm:

- Lưu lượng hơi;
- Kích cỡ bể hồi;
- Cân bằng năng lượng và cân bằng khối lượng trên bộ trao đổi nhiệt sử dụng hơi;
- Các điều kiện thiết kế;
- Xô đựng nước và đồng hồ bấm giờ (cần thao tác hết sức thận trọng).

#### **4.4.3. Tận dụng nước ngưng ở nhiệt độ cao nhất có thể**

Từ các phân tích ở trên có thể thấy rằng, nhiệt độ nước ngưng thu hồi càng cao thì yêu cầu gia nhiệt nước cấp tại thiết bị khử khí càng giảm. Điều này đồng nghĩa với việc tiết kiệm hơi và chi phí năng lượng. Hiệu quả từ cơ hội tối ưu hóa này có thể đánh giá theo cách tương tự như đã được đề cập và minh họa trong trường hợp trên đây. Tuy nhiên việc thu gom và đưa nước ngưng nhiệt độ cao trở về nhà lò hơi phải thực hiện hết sức cẩn trọng để tránh xảy ra các vấn đề về vận hành. Mối quan tâm lớn nhất là sự hoá hơi ở áp suất thấp (flashing) có thể xảy ra trong các đường ống thu hồi nước ngưng. Vấn đề này có thể trở nên nghiêm trọng hơn trong hệ thống hơi có nhiều mức áp suất, trong đó nước ngưng thu hồi từ các điểm khác nhau được trộn lẫn và có sự chênh lệch lớn về nhiệt độ giữa các đường thu hồi nước ngưng.

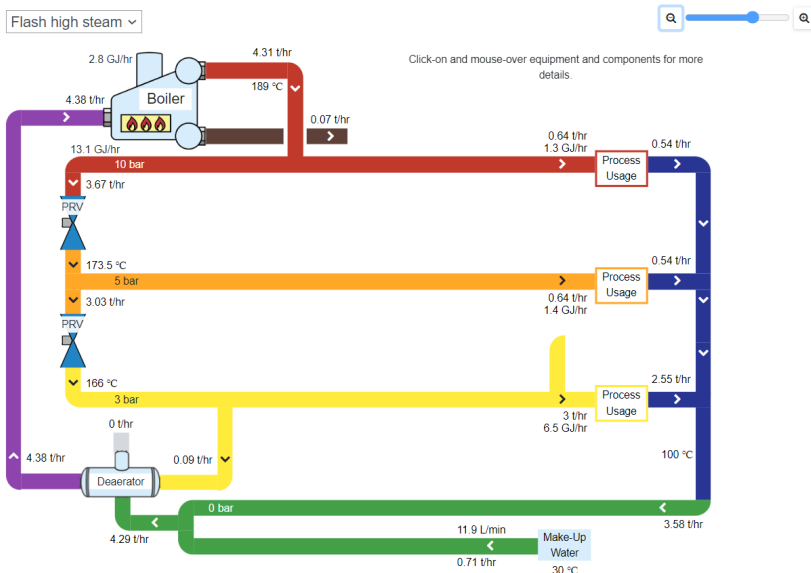
Khi thực hiện tối ưu hóa hệ thống hơi cần cân nhắc chi phí đầu tư phát sinh để có hệ thống chuyên dụng thu hồi nước ngưng nhiệt độ cao so với hệ thống đơn giản gồm bồn chứa nước ngưng/bình giãn nở (có đường thoát hơi ra môi trường) làm thất thoát lượng nhiệt bổ sung do nhiệt độ cao này. Tùy thuộc vào lượng nước ngưng, nhiệt năng này có thể rất đáng kể và cần cố gắng bằng mọi cách để thu gom và đưa trở lại nhà lò hơi lượng nước ngưng này với nhiệt năng cao nhất có thể.

#### **4.4.4. Cho giãn nở nước ngưng áp suất cao để tạo ra hơi áp suất thấp**

Trong các nhà máy công nghiệp có sử dụng hơi ở các mức áp suất khác nhau, cơ hội tối ưu hóa này có thể tác động đáng kể đến chi phí năng lượng và chi phí vận hành. Như đã đề cập trên đây, nước ngưng chứa rất nhiều nhiệt năng, và nếu nước ngưng được thu gom ở áp suất cao hơn thì có thể cho giãn nở để tạo ra hơi áp suất thấp. Tùy thuộc vào vị trí và khoảng cách đến các ống góp hơi hoặc thiết bị sử dụng hơi, hơi áp suất thấp này có thể trực tiếp bù đắp cho lượng hơi mới (do lò hơi tạo ra) trên nhánh hơi áp suất thấp.

Để đánh giá tác động kinh tế thực sự của cơ hội tối ưu hóa này cần phải sử dụng một mô hình hệ thống hơi được thiết lập trên cơ sở nhiệt động học tin cậy, và công cụ MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ là một công cụ hữu ích để xác định cơ hội tối ưu hóa này. Hình 4.8 thể hiện ảnh chụp màn hình một sơ đồ cân bằng hệ thống hơi công nghiệp đơn giản trong công cụ

MEASUR để minh họa tác động của việc hóa hơi nước ngưng áp suất cao để tạo ra hơi áp suất thấp.



**Hình 4.8. Hóa hơi nước ngưng áp suất cao để tạo ra hơi áp suất thấp**

## CHƯƠNG 5

# HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG PHẦN MỀM CHUYÊN DỤNG TRONG TÍNH TOÁN HỆ THỐNG HƠI MEASUR

MEASUR (Manufacturing Energy Assessment Software for Utility Reduction) là một nền tảng tính toán được phát triển bởi Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (US Department of Energy) từ những năm 1990, có khả năng mô phỏng toàn bộ hệ thống hơi, hệ thống sưởi, khí nén, bơm, quạt, hệ thống nước thải và động cơ. Tài liệu này tập trung vào phần công cụ trong MEASUR dùng để đánh giá hệ thống hơi. Việc sử dụng MEASUR là hoàn toàn miễn phí và có thể truy cập trực tuyến trên trang web chính thức của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ, <https://measur.ornl.gov/landing-screen>. Hình 5.1 thể hiện màn hình giao diện khi mới truy cập MEASUR (landing page of MEASUR).



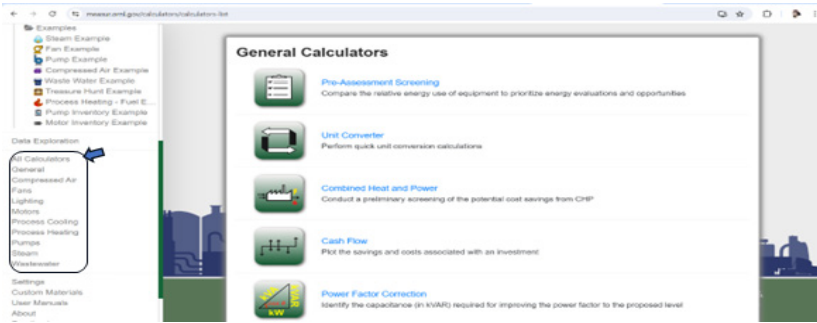
**Hình 5.1. Màn hình giao diện khi mới truy cập MEASUR**

MEASUR giúp người dùng xác định và đánh giá một cách định lượng các cơ hội tiết kiệm năng lượng tiềm năng trong hệ thống hơi. Người dùng có thể hiểu rõ hơn về điều kiện vận hành hiện tại của các thành phần trong hệ thống hơi, bao gồm lò hơi, tuabin, các hệ/đơn vị tiêu thụ hơi, thu hồi nhiệt, bình flash, v.v. Công cụ này giúp ước lượng các lưu lượng hơi khác nhau trong toàn bộ hệ thống và thử nghiệm các kịch bản “như thế nào nếu” cho các cơ hội khác nhau để giảm bớt lượng năng lượng sử dụng.

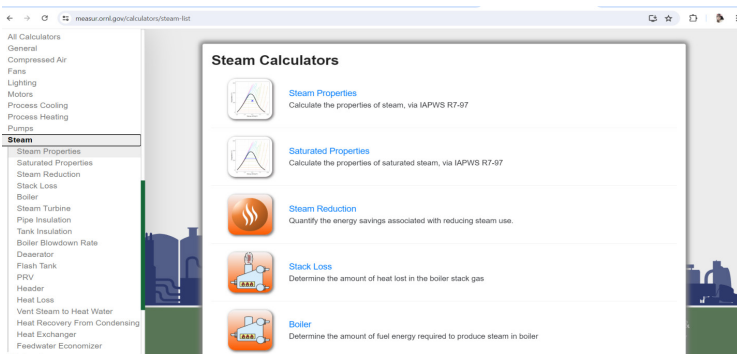
## 5.1. Các công cụ tính toán về hệ thống hơi (Steam Calculators)

Có một số công cụ tính toán (All Calculators – Hình 5.2) được cung cấp trong MEASUR. Mục đích chính của những công cụ này là cung cấp một phân tích nhanh chóng nhưng cơ bản và đáng tin cậy cho một số đánh giá thông thường đối với một

số mô hình phức tạp. Các công cụ tính toán (Calculators) được chia thành các danh mục hệ thống khác nhau như Tổng quát (General), Khí nén (Compressed Air), Quạt (Fans), Chiếu sáng (Lighting), Động cơ (Motors), Làm mát (Process Cooling), Gia nhiệt (Process Heating), Bơm (Pumps), Hơi (Steam) và Nước thải (Wastewater).



Hình 5.2. Giao diện để lựa chọn một số công cụ tính toán All Calculators trong MEASUR



Hình 5.3. Giao diện để lựa chọn một số công cụ tính toán cho hệ thống hơi (Steam)

Một số công cụ tính toán cụ thể cho hệ thống hơi (Steam) như trong hình 5.3 gồm:

- Steam properties: Tính toán thông số nhiệt động của hơi (bất kỳ)
- Saturated properties: Tính toán thông số nhiệt động của hơi bão hòa
- Steam reduction: Tính toán lượng giảm tiêu thụ hơi
- Stack loss: Tính tổn thất theo khói thải
- Boiler: Tính toán lò hơi
- Steam turbine: Tuabin hơi
- Pipe insulation: Tính toán cách nhiệt cho ống
- Tank insulation: Tính toán cách nhiệt cho bồn
- Boiler blowdown rate: Tỷ lệ xả đáy lò hơi
- Deaerator: Thiết bị khử khí
- Flash tank: Bình hơi giảm áp
- PRV: Pressure Reducing Valve, Van giảm áp
- Header: Ống góp
- Heat loss: Tính toán tổn thất nhiệt
- Vent steam to heat water: Dùng hơi xả để gia nhiệt nước
- Heat recovery from condensing heat exchanger: Thiết bị thu hồi nhiệt ngưng tụ
- Feedwater economizer: Bộ hâm nước để gia nhiệt nước cấp

Mỗi công cụ tính toán (Calculators) được chạy độc lập để mô phỏng nhanh chóng về một bộ phận của hệ thống hoặc để hiểu về một vấn đề liên quan đến năng lượng. Người dùng cần lưu ý rằng mục đích của các công cụ tính toán (Calculators) không thể thay thế cho một đánh giá tổng thể về toàn bộ hệ thống. Hình 5.4 hiển thị phần tính toán Lò hơi và cung cấp thông tin về hoạt động lò hơi dưới dạng bảng.

Property	Feedwater	Blowdown	Steam
Pressure (bar)	0.15	15	15
Temperature (°C)	103.9	201.4	201.4
Saturated	Liquid	Liquid	Gas
Mass Flow (t/hr)	10.2	0.2	10
Sp. Enthalpy (kJ/kg)	435.5	858.8	2792.9
Sp. Entropy (kJ/kg-K)	1.351	2.344	6.42
Energy Flow (GJ/hr)	4.4	0.2	27.6

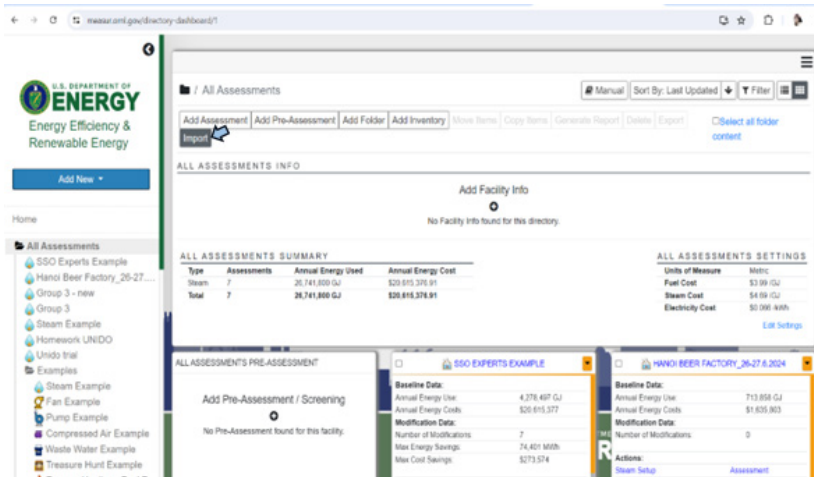
**Hình 5.4. Công cụ tính toán Lò hơi (Boiler Calculator) trong MEASUR**

Mỗi công cụ tính toán (calculators) đều có một phần TRỢ GIÚP (HELP) cho phép hiểu rõ hơn về các giá trị đầu vào được yêu cầu cho công cụ tính toán và các giá trị đầu ra sẽ tính được như thế nào. Phần Trợ giúp (HELP) có sẵn trong Công cụ tính toán (Calculator) sẽ hỗ trợ khi nhập các giá trị đầu vào. Nếu người dùng có sai sót khi nhập giá trị đầu vào (ngoài phạm vi giá trị cho phép của giá trị đầu vào dự kiến), hệ thống sẽ nhận diện và cung cấp một phạm vi các giá trị đầu vào được cho phép đối với tham số đó.

Một số công cụ tính toán hơi (Steam calculators) sẽ được sử dụng rất thường xuyên như **Steam properties** (Tính toán thông số nhiệt động của hơi (bất kỳ)) và **Stack loss** (Tính tổn thất theo khói thải). Kết quả tính toán của các công cụ này đôi khi có thể được sử dụng làm đầu vào cho các công cụ tính toán (calculators) khác. Trong khi đó, một số công cụ tính toán rất phức tạp và có thể chỉ được sử dụng một hoặc hai lần trong quá trình đánh giá năng lượng như **Heat recovery from condensing heat exchanger** (Thiết bị thu hồi nhiệt ngưng tụ), **Feedwater economizer** (Bộ hâm nước để gia nhiệt nước cấp),... Việc áp dụng thực tế của các cơ hội thu hồi nhiệt này không chỉ dựa trên công cụ tính toán (Calculators) mà còn yêu cầu hiểu về phân bố nhiệt độ, thiết kế của bộ trao đổi nhiệt, các ràng buộc về vị trí vật lý thực tế/sẵn có của không gian, v.v. Tóm lại, các công cụ tính toán (Calculators) cung cấp một cách tuyệt vời để nhanh chóng đánh giá và mô phỏng một thành phần/cơ hội trong hệ thống hơi. Dựa trên kết quả từ các Công cụ tính toán, người dùng có thể xác định mức độ công sức - thời gian và tiền bạc - cần đầu tư để tiếp tục đánh giá và khai thác các cơ hội đó.

## 5.2. Các bước thực hành cơ bản trên phần mềm MEASUR

### 5.2.1. Tổng quan về công cụ đánh giá hệ thống hơi (Steam Assessment) trong MEASUR

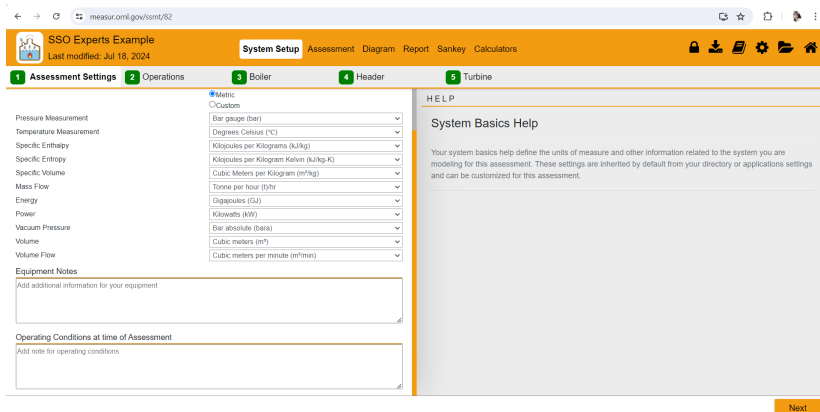


**Hình 5.5. Nút Import trong Giao diện All Assessments để mở file Đánh giá có sẵn**

Như đã đề cập ở trên, MEASUR có khả năng thực hiện nhiều đánh giá hệ thống năng lượng khác nhau, nhưng trong phạm vi tài liệu này tập trung vào Đánh giá hệ thống hơi (Steam Assessment) trong MEASUR.

Đánh giá hệ thống hơi (**Steam Assessment**) trong MEASUR bắt đầu bằng một đánh giá mới (New Assessment) hoặc người dùng có thể mở một tệp đánh giá hệ thống hơi trước đó bằng cách sử dụng chức năng "Import" trong giao diện All Assessments như hình 5.5.

Hình 5.6 thể hiện giao diện phần cài đặt tổng quan cho mục đánh giá hệ thống hơi, nơi người dùng có thể chọn đơn vị đo (Imperial – hệ Anh-Mỹ, Metric – hệ Quốc tế hoặc Tùy chỉnh). Các giá trị mặc định được cung cấp cho các tham số khác nhau trong một hệ thống cụ thể, nhưng người dùng hoàn toàn có thể tinh chỉnh thêm các đơn vị thông số riêng lẻ từ các menu. Các ghi chú về thiết bị (Equipment notes) và các ghi chú về điều kiện vận hành trong quá trình đánh giá (Operating Conditions at time of Assessment) cũng có thể được thêm ở giao diện này.



**Hình 5.6. Giao diện phần cài đặt tổng quan của mục đánh giá hệ thống hơi (Assessment Settings)**

### 5.2.2. Lựa chọn nhiên liệu cho việc sản xuất hơi

Trong MEASUR, người dùng có thể linh hoạt lựa chọn loại nhiên liệu được sử dụng cho quá trình sản xuất ra hơi nước. Điều này được thực hiện trong phần Assessments (Đánh giá), tab System Setup (Thiết lập hệ thống), mục Operations

(Hoạt động), tiểu mục Energy Source (nguồn năng lượng) trong phần Carbon Emissions From Fuel (Phát thải cacbon từ nhiên liệu), như thể hiện ở hình 5.7.

Trước tiên, người dùng lựa chọn loại nhiên liệu trong danh sách tiểu mục Energy Source (nguồn năng lượng), chọn xem đó là loại nhiên liệu khí thiên nhiên, nhiên liệu dầu mỏ, nhiên liệu sinh khối, than, hay các loại nhiên liệu, hoặc hỗn hợp nhiên liệu khác v.v. Sau khi đã chọn xong, danh sách tiếp theo sẽ chuyển sang nhiên liệu cụ thể (Dòng “Fuel type” vẫn trong phần Carbon Emissions From Fuel (Phát thải cacbon từ nhiên liệu)). Có hơn 35 loại nhiên liệu khác nhau được tích hợp sẵn trong MEASUR. Các giá trị nhiệt trị cao (Higher Heating Value – HHV) và hệ số phát thải riêng biệt của chúng đã được thiết lập trong MEASUR.

The screenshot shows the MEASUR software interface for 'SSO Experts Example'. The 'System Setup' tab is active, and the 'Operations' section is selected. Under 'OPERATING CONDITIONS', the 'Energy Source' dropdown menu is open, showing options: Petroleum-based fuels, Steam & Hot Water, Natural Gas, Petroleum-based fuels (highlighted), Biomass fuels, Coal, Other fuels, and Mixed Fuels. The 'Total Fuel Emission Output Rate' is 401.07 kg CO<sub>2</sub>/MWh. The interface also includes a 'HELP' section with 'Steam Operations Help' and 'CO<sub>2</sub> Savings Help'.

Field	Value	Unit
Operating Hours	8760	hrs/yr
Site Power Import	7000	kW
Make-up Water Temperature	20	°C
Fuel	4.7	\$/GJ
Electricity	0.105	\$/MWh
Make-Up Water Cost	0.75	\$/m <sup>3</sup>
Total Fuel Emission Output Rate	401.07	kg CO <sub>2</sub> /MWh

**Hình 5.7. Giao diện lựa chọn nhiên liệu sử dụng cho việc sản xuất hơi**

CARBON EMISSIONS - NET CARBON EMISSIONS RATE FROM FUEL				
Energy Source	Fuel Type	Percent Used	Emission Output Rate	
Coal	Bituminous	50 %	50.4159955	kg CO <sub>2</sub> /GJ ✖
Biomass Fuels	Wood	50 %	50.954628	kg CO <sub>2</sub> /GJ ✖

+Add New Source

Total Carbon Emissions: 98.89 kg CO<sub>2</sub>/GJ

Cancel Apply Data

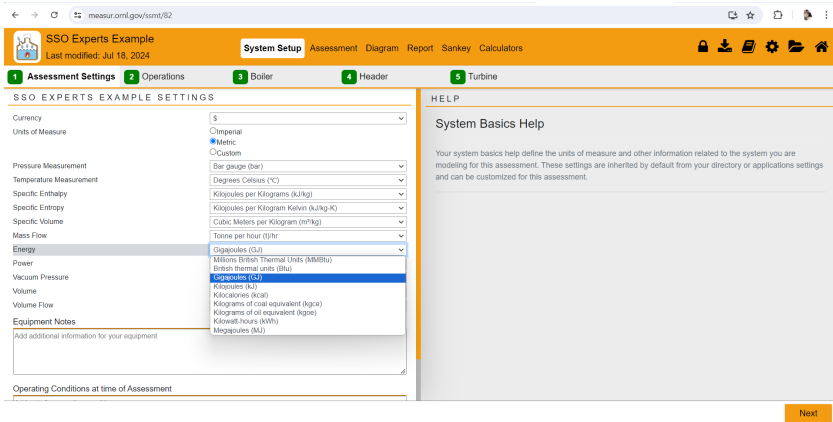
### Hình 5.8. Công cụ tính Hệ số phát thải cacbon cho loại nhiên liệu được nhập bởi người dùng

Ngoài ra, người dùng cũng có thể nhập thông số của loại nhiên liệu riêng của mình - dựa trên sự kết hợp của các nhiên liệu đã được tích hợp sẵn trong MEASUR hoặc sử dụng phân tích thành phần nhiên liệu cho loại nhiên liệu cụ thể đó. Người dùng cũng có khả năng sửa đổi hệ số phát thải được cung cấp trong MEASUR. Người dùng cũng có thể tính toán hệ số phát thải bằng cách sử dụng định dạng bảng như được cung cấp trong MEASUR và được hiển thị trong Hình 5.8.

Cần lưu ý rằng chi phí năng lượng nhiên liệu luôn được cung cấp trong MEASUR dưới dạng \$/đơn vị năng lượng (ví dụ: \$/GJ, \$/MJ, \$/kcal). Người dùng chọn đơn vị năng lượng được sử dụng trong MEASUR trên màn hình **Assessment Settings** (Cài đặt Đánh giá) như hình 5.9.

Nếu các chi phí nhiên liệu được tính theo thể tích (ví dụ: \$/m<sup>3</sup>, \$/tấn), thì người dùng sẽ cần thực hiện việc tính toán bên ngoài tương tự như được hiển thị trong Bảng 5.1 để chuyển đổi các chi phí nhiên liệu thành đơn vị tính theo năng lượng.

**CẨM NANG HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP  
NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP**



**Hình 5.9. Giao diện để lựa chọn đơn vị để tính chi phí cho năng lượng**

**Bảng 5.1. Nhiệt trị cao (Higher Heating Values - HHV)  
của một số loại nhiên liệu thông dụng**

Nhiên liệu	Đơn vị đo lường	Giá điển hình [\$ / đơn vị đo lường]	Nhiệt trị cao [kJ/kg]	Đơn giá [\$ / GJ]
Khí thiên nhiên	Nm <sup>3</sup>	1,00	54.220	26,35
Dầu DO (#2 Fuel Oil)	tấn	1.500	45.125	33,24
Dầu FO (LS) (#6 Fuel Oil LS)	tấn	785	43.595	18,01
Dầu FO (HS) (#6 Fuel Oil HS)	tấn	797	43.764	18,21
Than bitum	tấn	171	31.890	5,36
Than á bitum	tấn	129	23.465	5,50
Củ gỗ	tấn	22	12.215	1,80

### 5.2.3. Thiết lập các điều kiện làm việc (Operating Conditions) của hệ thống hơi

Hình 5.10 trình bày giao diện của phần Điều kiện vận hành (Operations) cho việc Đánh giá hệ thống hơi. Các chi tiết chung và chi phí tiện ích cho hoạt động nhà máy được cung cấp ở đây và cụ thể hơn là liên quan đến hệ thống hơi. Ngoài ra, nguồn nhiên liệu cho việc tạo ra hơi nước và các yếu tố phát thải cho cả nhiên liệu được sử dụng để tạo ra hơi nước và điện năng được tạo ra ngoài công trình cũng được cung cấp ở giao diện này.

Mục 3 - Lò hơi (Boiler) của phần đánh giá hệ thống hơi được hiển thị như trong Hình 5.11. Đây là phần đại diện cho khu vực sản xuất ra hơi nước. Trong phần này, có một số công cụ tính toán (calculators) được liên kết để cho phép thực hiện các tính toán cụ thể dựa trên dữ liệu thực tế trên thực địa trong quá trình đánh giá năng lượng.

Hình 5.12 thể hiện giao diện của phần tiếp theo, 4 - Mức áp suất hơi (Header), để nhập thông số đầu vào của khu vực phân phối, tiêu thụ và thu hồi nước ngưng. Phần này bắt đầu bằng việc xác định số mức áp suất hơi (Number of Headers). Số lượng này tương ứng với số lượng các mức áp suất có trong hệ thống hơi. MEASUR cho phép thiết lập ba loại hệ thống hơi khác nhau với ba mẫu mô hình hệ thống hơi được thiết lập sơ bộ: hệ thống có một, hoặc hai, hoặc bộ góp hơi (tức là một, hoặc hai, hoặc ba mức giá trị của áp suất hơi trong hệ thống).

# CẨM NANG HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP

SSO Experts Example  
Last modified: Jul 18, 2024

System Setup Assessment Diagram Report Sankey Calculators

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Boiler 4 Header 5 Turbine

### OPERATING CONDITIONS

General Details

Operating Hours	8760	hr/yr
Site Power Import	7000	kW
Make-up Water Temperature	20	°C

Energy Costs for Operation

Fuel	4.7	\$/GJ
Electricity	0.105	\$/kWh
Make-Up Water Cost	0.75	\$/m3

Carbon Emissions From Fuel

Energy Source	Petroleum-based fuels	
Fuel Type	Diesel (Distillate Fuel #2)	
Total Fuel Emission Output Rate	70.1	kg CO <sub>2</sub> /GJ

Carbon Emissions From Electricity

Zip code	00000	
eGRID Subregion	U.S. Average	
Total Emission Output Rate	401.07	kg CO <sub>2</sub> /MWh

Back Next

Hình 5.10. Giao diện phần 2-vận hành (Operations) của hệ thống hơi

SSO Experts Example  
Last modified: Jul 18, 2024

System Setup Assessment Diagram Report Sankey Calculators

1 Assessment Settings 2 Operations 3 Boiler 4 Header 5 Turbine

### BOILER DETAILS

Boiler Combustion Efficiency

Boiler Combustion Efficiency	84.9	%
------------------------------	------	---

Blowdown Rate

Blowdown Rate	5	%
---------------	---	---

Is the Blowdown flashed?

Is the Blowdown flashed?	No
--------------------------	----

Preheat Make-up Water with Blowdown

Preheat Make-up Water with Blowdown	No
-------------------------------------	----

Steam Temperature

Steam Temperature	300	°C
-------------------	-----	----

Deaerator Vent Rate

Deaerator Vent Rate	0	%
---------------------	---	---

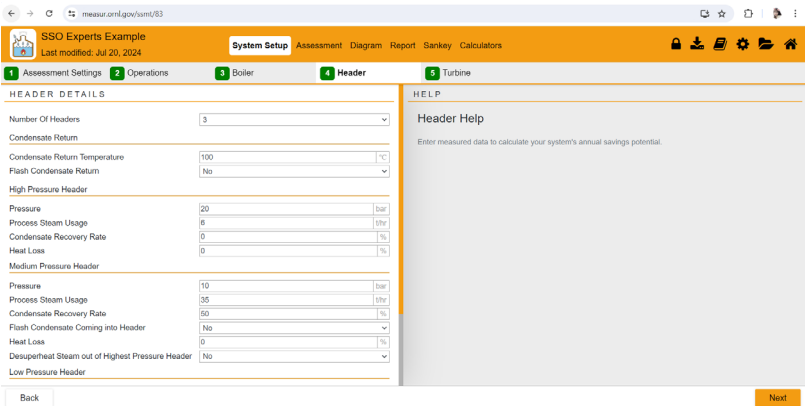
Deaerator Pressure

Deaerator Pressure	0.42	bar
--------------------	------	-----

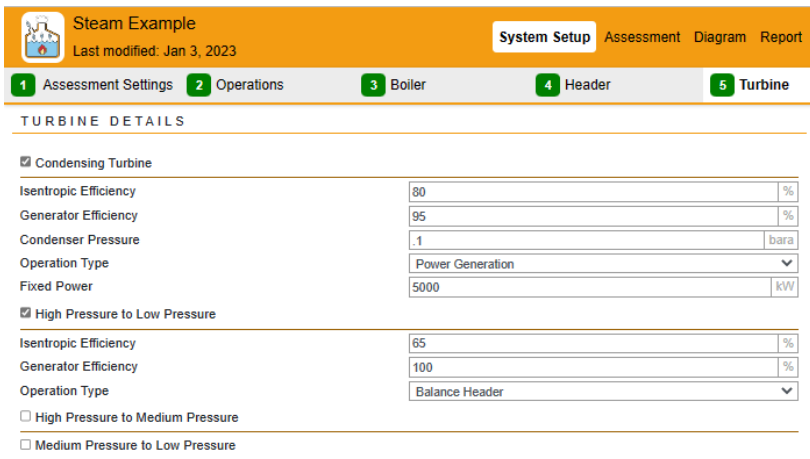
Back Next

Hình 5.11. Giao diện phần 3-Lò hơi (Boiler) của hệ thống hơi

CẨM NANG HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP  
NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP



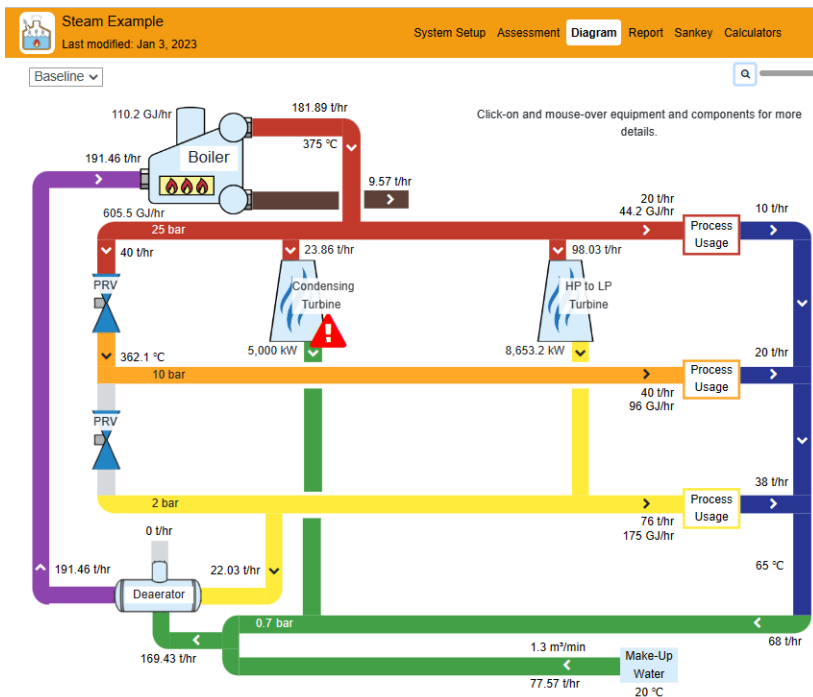
Hình 5.12. Giao diện phần 4-Mức áp suất hơi (Header) của hệ thống hơi



Hình 5.13. Giao diện phần 5-Tuabin (Turbine) của hệ thống hơi

Tại mỗi mức áp suất hơi (High, Medium and Low Pressure Header), người dùng cung cấp thông tin về giá trị áp suất và lưu lượng hơi yêu cầu bởi các nhu cầu sử dụng hơi tại các mức áp suất cụ thể đó. MEASUR, dựa trên các thông tin đã nhập về các nguồn sử dụng hơi, sẽ xác định lượng hơi tương ứng cần được tạo ra. Phần này yêu cầu thêm thông tin về:

- Tỷ lệ thu hồi nước ngưng (Condensate Recovery Rate: là tỷ lệ lượng hơi sau khi sử dụng sẽ được tái sử dụng dưới dạng nước ngưng);
- Cách thức xử lý nước ngưng xuống các mức áp suất thấp hơn (Flash Condensate Coming into Header): chọn Yes nếu hệ thống hơi sử dụng bình flash để hạ áp suất của nước ngưng từ mức áp suất cao hơn xuống mức áp suất đang nhập thông số, ví dụ: đang ở mục Medium pressure header);
- Ngoài ra, việc khử quá nhiệt (Desuperheat Steam) và tổn thất năng lượng (Heat loss) tại mức áp suất đó là các tùy chọn cho người dùng để mô tả rõ hơn về hệ thống hơi đang cần đánh giá.



**Hình 5.14. Giao diện phần Sơ đồ (Diagram) thể hiện một mô hình cơ sở (Baseline model) của hệ thống hơi trong MEASUR**

Hình 5.13 thể hiện giao diện của phần 5-Tuabin. MEASUR cho phép mô phỏng bốn loại tuabin khác nhau: tuabin ngưng hơi; tuabin đối áp từ áp suất cao đến áp suất thấp (HP-LP); tuabin đối áp từ áp suất cao đến áp suất trung bình (HP-MP); và tuabin đối áp từ áp suất trung bình đến áp suất thấp (MP-LP).

Đến lúc này, tất cả thông tin cần thiết để mô tả hệ thống hơi đã hoàn thành và MEASUR sẽ xây dựng một mô hình Cơ sở (Baseline model) dựa trên những thông tin đã được người dùng cung cấp. Tab Sơ đồ (Diagram) trong MEASUR cung cấp sơ đồ quy trình của hệ thống hơi cùng với thông tin về lò hơi, các mức áp suất hơi (headers), tuabin, các đối tượng tiêu thụ hơi, các mức áp suất, nước ngưng, thiết bị khử khí, v.v. Sơ đồ (Diagram) dù đã có hầu hết các thông tin quan trọng cho người dùng, nhưng các thông tin chi tiết hơn vẫn có thể được xem bằng cách nhấp chuột và di chuột qua các thiết bị và thành phần cụ thể trong hệ thống. Hình 5.14 trình bày sơ đồ quy trình của mô hình Cơ sở (Baseline model) của hệ thống hơi đã được thiết lập.

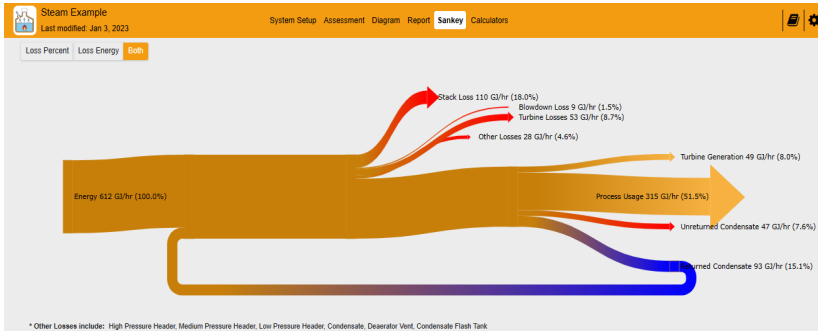
RESULTS		HELP	
<b>STEAM SYSTEM SUMMARY</b>			
<b>Steam Generated</b>			
	181.0 t/hr		
<b>Total Operating Cost</b>			
	\$137,444,548		
<b>CO<sub>2</sub> Emissions (tonne CO<sub>2</sub>/yr)</b>			
Emissions From Fuel	266,768.83		
Emissions From Selling Electricity	0		
Emissions From Change in Electricity Imports	0		
<b>Total Emissions</b>	<b>266,768.83</b>		
<b>Fuel</b>			
Boiler Fuel Use	5,304,609.83 GJ/yr		
Boiler Fuel Cost (\$)	\$132,615,246		
<b>Electricity</b>			
Electricity Generated	13,653.22 kW		
Electricity Imported	5,000 kW		
Electricity Cost (\$)	\$4,380,000		
<b>Make-Up Water</b>			
Make-Up Water Required	680,750.09 m <sup>3</sup>		
Make-up Water Cost (\$)	\$449,302		
<b>COST SUMMARY</b>			
<b>Power Balance</b>			
Generation	13,653.2 kW		
Demand	16,653.2 kW		
Import	5,000 kW		
Unit Cost	\$0.10 /kWh		
<b>Total \$/yr</b>	<b>\$4,380,000</b>		
<b>Fuel Balance</b>			
Boiler	005.65 GJ/hr		
Unit Cost	\$25.00 /GJ		
<b>Total \$/yr</b>	<b>\$132,615,246</b>		
<b>Make-Up Water</b>			
Flow	1.3 m <sup>3</sup> /min		
	680,750.09 m <sup>3</sup>		
Unit Cost	\$0.66 /m <sup>3</sup>		
<b>Total \$/yr</b>	<b>\$449,302</b>		
<b>Total Operating Cost</b>			
	\$137,444,548		
<b>MARGINAL STEAM COST</b>			
High Pressure	\$93.62 /t		
Medium Pressure	\$93.62 /t		
Low Pressure	\$85.09 /t		

**Hình 5.15. Giao diện phần Tổng kết chung (General Summary) và Tổng kết chi phí (Cost Summary) của hệ thống hơi**

Tab Sơ đồ (Diagram) cũng cung cấp các thông tin tổng hợp của hệ thống hơi về tiêu thụ năng lượng, phát thải khí và chi phí nhiên liệu, điện, nước cấp của hệ thống hơi tính theo năm. Một tính năng rất mạnh mẽ của MEASUR là tính toán giá trị định biên (MARGINAL STEAM COST) của hơi nước. Tùy thuộc vào các chi phí đầu vào (nhiên liệu, điện, nước), hiệu suất tổng thể của hệ thống hơi và hoạt động của tuabin hơi, MEASUR tính toán chi phí hơi tại mỗi mức áp suất hơi (header). Chi phí định biên của hơi (MARGINAL STEAM COST) này được sử dụng rất thường xuyên trong việc định lượng cơ hội tiết kiệm năng lượng. Hình 4.10 thể hiện giao diện màn hình Tổng kết chung (General Summary) và Tổng kết chi phí (Cost Summary) của hệ thống hơi.

Người dùng MEASUR được khuyến nghị xây dựng sự tin cậy trong mô hình Cơ sở (baseline model) trước khi tiếp tục các đánh giá khác. So sánh thông tin về đầu vào (utility) và chi phí được tính toán trong MEASUR với hoạt động thực tế mang lại sự tin cậy về mô hình cơ sở (baseline model). Độ chính xác của mô hình cơ sở (baseline model) có ảnh hưởng tới các tính toán chính xác về các tác động của các dự án nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng sau này thiết lập trên MEASUR.

Sơ đồ Sankey trình bày phân bố các dòng năng lượng của hệ thống (Hình 5.16). Sơ đồ Sankey chủ yếu được sử dụng để minh họa các tổn thất khác nhau trong một hệ thống năng lượng. Sơ đồ Sankey này có thể được truy cập thông qua tab "Sankey" trong MEASUR.



Hình 5.16. Giao diện Sơ đồ Sankey trong MEASUR

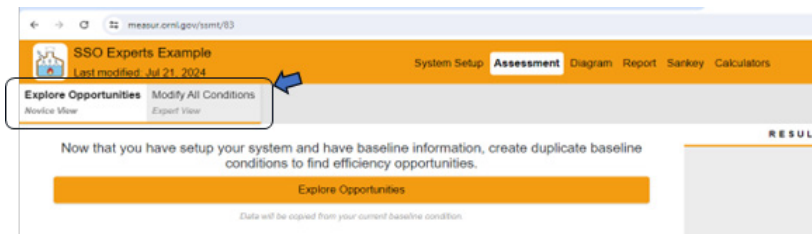
### 5.3. Một số ví dụ tính toán tối ưu hóa hệ thống hơi thực hiện bằng MEASUR

Mô hình hệ thống hơi MEASUR với 3 mức áp suất hơi (header) là tập hợp của các mô hình có 1 mức áp suất và 2 mức áp suất, và là mô hình hệ thống hơi toàn diện nhất có sẵn trong MEASUR. Người dùng cần lưu ý rằng, mô hình này sẽ yêu cầu thông tin thực địa chi tiết về để mô phỏng chính xác hệ thống đang được đánh giá.

Tab “Đánh giá” (Assessment) là công cụ để tiến hành các dự án tối ưu hóa hệ thống hơi. Có hai lựa chọn để tiến hành phân tích “ như thế nào nếu ” trên hệ thống hơi đang được tối ưu hóa (Hình 5.12):

- Explore Opportunities (Novice view) Khám phá Cơ hội (Giao diện dành cho người mới);

- Modify All Conditions (Expert view) Sửa đổi tất cả các điều kiện (Giao diện dành cho chuyên gia).



**Hình 5.17. Hai lựa chọn để tiến hành phân tích (Assessment) hệ thống hơi trong MEASUR**

Cả hai lựa chọn trên (Hình 5.17) đều sẽ dẫn đến cùng một kết quả, nhưng việc sử dụng phương pháp nào phụ thuộc vào sở thích của người dùng. Ngoài ra, MEASUR cung cấp khả năng phân tích tích lũy kết quả của nhiều dự án khác nhau để tối ưu hóa hệ thống hơi. Mô hình hệ thống trong MEASUR áp dụng “Phương pháp Tiếp cận trên toàn bộ Hệ thống” một cách chân thực và dưới đây là danh mục các khả năng tối ưu hóa hệ thống hơi, trong đó có nhiều dự án riêng lẻ có thể được đánh giá độc lập hoặc tích lũy rồi đánh giá tổng hợp cho bất kỳ hệ thống hơi nào:

- Adjust general operations (Điều chỉnh hoạt động chung);
- Adjust unit costs (Điều chỉnh chi phí đầu vào như điện, nước, nhiên liệu);
- Adjust boiler operations (Điều chỉnh hoạt động của lò hơi);

- Adjust condensate handling (Điều chỉnh việc xử lý nước ngưng);
- Adjust heat loss percentages (Điều chỉnh tỷ lệ tổn thất nhiệt);
- Adjust steam demand / usage (Điều chỉnh nhu cầu / thực tế mức sử dụng hơi);
- Modify high pressure to low pressure steam turbine (Thay đổi về tuabin hơi đối áp từ cấp cao áp sang cấp hạ áp);
- Modify high pressure to medium pressure steam turbine (Thay đổi về tuabin hơi đối áp từ cấp cao áp sang cấp trung áp);
- Modify medium pressure to low pressure steam turbine (Thay đổi về tuabin hơi đối áp từ cấp trung áp sang cấp hạ áp);
- Modify condensing steam turbine (Thay đổi về tuabin ngưng hơi).

RESULTS	SANKEY		HELP
	Baseline	Scenario 1	
Percent Savings (%)	—	4.0%	
Fuel Usage (GJ/yr)	5,304,609.8	5,104,906.9	
Fuel Cost (\$/yr)	\$132,615,246	\$127,622,672	
Electricity Purchased (kWh/yr)	43,800,000	43,800,000	
Electricity Cost (\$)	4,380,000	4,380,000	
Water Usage (m <sup>3</sup> /yr)	680,760.1	680,760.1	
Water Cost (\$/yr)	449,302	449,302	
Power Generated (kW)	13,653.2	13,653.2	
Process Use (GJ/yr)	315.2	315.2	
Stack Loss (GJ/yr)	110.2	87.4	
Vent Losses (GJ/yr)			
Unrecycled Condensate Losses (GJ/yr)	46.7	46.7	
Turbine Losses (GJ/yr)	0.9	0.9	
Other Losses (GJ/yr)	37.5	37.5	
Annual Emissions (tonne CO <sub>2</sub> )	266,768.83	256,725.77	
Annual Emissions Savings (tonne CO <sub>2</sub> )	—	10,043.06	
Annual Cost (\$)	137,444,548	132,451,974	
Annual Savings (\$)	—	4,992,574	

**Hình 5.18. Kết quả đánh giá về các chi phí tiết kiệm được cho hệ thống hơi theo kịch bản Scenario 1 được tính toán thiết lập trong MEASUR**

Sau khi dự án (hoặc các dự án) đã được chọn, MEASUR tính toán việc tiết kiệm nhiên liệu, nước và điện, giảm lượng khí thải và tổng chi phí tiết kiệm được, từ đó, trình bày thông tin dưới dạng bảng như được thể hiện trong Hình 5.18. Sự so sánh luôn được thực hiện bằng cách đối chiếu với Mô hình Cơ sở (Baseline model). Do đó, việc đảm bảo Mô hình Cơ sở (Baseline model) thực sự thể hiện được tình trạng hoạt động thực tế của nhà máy là rất quan trọng.

MEASUR lưu giữ tất cả các dự án tối ưu hóa hệ thống hơi (được gọi là các kịch bản - Scenarios) mà người dùng đã thực hiện và cung cấp chúng dưới dạng hai bảng được đặt cạnh

n nhau (được gọi là “Executive Summary”) để so sánh trong mục “Báo cáo” (tab “Report”) (hình 5.19). Có một số tab con bổ sung trong tab “Báo cáo” (Report) cung cấp thông tin rất chi tiết về đánh giá hệ thống hơi.

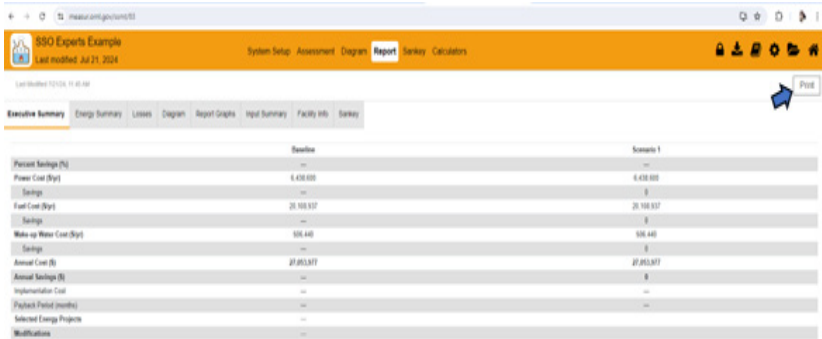
Người dùng có thể in tất cả thông tin này bằng cách sử dụng nút “Print” trong tab “Báo cáo”. Đây là một kết quả rất chuyên nghiệp và có thể dễ dàng được sử dụng như một báo cáo đánh giá năng lượng để gửi cho các cấp quản lý nhà máy để ra các quyết định tiếp theo.

### **5.3.1. Tính toán tổn thất theo khói thải (Stack loss)**

Có nhiều phương pháp khác nhau để tính toán tổn thất theo khói thải (Stack loss) nhưng phương pháp nào cũng đều dựa trên một hình thức nào đó của mô hình cháy. Ví dụ, Performance Test Code 4 của ASME quy định rõ tất cả các tham số, phương trình, phương pháp đo lường và thiết bị cần thiết để tính toán chính xác tổn thất theo khói thải (Stack loss). Phương pháp này rất chi tiết và thay vì người dùng phải sử dụng một mô hình cháy chi tiết, tài liệu hướng dẫn này cung cấp hai nguồn để tính toán tổn thất theo khói thải (Stack loss) dựa trên một mô hình đốt cháy được phát triển bởi Tiến sĩ Greg Harrell - Bộ Năng lượng Hoa Kỳ. Chúng bao gồm:

- Bảng tổn thất theo khói thải (Stack loss) (Bảng 5.2);
- Công cụ tính toán tổn thất theo khói thải (Stack loss calculator) trong phần mềm MEASUR (Hình 5.20).

**CẨM NANG HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP  
NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP**

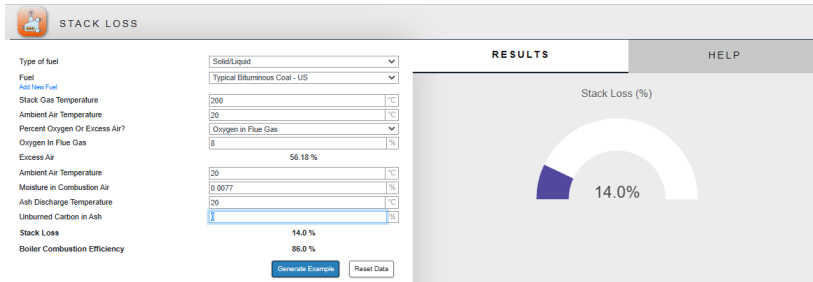


**Hình 5.19. Giao diện mục Báo cáo (tab “Report”) trong MEASUR**

**Bảng 5.2. Tổn thất theo khói thải (Stack loss)  
đối với nhiên liệu khí thiên nhiên**

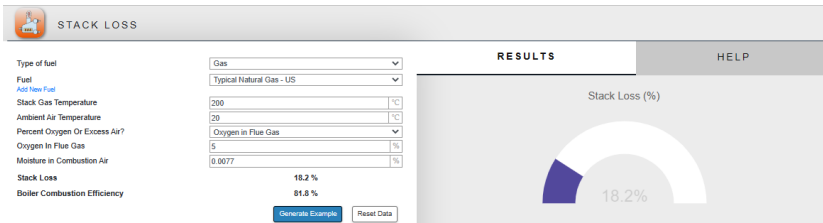
Bảng tra tổn thất theo khói thải đối với				Khí thiên nhiên điển hình												
Hàm lượng oxy trong khói ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khói khô [%]	Nồng độ khí cháy được [ppm]	Tổn thất theo khói thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]													
			Nhiệt độ tĩnh của khói thải [°C]													
			(Chênh lệch giữa nhiệt độ khói thải và nhiệt độ môi trường)													
			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		
Nhiệt độ khói thải thực T [°C]			121	149	177	204	232	260	288	316	343	371	399	427		
Nhiệt độ môi trường T [°C]			21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21		

*Nguồn tham khảo: Mô hình cháy phát triển bởi Tiến sĩ Greg Harrell*



**Hình 5.20. Công cụ tính toán tổn thất theo khói thải (Stack Loss calculator) trong MEASUR**

Mô hình tính toán tổn thất theo khói thải (Stack loss) giả định sự hiện diện ở mức tối thiểu (hoặc không có) chất cháy trong khói thải và không có nước ngưng. Các dữ liệu cần thiết bao gồm: nhiên liệu, nhiệt độ khói thải, nồng độ oxy trong khói thải và nhiệt độ không khí vào.



**Hình 5.21. Kết quả tính tổn thất theo khói thải (Stack loss) của Boiler ở ví dụ 1**

### Ví dụ 1:

Xác định tổn thất theo khói thải (Stack loss) của lò hơi năng suất 20 T/h đang hoạt động với các thông tin sau:

Nhiệt trị cao (HHV) của khí tự nhiên = 54.220 kJ/kg  
(40.144 kJ/m<sup>3</sup>)

Nguồn cung cấp nhiên liệu = 1.693 m<sup>3</sup>/giờ (28 m<sup>3</sup>/phút)

Giá nhiên liệu = \$1.0/m<sup>3</sup>

Nhiệt độ khói thải: 200°C

Oxy trong khói thải: 5%

Lượng chất cháy trong phân tích khói thải có thể bỏ qua.

***Kết quả tính tổn thất theo khói thải (Stack loss) được thể hiện ở hình 5.21.***

### **5.3.2. Lắp đặt thêm thiết bị thu hồi nhiệt của khói thải (Flue Gas Heat Recovery Equipment)**

Có ba loại thiết bị thu hồi nhiệt khói thải được sử dụng phổ biến trong các hệ thống lò hơi công nghiệp là:

- Bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers);
- Bộ sấy không khí (Air preheaters);
- Bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ (Condensing economizers).

Loại thiết bị thu hồi nhiệt được sử dụng trong các hệ thống lò hơi công nghiệp sẽ phụ thuộc rất nhiều vào loại nhiên liệu được sử dụng và thiết kế lò hơi tương ứng. Hầu hết các lò hơi công nghiệp đều sẽ (nên) có bộ hâm nước cấp (feedwater economizers). Hầu hết các lò hơi nhiên liệu rắn và nhiên liệu

có độ ẩm đáng kể sẽ có bộ sấy không khí (Air preheaters). Một số lượng đáng kể lò hơi công nghiệp và lò hơi nhà máy nhiệt điện sẽ có cả bộ hâm nước cấp (feedwater economizers) và bộ sấy không khí (Air preheaters). Lò hơi đốt nhiên liệu sạch (khí tự nhiên, methane, dầu diesel, v.v.) có thể được hưởng lợi từ bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ (Condensing economizers), tùy thuộc vào yêu cầu về nhiệt của toàn bộ hệ thống.

### ***Bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers)***

Một bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers) là một thiết bị trao đổi nhiệt được lắp đặt để thu hồi nhiệt từ khói thải để gia nhiệt cho nước cấp của lò hơi. Đây là thành phần thu hồi năng lượng phổ biến nhất được lắp đặt trên lò hơi. Ngay cả khi lò hơi được thiết kế không có sẵn bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers), việc lắp đặt một bộ hâm nước dạng mô-đun tại vị trí đường khói thải của một lò hơi là hoàn toàn khả thi. Các thiết kế trao đổi nhiệt và công nghệ vật liệu tiên tiến cho phép tối thiểu hóa tổn thất áp suất ở phía khói thải và nhiệt độ có thể đạt được rất tốt để tối đa hóa lượng nhiệt thu hồi được dù với diện tích trao đổi nhiệt là tối thiểu. Ngoài ra, bộ hâm nước cấp có kích thước nhỏ gọn và thường không gây ra bất kỳ ràng buộc hạn chế gì về kích thước.

Hình 5.22 trình bày một ví dụ về Công cụ tính toán bộ hâm nước cấp (feedwater economizer Calculator) trong MEASUR. Công cụ tính toán này có thể được sử dụng để đánh giá lượng nhiệt thu hồi được từ bộ hâm nước cấp và lượng năng lượng và

chi phí tiết kiệm được liên quan đến việc lắp đặt bộ hâm nước cấp (feedwater economizer).

RESULTS		HELP
<b>Results</b>		
Flow Rate of Flue Gases		873,724 GJ/yr
Flow Rate of Steam		10,722 GJ/yr
Flow Rate of Feedwater		20,591 GJ/yr
Enthalpy of Steam		2,432 GJ/yr
Enthalpy of Feedwater		453 GJ/yr
Flue Gas Outlet Temperature		309 °C
Feedwater Outlet Temperature		208 °C
<b>Annual Results</b>		
Energy Savings		191,122 GJ
Cost Savings		8550,348

**Hình 5.22. Giao diện Công cụ tính toán bộ hâm nước cấp (Feedwater Economizer Calculator) trong MEASUR**

### **Bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ (Condensing economizers)**

Khi hơi nước là sản phẩm của quá trình cháy, thông thường, nó sẽ ở trạng thái khí khi thoát ra khỏi ống khói. Tuy nhiên, lượng hơi nước này chứa một lượng năng lượng đáng kể để có thể được thu hồi nếu ngưng tụ được lượng hơi nước này. Hiện có sẵn các thiết bị thu hồi nhiệt được thương mại hóa đã được thiết kế riêng cho các nhiên liệu cháy sạch (khí tự nhiên, khí methane, propane, dầu nhiên liệu số 2, v.v.) để thu hồi nhiệt ẩn của hơi nước từ khói thải. Các thiết bị này thường được gọi là bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ (condensing economizers).

Tùy thuộc vào nhiên liệu, bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ có thể tăng hiệu suất lò hơi thêm 10%. Để đạt được sự ngưng tụ trong dòng khói thải, nhiệt độ khói thải phải thấp hơn nhiệt độ đọng sương (dew point). Nhiệt độ đọng sương thường là 60°C khi đốt khí tự nhiên và khi nhiệt độ khói thải giảm, lượng hơi nước ngưng tụ càng nhiều sẽ càng cho phép thu hồi nhiệt cao hơn.

Lưu ý rằng, vì nhiệt độ đọng sương điều khiển quá trình ngưng tụ trong khói thải, cần có nhu cầu sử dụng nhiệt ở nhiệt độ thấp trong nhà máy. Bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ có thể thu hồi được một lượng lớn nhiệt năng nhưng ở nhiệt độ khá thấp. Các ứng dụng trong công nghiệp đòi hỏi nhiều về nhiệt năng ở nhiệt độ thấp như nhà máy chế biến thực phẩm, nhà máy hơi với tỷ lệ nước cấp bổ sung là 100%, ngành dệt may, hệ thống sưởi ấm, v.v. thường là các đối tượng tốt cho việc sử dụng bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ.

Việc đánh giá bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ thông thường sẽ yêu cầu một mô hình đốt cháy dựa trên áp suất riêng phần và không nằm trong phạm vi của tài liệu này. Tuy nhiên, các nhà sản xuất và sách giáo trình về bộ thu hồi nhiệt ngưng tụ có thể cung cấp các biểu đồ về thu hồi nhiệt đã được xây dựng riêng cho các nhiên liệu cháy sạch.

Hình 5.23 trình bày một ví dụ về Công cụ tính toán Thiết bị thu hồi nhiệt ngưng tụ (Heat recovery from condensing heat exchanger Calculator) có sẵn trong MEASUR. Công cụ

tính toán này có thể được sử dụng để đánh giá cơ hội tiết kiệm năng lượng và chi phí khi sử dụng thiết bị thu hồi nhiệt ngưng tụ.

RESULTS		HELP
<b>Results</b>		
Excess Air		39.9 %
Current Available Heat		88,773.9 %
Specific Heat of Flue Gas		0.28 kJ/m <sup>3</sup> °C
Flue Gas Flow Rate		52,330 kg/hr
Fraction Condensed		21.58 %
Sensible Heat Recovery		5.33 MJ/hr
Latent Heat Recovery		2,739.39 MJ/hr
Total Heat Recovery		2,744.72 MJ/hr
<b>Annual Results</b>		
Sensible Heat Recovery		42,828 MJ
Latent Heat Recovery		21,915,150 MJ
Annual Heat Recovery		21,957,978 GJ
Cost Savings		\$100,788,729

**Hình 5.23. Giao diện Công cụ tính toán Thiết bị thu hồi nhiệt ngưng tụ (Heat recovery from condensing heat exchanger Calculator) trong MEASUR**

### Ví dụ 2:

Một lò hơi, công suất 20 T/h đốt khí tự nhiên, trước đây đã được lắp đặt bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers) nhưng bộ hâm nước cấp đã được tháo ra để bảo dưỡng và loại bỏ cặn tích tụ. Đã qua một vài năm và hiện tại lò hơi vận hành mà không có bộ hâm nước cấp. Ước tính cơ hội tiết kiệm chi phí năng lượng hàng năm khi lắp đặt lại bộ hâm nước cấp cho lò hơi. Bỏ qua tổn thất qua vỏ và tổn thất do nước xả lò cho các tính toán hiệu suất lò hơi.

Nhiệt trị cao (HHV) của khí tự nhiên = 54.220 kJ/kg  
(40.144 kJ/m<sup>3</sup>)

Lượng tiêu hao nhiên liệu = 1.693 m<sup>3</sup>/giờ (28 m<sup>3</sup>/phút)

Chi phí nhiên liệu = \$1.0/m<sup>3</sup>

Nhiệt độ khói thải tại đầu ra khỏi lò hơi: 200°C

Lượng oxy trong khói thải: 5%

Lượng chất cháy được tìm thấy trong phân tích khói thải là không đáng kể

Nhiệt độ môi trường không khí: 20°C

Chi phí vận hành lò hơi đã được tính toán trong phần trước như sau:

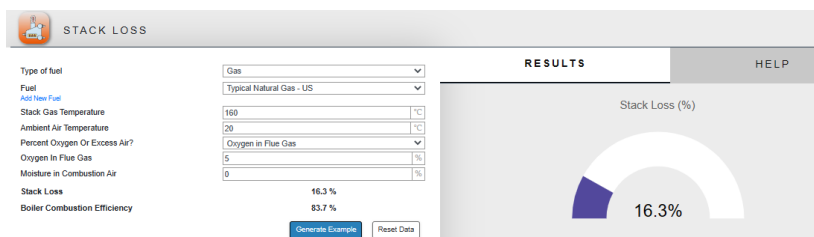
$$K_{lò\ hơi} = 1.693 \times 1.0 = 1.693 \$ / \text{giờ}$$

$$K_{lò\ hơi} = 1.693 \times 1.0 \times 8.760 = 14.830.6800 \$ / \text{năm}$$

Tổn thất theo khói thải (Stack loss) hiện tại đã được tính toán từ Công cụ tính toán Tổn thất theo khói thải (Stack Loss calculator) trong MEASUR là 18,2% cho 5% oxy trong khói thải, nhiệt độ khói thải 200°C và nhiệt độ môi trường không khí 20°C. Do đó, hiệu suất lò hơi hiện tại,  $\eta_{\text{hiện tại}}$  là 81,8%.

Dựa trên điều kiện vận hành trước đó (theo thiết kế), ta đã biết với bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers) được lắp đặt, nhiệt độ khói thải khoảng ~160°C. Sử dụng Công cụ tính toán Tổn thất theo khói thải (Stack Loss calculator) trong

MEASUR, như được hiển thị trong Hình 5.24, tổn thất theo khói thải mới là 16,3%. Do đó, hiệu suất lò hơi mới,  $\eta_{mới}$  là 83,7%.



**Hình 5.24. Giao diện kết quả tính Tổn thất theo khói thải (Stack Loss calculator) trong MEASUR, khi lắp đặt bộ hâm nước cấp (Feedwater economizers)**

Tiết kiệm về chi phí nhiên liệu sau khi lắp đặt bộ hâm nước cấp được tính như sau:

$$\sigma_{\text{không khi thua}} = K_{\text{lò hơi}} \left( 1 - \frac{\eta_{\text{hientai}}}{\eta_{\text{moi}}} \right)$$

$$\sigma_{\text{không khi thua}} = 14.830.680 \times \left( 1 - \frac{81,8}{83,7} \right)$$

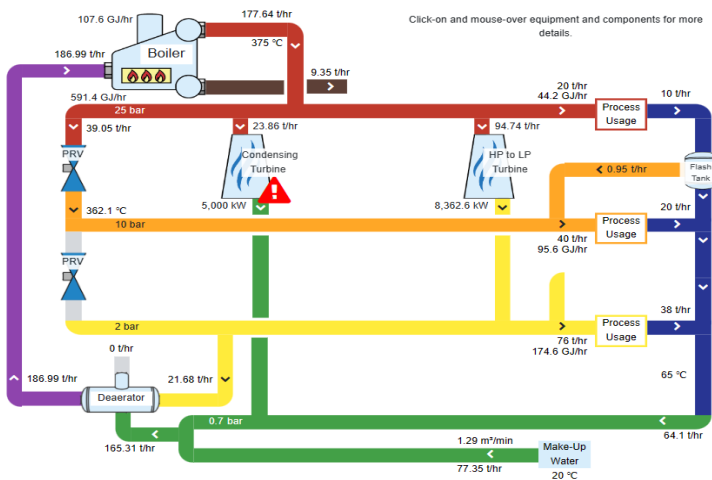
$$\sigma_{\text{không khi thua}} \approx 336.658 \$ / \text{nam}$$

### 5.3.3. Dùng nước ngưng cao áp để sản xuất hơi hạ áp

Trong các nhà máy công nghiệp có sử dụng hơi nước ở các mức áp suất khác nhau, cơ hội tối ưu hóa này có thể ảnh hưởng đáng kể đến tiêu hao năng lượng và chi phí vận hành. Như đã đề cập ở phần trước, nước ngưng chứa nhiệt năng khá lớn và nếu ở áp suất cao, nước ngưng có thể được thu thập và

hạ áp nhanh (flash) để tạo ra hơi hạ áp. Tùy thuộc vào vị trí và gần cụm ống góp (headers) hoặc thiết bị sử dụng hơi, hơi hạ áp này trực tiếp bù đắp cho lượng hơi “thực” tại ống góp ở cấp hạ áp, được sản xuất bởi lò hơi.

Cơ hội tối ưu hóa này rõ ràng sẽ cần một mô hình hệ thống hơi có cơ sở nhiệt động lực học vững chắc để đánh giá những tác động kinh tế thực sự, và việc sử dụng công cụ MEASUR sẽ cung cấp một phương tiện để xác định cơ hội này. Hình 5.25 cung cấp một bức tranh tổng thể đơn giản về cân bằng hệ thống hơi công nghiệp trong MEASUR để minh họa tác động của việc hạ áp nhanh (flash) nước ngưng cao áp để sản xuất hơi hạ áp.



**Hình 5.25. Sơ đồ biểu diễn hệ thống hơi khi có bố trí hạ áp nhanh (flash) nước ngưng cao áp để sản xuất hơi hạ áp trong MEASUR**

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. US Department of Energy Industrial Technologies Program – Steam BestPractices Software Tools Suite  
<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html>
2. US Department of Energy Industrial Technologies Program – Steam BestPractices Publications - <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/publications.asp>
3. Harrell, Greg, ***Steam System Survey Guide***, ORNL/TM-2001/263, May 2002.
4. US Department of Energy's Industrial Technologies Program, ***Improving Steam System Performance – A Sourcebook for Industry***, September 2010.
5. The American Society of Mechanical Engineers, ***Fired Steam Generators – Performance Test Codes***, ASME PTC-4, 2008.
6. The American Society of Mechanical Engineers, ***Energy Assessment for Steam Systems***, ASME EA-3-2009.
7. The American Society of Mechanical Engineers, ***Guidance for ASME EA-3, Energy Assessment for Steam Systems***, ASME EA-3G-2010.
8. Heinz, B. and Singh, M., ***Steam Turbines – Design, Applications and Rerating***, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw Hill, 2009.
9. Flynn, D., ***The NALCO Water Handbook***, 2<sup>nd</sup> Edition, 2009.
10. Avallone, E., Baumeister, T. and Sadegh, A., ***Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers***, 11<sup>th</sup> Edition, 2006.

11. Green, D. and Perry, R., ***Perry's Chemical Engineers' Handbook***, 8<sup>th</sup> Edition, 2007.
12. Kenneth, O., ***Industrial Boiler Management: An Operator's Guide***.
13. Moran, M. and Shapiro, H., ***Fundamentals of Engineering Thermodynamics***, 6<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2008.
14. Lemmon E. W, Huber M. L. and McLinden M. O., ***REFPROP***, NIST Standard Reference Database 23, version 9.0, 2010.

## PHỤ LỤC

### PHỤ LỤC A:

#### VÍ DỤ VỀ SỬ DỤNG CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG HƠI (SSST)

GIỚI THIỆU	
<b>ĐỐI TƯỢNG CHO CÔNG CỤ</b>	Đối tượng của công cụ này là các nhà quản lý năng lượng hệ thống hơi nước và nhân viên vận hành hệ thống hơi nước cho các nhà máy công nghiệp - từ các ngành được Bộ Năng lượng (DOE) đánh giá là "Các ngành công nghiệp của tương lai". 09 ngành công nghiệp tương lai của Bộ Năng lượng là Nông nghiệp, Lâm sản, Khai thác mỏ, Nhôm, Thủy tinh, Dầu khí, Hóa chất, Đúc kim loại và Thép.

<b>MỤC ĐÍCH CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ</b>	Sử dụng Công cụ này sẽ hỗ trợ bạn:
	a) Phát triển nhận thức sâu sắc hơn về các cơ hội cải thiện hệ thống hơi nước;
	b) Xác định các hành động để giảm đáng kể chi phí năng lượng hơi nước;
	c) Cho phép bạn đánh giá hoạt động của hệ thống hơi nước dựa trên các phương pháp thực hành tốt nhất đã được xác định; và
	d) So sánh hoạt động của hệ thống hơi nước của bạn với hoạt động của các cơ sở khác (bằng cách so sánh câu trả lời cho các câu hỏi khác nhau của Công cụ xác định phạm vi).

GIỚI THIỆU	
<b>CÔNG CỤ NÀY CÓ NHỮNG GÌ?</b>	Công cụ đánh giá hệ thống hơi bao gồm 08 trang tính:
	1. Giới thiệu
	2. Dữ liệu cơ bản của hệ thống hơi nước
	3. Hồ sơ hệ thống hơi nước
	4. Thực tiễn vận hành hệ thống hơi nước - Hệ thống hơi tổng thể
	5. Thực tiễn vận hành hệ thống hơi nước - Phân xưởng lò hơi
	6. Thực tiễn vận hành hệ thống hơi nước - Phân phổi, tiêu thụ cuối, thu hồi
	7. Kết quả tóm tắt
8. CÁC BƯỚC TIẾP THEO - Tài nguyên bổ sung về hơi của DOE Best Practice	

<b>CÁCH SỬ DỤNG CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HƠI NƯỚC</b>	<b>Truy cập từng trang tính</b> bằng cách nhấp vào nhãn trang tính thích hợp ở cuối màn hình. Ví dụ: nhấp vào tab “Dữ liệu cơ bản của hệ thống hơi nước” để truy cập trang tính đó.
	<b>Bắt đầu bằng cách chọn Tên tệp</b> cho bảng tính của bạn và <b>Lưu</b> bản sao của bảng tính bằng tên đó.
	<b>Trả lời các câu hỏi</b> trong Trang tính số 2 - <b>Dữ liệu cơ bản của hệ thống hơi</b> .
	Cung cấp điểm cho hệ thống hơi nước của bạn trong <b>Trang tính từ #3 đến #6</b> . Từng câu hỏi trong 04 trang tính này đều có một số điểm có thể đạt được. <b>Nhập điểm thích hợp của bạn</b> vào đúng ô trang tính.

GIỚI THIỆU	
	Sau khi bạn đã nhập điểm của mình vào Trang tính từ #3 đến #6, <b>hãy chuyển đến Bảng tính #7 - Kết quả tóm tắt</b> để xem bản tóm tắt về điểm số mà bạn đã nhập.
	Sau đó, chuyển đến <b>Trang tính #8 - CÁC BƯỚC TIẾP THEO</b> - để biết thông tin về các tài liệu BestPractices khác nhằm giúp bạn cải thiện hệ thống hơi nước của mình.
	Cuối cùng, <b>Lưu</b> một bản sao của trang tính đã hoàn thành của bạn và <b>In</b> bản sao của bất kỳ Trang tính nào từ #2 đến #7 mà bạn muốn có bản sao trên giấy.

<b>BẠN CÓ THỂ SỬ DỤNG KẾT QUẢ CỦA MÌNH NHƯ THẾ NÀO</b>	<b>Đánh giá kết quả</b> - Có bất kỳ lĩnh vực nào mà bạn có thể cải thiện nhanh chóng hệ thống hơi nước của mình không?
	<b>Chia sẻ kết quả</b> - Chia sẻ những gì bạn học được khi sử dụng công cụ này với đồng nghiệp và quản lý của bạn. Tìm kiếm cơ hội để xác định các dự án cải tiến dựa trên kết quả của bạn.
	<b>So sánh kết quả</b> - DOE đang thu thập kết quả từ nhiều nhà máy và sẽ công bố kết quả tóm tắt trên trang web BestPractices Steam - để bạn có thể so sánh những gì bạn đã tìm thấy cho hệ thống của mình với kết quả thu được trong các nhà máy tương tự khác.
	<b>Hoàn thiện lại công cụ sau này</b> - Áp dụng lại Công cụ đánh giá hệ thống hơi có thể cho thấy rằng bạn đã thực hiện các cải tiến hoặc duy trì tính hiệu quả của các cải tiến mà bạn đã thực hiện trước đó.

GIỚI THIỆU	
<b>DOE SẼ SỬ DỤNG KẾT QUẢ CỦA BẠN NHƯ THẾ NÀO</b>	<p>DOE yêu cầu bạn cung cấp kết quả của mình cho họ. DOE đang tạo cơ sở dữ liệu phản hồi cho các câu hỏi của Công cụ phạm vi hơi. Thông tin tóm tắt từ cơ sở dữ liệu này sẽ có trên trang web BestPractice Steam - <a href="http://www.oit.doe.gov/bestpractices/steam">www.oit.doe.gov/bestpractices/steam</a> - và có thể được cung cấp cho bất kỳ ai yêu cầu. Sau đó, bạn sẽ có thể so sánh kết quả cá nhân của mình với kết quả từ tất cả những người trả lời và từ những người trả lời có nhà máy công nghiệp thuộc loại tương tự.</p> <p><b>Tính bảo mật thông tin đầu vào</b> - DOE sẽ đảm bảo rằng - nếu bạn cung cấp cho họ kết quả của mình - chúng sẽ không được phổ biến dưới bất kỳ hình thức nào được xác định bằng tên công ty của bạn; kết quả sẽ được giữ bí mật tuyệt đối. DOE cũng sẽ không tiết lộ thông tin liên hệ của bạn cho bất kỳ nhà cung cấp dịch vụ bên thứ ba nào, vì vậy bạn có thể chắc chắn rằng sẽ không có liên hệ không mong muốn nào do bạn cung cấp kết quả của mình cho họ.</p>

<b>CÁCH GỬI KẾT QUẢ CỦA BẠN</b>	<p>Khi bạn hoàn thành Công cụ Hơi, bạn có thể gửi kết quả của mình (bằng tệp đính kèm email hoặc gửi bản sao giấy) tới:</p>
	TS. Anthony Wright, Phòng thí nghiệm quốc gia Oak Ridge
	Điện thoại: 865-946-1353
	Email: <a href="mailto:wrightal@ornl.gov">wrightal@ornl.gov</a>

GIỚI THIỆU	
<b>CẢM ƠN!!</b>	Chúng tôi đánh giá cao sự quan tâm của bạn trong việc sử dụng Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi để đánh giá hệ thống hơi nước của bạn và hy vọng rằng bạn sẽ cung cấp kết quả của mình cho chúng tôi để đưa vào cơ sở dữ liệu kết quả tóm tắt mà chúng tôi đang phát triển.

<b>SỰ CÔNG NHẬN</b>	Công cụ xác định phạm vi hệ thống Steam được phát triển nhờ nỗ lực của DOE BestPractices Steam, một phần trong các chương trình của DOE Office of Industrial Technologies. Cảm ơn tất cả các thành viên của BestPractices Steam Best Practice và tiểu ban Kỹ thuật vì đã xem xét các phiên bản đầu tiên của công cụ và cung cấp ý kiến đóng góp hữu ích cho quá trình phát triển công cụ.
	Phiên bản cập nhật này của Công cụ xác định phạm vi hệ thống hơi bao gồm các cải tiến dựa trên nhận xét nhận được từ 06 Trung tâm Đánh giá Công nghiệp (IAC) của trường đại học. Chúng tôi cũng cảm ơn sự giúp đỡ của các IAC này.

## DỮ LIỆU CƠ BẢN HỆ THỐNG HƠI

DỮ LIỆU CƠ BẢN VỀ HỆ THỐNG CỦA BẠN	
	<b>Phải làm gì</b> Ghi lại một số thông tin vận hành cơ bản về hệ thống hơi nước của bạn.
	<b>Tại sao quan trọng</b> Việc ghi lại dữ liệu cơ bản về hệ thống hơi nước rất quan trọng để giúp bạn xác định các điều kiện hiện tại trong vận hành của hệ thống hơi nước và thiết lập đường cơ sở/điểm chuẩn mà bạn có thể tham khảo trong tương lai.
	<b>TRẢ LỜI CHO CÁC CÂU HỎI DỮ LIỆU CƠ BẢN</b>
<b>a</b>	Mô tả ngắn gọn loại hình sản xuất mà nhà máy của bạn thực hiện ở cột bên phải. Nếu bạn biết mã Phân loại Công nghiệp Tiêu chuẩn (SIC) cho ngành của mình, vui lòng đưa mã đó vào phần mô tả của bạn.
<b>NẾU NHÀ MÁY TIÊU THỤ HƠI NHUNG KHÔNG TỰ SẢN XUẤT HƠI, VUI LÒNG BỎ QUA ĐẾN CÂU HỎI "g"</b>	
	<b>TRẢ LỜI CHO CÁC CÂU HỎI DỮ LIỆU CƠ BẢN</b>
<b>b</b>	Tổng sản lượng hơi nước hàng năm của nhà máy là bao nhiêu? tấn/năm
<b>c</b>	Hệ thống của nhà máy vận hành bao nhiêu giờ mỗi năm? giờ/năm
<b>d</b>	Tổng công suất sinh hơi nước của nhà máy là bao nhiêu? tấn/giờ, hoặc kW lò hơi

<b>e</b>	Công suất sinh hơi nước trung bình của nhà máy là bao nhiêu?		tấn/giờ, hoặc
			Công suất lò hơi theo kW
<b>f</b>	Tỷ lệ phân bố % (trên cơ sở năng lượng) của các nguồn nhiên liệu để sản xuất hơi nước là bao nhiêu?		
	Than		%
	Dầu nhiên liệu (#6)		%
	Dầu nhiên liệu số 2		%
	Khí thiên nhiên		%
	Nhiệt thải quy trình		%
	Sinh khối		%
	Chất thải rắn		%
Khác		%	
	<b>TỔNG (Nên cộng tối đa 100%)</b>	<b>0.0</b>	<b>%</b>

<b>DỮ LIỆU CƠ BẢN HỆ THỐNG HƠI (trang 2)</b>			
		<b>TRẢ LỜI CHO CÁC CÂU HỎI DỮ LIỆU CƠ BẢN</b>	
<b>g</b>	Nhà máy có sử dụng động cơ nhiệt nào không?		
	Tua-bin hơi đối áp		
	Số lượng		
	Tổng công suất		kw
	Tua-bin ngưng hơi		
	Số lượng		
	Tổng công suất		kw
	Tua bin khí đốt không có thiết bị sinh hơi thu hồi nhiệt (HRSG)		
	Tổng công suất		kw
	Tua bin khí đốt có HRSG		
	Tổng công suất		kw
	Khác (ghi rõ loại)		
	Tổng công suất		kw
<b>h</b>	Nhà máy mua bao nhiêu hơi nước hàng năm từ người khác?		tấn/năm
<b>i</b>	Nhà máy có bao nhiêu bẫy hơi trong hệ thống hơi nước?		
<b>j</b>	Tỷ lệ xả đáy lò hơi trung bình của nhà máy là bao nhiêu?		% lưu lượng nước cấp trung bình

CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI				
CHI PHÍ HƠI				
<p><b>Phải làm gì</b> Xác định chi phí sản xuất hơi nước tại cơ sở của bạn (chi phí trên mỗi tấn hơi nước) và sử dụng thông tin này làm chuẩn mực để đánh giá các cơ hội cải thiện việc vận hành nhà máy hơi nước. Bắt đầu bằng việc xác định chi phí nhiên liệu để sản xuất hơi nước, sau đó thêm các chi phí khác liên quan đến hoạt động của bạn (chi phí hóa chất, nhân công, v.v.).</p>				
<p><b>Tại sao quan trọng</b> Hiểu được chi phí để sản xuất hơi nước có thể giúp bạn mở rộng tầm mắt - sản xuất hơi nước không hề miễn phí! Bất kỳ cơ hội nào làm giảm lượng hơi nước được tạo ra đều tiết kiệm được tiền, vì vậy hiểu được chi phí để sản xuất hơi nước là bước quan trọng để có thể định lượng các cơ hội cải tiến.</p>				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
SC1	Bạn có theo dõi Chi phí nhiên liệu để sản xuất hơi nước - theo (Chi phí) / (Tấn hơi được sản xuất) không?	có	10	
		không	0	
SC2	Bạn có thường xuyên tính toán và xác định xu hướng Chi phí nhiên liệu để sản xuất hơi nước không?	ít nhất mỗi quý	10	
		ít nhất hàng năm	5	
		ít hơn hàng năm	0	

TIÊU CHUẨN HƠI/SẢN PHẨM				
<p><b>Phải làm gì</b> Xác định lượng hơi cần thiết để tạo ra các sản phẩm chính của bạn. Sau đó theo dõi tiêu chuẩn này: a) với những hoạt động của các phòng ban khác trong công ty của bạn; b) với những hoạt động mà các nhà máy tương tự khác trong ngành của bạn thực hiện; và c) tiêu chuẩn này thay đổi thế nào trong hoạt động của bạn theo thời gian.</p>				
<p><b>Tại sao quan trọng</b> Điểm mấu chốt trong hoạt động của bạn là bạn tạo ra sản phẩm của mình một cách hiệu quả về mặt chi phí như thế nào và việc sử dụng hơi nước có ảnh hưởng đến năng suất của bạn. Tiêu chuẩn hơi nước/sản phẩm là một cách tuyệt vời để theo dõi năng suất và cách cải tiến hơi nước sẽ cải thiện được năng suất.</p>				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>BM1</b>	Bạn có đo lường Tiêu chuẩn hơi nước/Sản phẩm - theo (kg hơi nước cần thiết) / (đơn vị sản phẩm được sản xuất) không?	có	10	
		không	0	
<b>BM2</b>	Bạn có thường xuyên Đo lường và xác định Xu hướng Tiêu chuẩn Hơi nước/Sản phẩm - theo (kg hơi nước cần thiết) / (đơn vị sản phẩm được sản xuất) không?	ít nhất mỗi quý	10	
		ít nhất hàng năm	5	
		ít hơn hàng năm	0	

## CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI (trang 2)

### ĐO LƯỜNG HỆ THỐNG HƠI

**Phải làm gì** Xác định các thông số vận hành hơi nước quan trọng mà bạn nên theo dõi và đảm bảo rằng bạn đang đo lường chúng một cách đầy đủ.

**Tại sao quan trọng** Bạn không thể quản lý những gì bạn không đo lường! Việc đo các thông số quan trọng của hệ thống hơi nước hỗ trợ bạn giám sát hệ thống, chẩn đoán các sự cố hệ thống tiềm ẩn và đảm bảo rằng các cải tiến hệ thống tiếp tục mang lại lợi ích cho hoạt động của bạn.

		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>MS1</b>	Bạn có đo lường và ghi lại các Thông số Năng lượng tới hạn cho Hệ thống Hơi nước của mình không?			
	Năng suất sinh hơi (để có được tổng sản lượng hơi nước)	có	10	
	Lưu lượng nhiên liệu (để có được tổng mức tiêu thụ nhiên liệu)	có	6	
	Lưu lượng nước cấp	có	6	
	Lưu lượng nước bổ sung	có	4	
	Lưu lượng xả đáy	có	2	
	Lưu lượng hóa chất đầu vào	có	2	
		không với tất cả các điều trên	0	

<b>MS2</b>	Bạn đo lưu lượng hơi nước của mình ở mức độ nào? - CHỌN MỘT TRONG NĂM ĐÁP ÁN	theo hộ sử dụng / thiết bị chính	20	
		theo dây chuyền công nghệ	10	
		theo khu vực hoặc tòa nhà	5	
		theo toàn bộ nhà máy (tức là tổng sản lượng lò hơi)	2	
		không có gì	0	

THỰC TIỄN VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI NƯỚC				
BẢO DƯỠNG BẦY HƠI				
<p><b>Phải làm gì</b> Triển khai một chương trình toàn diện để lựa chọn, kiểm tra và bảo trì bẫy hơi của bạn một cách chính xác.</p>				
<p><b>Tại sao quan trọng</b> Bẫy hơi có ba chức năng quan trọng: a) ngăn hơi nước thoát ra khỏi hệ thống trước khi tận dụng được nhiệt; b) loại bỏ nước ngưng khỏi hệ thống; và c) xả khí không ngưng. Việc lựa chọn, kiểm tra và bảo trì bẫy hơi kém hiệu quả có thể dẫn đến nhiều vấn đề về hệ thống bao gồm thủy kích, quá trình truyền nhiệt không hiệu quả, rò rỉ hơi nước và ăn mòn hệ thống. Một chương trình lựa chọn và bảo trì bẫy hơi hiệu quả thường là một khoản đầu tư tuyệt vời với thời gian hoàn vốn dưới nửa năm.</p>				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
ST1	Chương trình bảo trì bẫy hơi hệ thống của bạn có bao gồm các hoạt động sau không?			
	Lựa chọn bẫy hơi thích hợp cho ứng dụng	có	10	
	Ít nhất hàng năm, kiểm tra tất cả các bẫy	có	10	
	Duy trì cơ sở dữ liệu của bẫy hơi	có	10	
	Sửa chữa/Thay thế các bẫy hơi bị lỗi	có	10	
		không có điều nào ở trên		0

<b>XỬ LÝ NƯỚC</b>				
<b>Phải làm gì</b> Triển khai và duy trì Chương trình xử lý nước hiệu quả trong hệ thống hơi nước của bạn.				
<b>Tại sao quan trọng</b> Một hệ thống hơi nước hiệu quả có Chương trình xử lý nước: a) giảm nguy cơ xảy ra các vấn đề tắc nghẽn trong lò hơi; b) rất quan trọng để giảm thiểu việc xả đáy lò hơi và tổn thất năng lượng do đó; c) có thể giảm việc sinh ra hơi uớt; và d) giảm đáng kể nguy cơ xảy ra các vấn đề ăn mòn trong toàn bộ hệ thống hơi nước của bạn. Các chương trình xử lý nước hiệu quả nhất bao gồm cả xử lý cơ học (lọc, làm mềm và khử khí) và xử lý hóa học. Các vấn đề trong lĩnh vực này có thể dẫn đến các vấn đề nghiêm trọng về năng suất của nhà máy liên quan đến lỗi thiết bị và thời gian ngừng hoạt động - hãy nhớ liên tục tham khảo ý kiến của chuyên gia xử lý hóa chất.				
		<b>HÀNH ĐỘNG</b>	<b>SỐ ĐIỂM TỐI ĐA</b>	<b>SỐ ĐIỂM CỦA BẠN</b>
<b>WT1</b>	Bạn có thường xuyên đảm bảo rằng Hệ thống xử lý nước bằng hóa chất của mình hoạt động bình thường không?	ít nhất mỗi ngày	10	
		ít nhất mỗi tuần	5	
		ít hơn mỗi tuần	0	
<b>WT2</b>	Bạn CẦN làm sạch cặn bẩn ở Phía lửa hoặc Phía nước trong Lò hơi bao lâu một lần?	5-10 năm một lần	10	
		1-5 năm một lần	5	
		một lần/năm trở lên	0	

<b>WT3</b>	Tần suất bạn đo Độ dẫn điện (hoặc Tổng chất rắn hòa tan [TDS]) trong Lò hơi và xác định Lưu lượng xả bao hơi và bao nước (hoặc Lưu lượng xả mặt và xả đáy lò hơi) là bao nhiêu?	liên tục, hoặc ít nhất một lần/ca	10	
		một lần/ngày	5	
		một lần/tuần hoặc ít hơn	0	
<b>THỰC TIỄN VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI NƯỚC (trang 2)</b>				
<b>BẢO ÔN HỆ THỐNG</b>				
<p><b>Phải làm gì</b> Đảm bảo rằng các bộ phận quan trọng phù hợp của hệ thống hơi nước được cách nhiệt tốt. Xác định độ dày cách nhiệt kinh tế cho các bộ phận trong hệ thống và thực hiện đánh giá cách nhiệt hệ thống để xác định các bề mặt tiếp xúc cần được cách nhiệt và/hoặc lớp cách nhiệt chưa được phục hồi hoặc bị hư hỏng.</p>				
<p><b>Tại sao quan trọng</b> Cách nhiệt hiệu quả - trên đường ống, van, phụ kiện và bình chứa - phục vụ nhiều mục đích quan trọng. Vật liệu cách nhiệt giúp năng lượng hơi nước trong hệ thống được các quy trình sử dụng hiệu quả, nó có thể làm giảm sự dao động nhiệt độ trong hệ thống, giảm nhu cầu làm mát không gian và có thể hạn chế khả năng gây bỏng cho nhân viên.</p>				

		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
IN1	Thiết bị trong Phân xưởng Lò hơi và cách nhiệt của hệ thống đường ống (vật liệu chịu lửa, đường ống, van, mặt bích, bình chứa, v.v.) có được bảo trì và ở tình trạng tốt không?	cách nhiệt xuất sắc	10	
		cách nhiệt tốt, nhưng có thể cải thiện thêm	7	
		cách nhiệt không đủ	0	
IN2	Lớp cách nhiệt của thiết bị phân phối hơi nước, tiêu thụ cuối và thu hồi nước ngưng (đường ống, van, mặt bích, bộ trao đổi nhiệt, v.v.) có được bảo trì và ở tình trạng tốt không?	cách nhiệt xuất sắc	20	
		cách nhiệt tốt, nhưng có thể cải thiện thêm	14	
		cách nhiệt không đủ	0	
<b>RÒ RỈ HƠI</b>				
<b>Phải làm gì</b> Xác định và nhanh chóng sửa chữa khu vực rò rỉ hơi nước trong hệ thống hơi.				
<b>Tại sao quan trọng</b> Rò rỉ hơi nước có thể là kết quả từ những hư hỏng liên quan đến những vấn đề như thiết kế đường ống không phù hợp, các vấn đề về ăn mòn cũng như hỏng khớp nối và phốt van. Trong các hệ thống hơi nước công nghiệp áp suất cao, chi phí năng lượng liên quan đến rò rỉ hơi nước có thể rất lớn. Xác định và sửa chữa rò rỉ hơi nước là điều cần thiết để cân bằng hệ thống hơi nước của bạn một cách hợp lý.				

		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>LK1</b>	Bạn mô tả hiện tượng Rò rỉ hơi trong Hệ thống hơi của mình như thế nào?	không có	10	
		nhỏ	8	
		vừa phải	3	
		hiều	0	
<b>HIỆN TƯỢNG THỦY KÍCH</b>				
<b>Phải làm gì</b> Phát hiện và loại bỏ nhanh chóng hiện tượng thủy kích trong hệ thống hơi nước của bạn.				
<b>Tại sao quan trọng</b> Hiện tượng thủy kích là một vấn đề nghiêm trọng - nó có thể dẫn đến hư hỏng và vỡ đường ống và van, và trong nhiều trường hợp gây thương tích nghiêm trọng cho con người do tiếp xúc với hơi nước và nước ngưng. Có 02 nguyên nhân chính gây ra hiện tượng thủy kích: một loại do sự tích tụ nước ngưng trong đường ống phân phối hơi nước và sự di chuyển của dòng nước ngưng này cùng với hơi nước tốc độ cao; và nguyên nhân khác gây ra bởi xung áp suất do sập hơi (ngưng tụ nhanh) trong đường ống hồi nước ngưng và thiết bị trao đổi nhiệt. Hiện tượng thủy kích trong hệ thống hơi nước của bạn luôn cần <b>XỬ LÝ NGAY!</b>				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>WH1</b>	Bạn có thường xuyên phát hiện thấy hiện tượng thủy kích đáng chú ý trong Hệ thống thu hồi hơi và nước ngưng của mình không?	ít hơn mỗi tháng một lần	10	

		hàng tháng hoặc hàng tuần	5	
		hàng ngày hoặc hàng giờ	0	
<b>THỰC TIỄN VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI NƯỚC (trang 3)</b>				
<b>DUY TRÌ VẬN HÀNH HIỆU QUẢ HỆ THỐNG HƠI</b>				
<b>Phải làm gì</b> Thiết lập và thực hiện chương trình bảo trì toàn diện hệ thống hơi nước.				
<b>Tại sao quan trọng</b> Các biện pháp cải tiến và vận hành hệ thống hơi nước hiệu quả có thể mang lại lợi ích cho hoạt động vận hành hơi nước của bạn hàng năm - <b>NẾU</b> bạn có chương trình bảo trì hệ thống hiệu quả tại nhà máy. Các lĩnh vực bảo trì chính sẽ mang lại lợi ích cho hoạt động của bạn hàng năm bao gồm: a) bẫy hơi; b) hiệu suất lò hơi; c) xử lý nước; d) tua-bin, đường ống, bộ trao đổi nhiệt, máy bơm, động cơ và van; và e) cách nhiệt của hệ thống.				
		<b>HÀNH ĐỘNG</b>	<b>SỐ ĐIỂM TỐI ĐA</b>	<b>SỐ ĐIỂM CỦA BẠN</b>
<b>MN1</b>	Bạn có định kỳ - ít nhất mỗi năm một lần - kiểm tra các thiết bị vận hành quan trọng trong Hệ thống hơi nước sau đây không?			
	Thiết bị trong gian lò hơi - lò hơi, bình khử khí, bể chứa nước cấp, thiết bị xử lý hóa chất, thiết bị xả đáy, bộ hâm nước, bộ sấy không khí, vật liệu cách nhiệt, v.v.?	có	5	

Thiết bị trong hệ thống phân phối - đường ống (bao gồm cả thiết kế), bể hơi (loại, kích cỡ, vị trí), lỗ thông hơi, van, trạm giảm áp, vật liệu cách nhiệt, v.v.?	có	5	
Thiết bị trong hệ thống tiêu thụ cuối - tua-bin, đường ống (bao gồm cả thiết kế), bộ trao đổi nhiệt, ống xoắn, nồi nấu, bể hơi (loại, kích cỡ, vị trí), lỗ thông hơi, bộ ngắt chân không, van giảm áp, vật liệu cách nhiệt, v.v.?	có	5	
Thiết bị trong hệ thống thu hồi - đường ống (bao gồm cả thiết kế), van, phụ kiện, bể chứa hơi flash, bơm nước ngưng, đồng hồ đo nước ngưng, vật liệu cách nhiệt, v.v.?	có	5	
	không với tất cả các điều trên	0	

THỰC TIỄN VẬN HÀNH PHÂN XUỞNG Lò HƠI				
HIỆU SUẤT Lò HƠI				
<p><b>Phải làm gì</b> Đo lường, xu hướng và tìm kiếm cơ hội để nâng cao hiệu suất lò hơi của bạn.</p>				
<p><b>Tại sao quan trọng</b> Một trong những chức năng quan trọng của phân xưởng lò hơi là sản xuất hơi nước với hiệu suất cao nhất có thể. Các nguồn tổn thất chính của hiệu suất lò hơi bao gồm: a) tổn thất năng lượng do cháy và khói thải [thường là lớn nhất]; b) tổn thất do xả đáy; và c) tổn thất của vật liệu chịu lửa. Điều quan trọng là phải đo lường và xác định xu hướng hiệu suất lò hơi, nhiệt độ khói thải, hàm lượng oxy trong khói thải và hàm lượng Carbon Monoxide trong khói thải. Việc đo lường và kiểm soát lượng oxy dư thừa là rất quan trọng để giảm thiểu tổn thất năng lượng do quá trình cháy trong lò hơi. Xu hướng nhiệt độ khói thải có thể là dấu hiệu cho các vấn đề tiềm ẩn khác trong lò hơi, chẳng hạn như vấn đề bám bẩn ở phía lửa hoặc phía nước.</p>				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>BE1</b>	Bạn có thường xuyên đo lường tổng Hiệu suất nổi hơi của mình - [(nhiệt hấp thụ để sinh hơi) / (năng lượng đầu vào từ nhiên liệu)] không?	ít nhất mỗi quý	10	
		ít nhất hàng năm	5	
		ít hơn hàng năm	0	

<b>BE2</b>	Bạn có đo các thông số sau đây như là hàm số của phụ tải lò hơi và nhiệt độ môi trường không?			
	Nhiệt độ khói thải	có	5	
	Hàm lượng oxy trong khói thải	có	5	
	Hàm lượng CO trong khói thải	có	5	
		không với tất cả các điều trên	0	
<b>BE3</b>	Làm thế nào để bạn kiểm soát lượng không khí dư trong Lò hơi để tối đa hóa Hiệu suất Lò hơi?	tự động	10	
		thủ công	5	
		không có gì	0	

### THIẾT BỊ THU HỒI NHIỆT

**Phải làm gì** Đánh giá việc lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt tại phân xưởng lò hơi.

**Tại sao quan trọng** Ở một số lò hơi, nhiệt độ khói thải cao và lưu lượng xả liên tục lớn có thể mang lại cơ hội lắp đặt thiết bị thu hồi nhiệt. Trong những điều kiện thích hợp, có thể lắp đặt các bộ hâm nước và bộ sấy không khí để tận dụng năng lượng từ khói thải và tăng hiệu suất lò hơi một cách hiệu quả. Đối với một số hệ thống, thiết bị thu hồi nhiệt từ xả đáy cũng có thể được lắp đặt để tận dụng nhiệt bị thất thoát từ hệ thống xả đáy. Đối với bất kỳ cơ hội tiềm năng, cần phải phân tích kinh tế để xác định tính khả thi của cơ hội và thiết bị phải được thiết kế và lắp đặt bởi các chuyên gia có trình độ.

		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>HR1</b>	Bạn có lắp đặt bất kỳ Thiết bị thu hồi nhiệt nào sau đây trên Lò hơi của mình không?			
	Bộ hâm nước và/hoặc bộ sấy không khí	có	10	
	Thu hồi nhiệt từ xả đáy	có	5	
		không với tất cả các điều trên	0	
<b>THỰC TIỄN VẬN HÀNH PHÂN XỬNG LÒ HƠI (trang 2)</b>				
<b>SẢN XUẤT HƠI KHÔ</b>				
<b>Phải làm gì</b> Đảm bảo rằng bạn tạo ra hơi khô chất lượng cao trong nhà máy lò hơi.				
<b>Tại sao quan trọng</b> Hơi nước chất lượng 100% không chứa nước ở dạng lỏng; hơi ướt chứa các giọt chất lỏng. Việc tạo ra hơi ướt trong lò hơi của bạn có thể gây ra nhiều sự cố cho hệ thống, bao gồm: a) quá trình truyền nhiệt không hiệu quả; b) hư hỏng thiết bị do hiện tượng thủy kích; c) hư hỏng thiết bị do ăn mòn và xâm thực; và d) bẫy hơi bị hỏng do quá tải. Một số nguyên nhân điển hình sinh ra hơi ướt và nước bị cuốn theo hơi là: a) mực nước trong lò hơi dao động lớn; b) giảm áp suất vận hành; c) quá tải lò hơi; và d) kiểm soát tổng chất rắn hòa tan (TDS) trong lò hơi kém. Một bước quan trọng để đảm bảo tạo ra hơi chất lượng cao là đo chất lượng hơi ra khỏi lò hơi; điều này thường được thực hiện bằng cách sử dụng nhiệt kế hơi nước.				

		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>DS1</b>	Bạn có thường xuyên kiểm tra Chất lượng của Hơi nước đầu ra từ Lò hơi đến Hệ thống phân phối và đảm bảo rằng bạn đang tạo ra Hơi khô không?	ít nhất mỗi quý	10	
		ít nhất hàng năm	5	
		ít hơn hàng năm	0	
<b>VẬN HÀNH Lò HƠI TỔNG THỂ</b>				
<b>Phải làm gì</b> Đảm bảo rằng lò hơi của bạn thực hiện các chức năng của chúng mà không có biến động lớn về điều kiện vận hành.				
<b>Tại sao quan trọng</b> Cách bạn kiểm soát hoạt động của lò hơi có thể ảnh hưởng đến nhiều yếu tố của hệ thống hơi nước - bao gồm tuổi thọ vận hành của lò hơi, chất lượng hơi được tạo ra và hiệu quả sử dụng hơi trong suốt quá trình vận hành sản xuất của bạn.				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
<b>GB1</b>	Bạn có bộ điều khiển xả đáy tự động đang vận hành trên Lò hơi của mình không?	có	5	
		không	0	
<b>GB2</b>	Tần suất của Báo động mức nước cao (có thể cho thấy lò hơi quá nhỏ) hoặc Báo động mức nước thấp (có thể cho thấy lò hơi quá cũ) đối với Lò hơi của bạn là bao nhiêu?		10	
		dưới 1 lần/tháng	5	
		hơn 5 lần/tháng	0	

<b>GB3</b>	Bạn có thường xuyên gặp phải tình trạng áp suất hơi dao động lớn hơn 10% Áp suất vận hành lò hơi của mình không?	dưới 1 lần/ tháng	5	
		1-5 lần mỗi tháng	3	
		hơn 5 lần/ tháng	0	

PHÂN PHỐI HƠI, TIÊU THỤ CUỐI, THU HỒI - THỰC TIỄN VẬN HÀNH				
CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢM ÁP SUẤT HƠI - GIẢM THIỂU LƯU LƯỢNG HƠI QUA PRV				
<p><b>Phải làm gì</b> Nghiên cứu tiềm năng sử dụng tua-bin đối áp song song với van giảm áp trong hệ thống hơi nước của bạn.</p>				
<p><b>Tại sao quan trọng</b> Trong nhiều hệ thống hơi, van giảm áp (PRV) được sử dụng để cung cấp hơi ở áp suất thấp hơn áp suất tạo ra từ lò hơi. Một cơ hội tiềm năng để cải thiện hệ thống hơi nước là giảm thiểu dòng hơi qua PRV. Một cơ hội để thực hiện việc này là lắp đặt các tua-bin đối áp song song với PRV trong hệ thống hơi nước của bạn; bằng cách này, bạn có thể cung cấp hơi thấp áp cần thiết và tạo ra điện hoặc năng lượng trực có thể sử dụng được. Phải thực hiện 1 phân tích kinh tế chi tiết để đánh giá loại cơ hội này.</p>				
		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
PR1	Làm thế nào để bạn giảm áp suất hơi trong hệ thống hơi nước của bạn?	hơi nước được tạo ra ở áp suất yêu cầu, hoặc áp dụng PRV phù hợp	10	
		tua-bin đối áp được sử dụng song song với PRV	10	
		điều khiển lò hơi dùng để giảm áp suất	5	
		hơi nước thừa thoát ra và/ hoặc sử dụng không hiệu quả	0	

### THU HỒI VÀ SỬ DỤNG NƯỚC NGUNG SẴN CÓ

**Phải làm gì** Xác định lượng nước ngưng có sẵn mà bạn có thể thu hồi và sử dụng.

**Tại sao quan trọng** Việc đưa một phần đáng kể nước ngưng vào lò hơi có thể mang lại cả lợi ích về năng lượng và xử lý hóa học: a) nước ngưng nóng hơn nước bổ sung, do đó cần ít năng lượng hơn để biến nước ngưng thành hơi; và b) nước ngưng yêu cầu xử lý hóa học ít hơn đáng kể so với nước bổ sung, do đó có thể tiết kiệm chi phí xử lý hóa học liên quan đến nước ngưng hồi về. Hồi lại càng nhiều nước ngưng càng tốt cũng có thể giúp giảm xả đáy lò hơi (vì có ít tạp chất tồn tại trong nước ngưng hơn) và do đó giảm thiểu tổn thất năng lượng khi xả lò.

		HÀNH ĐỘNG	SỐ ĐIỂM TỐI ĐA	SỐ ĐIỂM CỦA BẠN
CR1	Bạn có thể thu hồi và sử dụng bao nhiêu lượng nước ngưng có sẵn?	lớn hơn 80%	10	
		40% đến 80%	6	
		20% đến 40%	3	
		ít hơn 20%	0	

### SỬ DỤNG NƯỚC NGUNG CAO ÁP ĐỂ TẠO RA HƠI THẤP ÁP

**Phải làm gì** Nghiên cứu cơ hội tận dụng nước ngưng cao áp để tạo ra hơi thấp áp có thể sử dụng được.

**Tại sao quan trọng** Một cơ hội để tận dụng nước ngưng cao áp là cho phép nó đi qua bể flash và tận dụng hơi flash trong các ứng dụng hơi thấp áp. Phần còn lại của nước ngưng, lúc này ở áp suất và nhiệt độ thấp hơn, sau đó có thể được đưa trở lại lò hơi để sản xuất hơi nước.

		<b>HÀNH ĐỘ</b>	<b>SỐ ĐIỂM TỐI ĐA</b>	<b>SỐ ĐIỂM CỦA BẠN</b>
<b>FS1</b>	Bạn thu hồi và sử dụng bao nhiêu hơi flash có sẵn?	lớn hơn 80% hoặc không có hơi flash	10	
		40% đến 80%	6	
		20% đến 40%	3	
		ít hơn 20%	0	

<b>TÓM TẮT KẾT QUẢ</b>		
<b>CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ</b>	<b>SỐ ĐIỂM TỐI ĐA</b>	<b>SỐ ĐIỂM CỦA BẠN</b>
<b>1. CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI</b>		
<b>CHI PHÍ HƠI</b>		
SC1: Tính chi phí nhiên liệu để sinh hơi	10	0
SC2: Xu hướng chi phí nhiên liệu để sinh hơi	10	0
<b>TIÊU CHUẨN HƠI/SẢN PHẨM</b>		
BM1: Đo lường tiêu chuẩn hơi nước/sản phẩm	10	0
BM2: Xu hướng tiêu chuẩn hơi/sản phẩm	10	0
<b>ĐO LƯỜNG HỆ THỐNG HƠI</b>		
MS1: Đo/Ghi các thông số năng lượng tới hạn của hệ thống hơi	30	0
MS2: Cường độ đo lưu lượng hơi	20	0

<b>ĐIỂM CỦA CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI</b>	90	0
<b>2. QUY TRÌNH VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI</b>		
<b>BẢO DƯỠNG BẦY HƠI</b>		
ST1: Thực hành bảo dưỡng bẫy hơi	40	0
<b>KẾ HOẠCH XỬ LÝ NƯỚC</b>		
WT1: Xử lý nước - Đảm bảo chức năng	10	0
WT2: Làm sạch cặn cục lò hơi bên trong/bên ngoài ống	10	0

WT3: Đo TDS, lưu lượng xả mặt và xả đáy lò hơi	10	0
<b>BẢO ÔN HỆ THỐNG</b>		
IN1: Bảo ôn - Phân xưởng lò hơi	10	0
IN2: Bảo ôn - Phân phối/Hộ tiêu thụ cuối/Thu hồi	20	0
<b>RÒ RỈ HƠI</b>		
LK1: Rò rỉ hơi - Mức độ nghiêm trọng	10	0
<b>HIỆN TƯỢNG THỦY KÍCH</b>		
WH1: Thủy kích - Tần suất	10	0
<b>DUY TRÌ VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI HIỆU QUẢ</b>		
MN1: Khảo sát thiết bị quan trọng của hệ thống hơi nước	20	0
<b>ĐIỂM CỦA QUY TRÌNH VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI</b>	140	0
<b>3. QUY TRÌNH VẬN HÀNH PHÂN XƯỞNG Lò HƠI</b>		
<b>HIỆU SUẤT Lò HƠI</b>		
BE1: Đo lường hiệu suất lò hơi - Tần suất	10	0
BE2: Đo nhiệt độ khí thải, O <sub>2</sub> , CO	15	0
BE3: Kiểm soát không khí dư của lò hơi	10	0
<b>THIẾT BỊ THU HỒI NHIỆT</b>		
HR1: Thiết bị thu hồi nhiệt lò hơi	15	0
<b>TẠO HƠI KHÔ</b>		
DS1: Kiểm tra chất lượng hơi	10	0
<b>VẬN HÀNH Lò HƠI TỔNG QUÁT</b>		

GB1: Điều khiển xả đáy lò hơi tự động	5	0
GB2: Tần suất báo động mức nước cao/thấp của lò hơi	10	0
GB3: Tần suất dao động áp suất hơi của lò hơi	5	0
<b>ĐIỂM CỦA QUY TRÌNH VẬN HÀNH PHÂN XƯỞNG Lò HƠI</b>	<b>80</b>	<b>0</b>

#### TÓM TẮT KẾT QUẢ (trang 2)

<b>4. QUY TRÌNH PHÂN PHỐI, HỘ TIÊU THỤ CUỐI VÀ THU HỒI</b>		
<b>GIẢM THIỂU LƯU LƯỢNG HƠI QUA PRV</b>		
PR1: Các phương án giảm áp suất hơi	10	0
<b>THU HỒI VÀ TẬN DỤNG NƯỚC NGỪNG CÓ SẴN</b>		
CR1: Thu hồi và tận dụng nước ngưng có sẵn	10	0
<b>SỬ DỤNG NƯỚC NGỪNG CAO ÁP ĐỂ TẠO HƠI THẤP ÁP</b>		
FS1: Thu hồi và tận dụng hơi flash có sẵn	10	0
<b>ĐIỂM CỦA QUY TRÌNH PHÂN PHỐI, HỘ TIÊU THỤ CUỐI VÀ THU HỒI</b>	<b>30</b>	<b>0</b>

<b>TÓM TẮT KẾT QUẢ TỪ CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG HƠI</b>		
	<b>SỐ ĐIỂM TỐI ĐA</b>	<b>SỐ ĐIỂM CỦA BẠN</b>
CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI	90	0
HOẠT ĐỘNG VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI	140	0
QUY TRÌNH VẬN HÀNH GIAN LÒ HƠI	80	0
PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU HÓA VIỆC PHÂN PHỐI, HỘ TIÊU THỤ CUỐI, THU HỒI	30	0
<b>TỔNG ĐIỂM BẢNG CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ</b>	340	0
<b>TỔNG ĐIỂM BẢNG CÂU HỎI CỦA CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ (%)</b>		0.0%
Ngày hoàn thiện bảng câu hỏi		

## CÁC BƯỚC TIẾP THEO - Các tài liệu bổ sung của DOE Bestpractice Steam

**BƯỚC TIẾP THEO CỦA BẠN LÀ GÌ?** Quá trình tự đánh giá hệ thống hơi nước của bạn bằng Công cụ này có thể đã xác định được một số dự án cải tiến hệ thống hơi nước tiềm năng. BestPractices Steam đã phát triển các công cụ và tài nguyên bổ sung để giúp bạn thực hiện bước tiếp theo trong việc cải thiện hệ thống hơi nước của mình. Các công cụ này được xác định bên dưới.

**BẮT ĐẦU TẠI TRANG WEB BESTPRACTICES!** Trang web này bao gồm các liên kết đến tất cả các công cụ và ấn phẩm chính được phát triển bởi BestPractices Steam. Địa chỉ trang web là **[www.oit.doe.gov/bestpractices](http://www.oit.doe.gov/bestpractices)**.

**HƯỚNG DẪN KHẢO SÁT HỆ THỐNG HƠI:** Hướng dẫn này là tài liệu tham khảo được phát triển cho các nhà quản lý năng lượng trong nhà máy và nhân viên vận hành hệ thống hơi nước. Nó cung cấp nền tảng kỹ thuật để xác định và đánh giá nhiều cơ hội cải tiến hệ thống hơi nước tiềm năng. Nó bổ sung cho Công cụ đánh giá hệ thống hơi nước và cung cấp các mô tả định lượng về cách định lượng các cơ hội cải tiến hệ thống hơi nước chính. Nó có sẵn trên trang web BestPractices.

**BẢNG THÔNG TIN HƠI.** BestPractices Steam đã phát triển 19 tờ thông tin về năng lượng, cung cấp những mô tả ngắn gọn về các cơ hội cải tiến hệ thống hơi nước phổ biến. Bạn có thể tải xuống các thông tin này từ trang web BestPractices. Các chủ đề cho những tờ thông tin này được liệt kê bên dưới, theo các nhóm chủ đề chính:

<b>CẤU HÌNH HỆ THỐNG HƠI NƯỚC</b>	<i>Benchmark the Fuel Costs of Steam Generation</i>
-----------------------------------	---

<b>THỰC TIỄN VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI NƯỚC</b>	<i>Inspect and Repair Steam Traps</i>
	<i>Insulate Steam Distribution and Condensate Return Lines</i>
	<i>Install Removable Insulation on Uninsulated Valves and Fittings</i>

<b>THỰC TIỄN VẬN HÀNH NHÀ MÁY LÒ HƠI</b>	<i>Improve Your Boiler's Combustion Efficiency</i>
	<i>Use Feedwater Economizers for Waste Heat Recovery</i>
	<i>Clean Boiler Waterside Heat Transfer Surfaces</i>
	<i>Minimize Boiler Blowdown</i>
	<i>Recover Heat from Boiler Blowdown</i>
	<i>Minimize Boiler Short Cycling Losses</i>
	<i>Deaerators in Industrial Steam</i>

<b>HOẠT ĐỘNG PHÂN PHỐI, TIÊU THỤ CUỐI, THU HỒI</b>	<i>Replace Pressure-Reducing Valves with Backpressure Turbogenerators</i>
	<i>Consider Steam Turbine Drives for Rotating Equipment</i>
	<i>Return Condensate to the Boiler</i>
	<i>Flash High-Pressure Condensate to Regenerate Low-Pressure Steam</i>
	<i>Use a Vent Condenser to Recover Flash Steam Energy</i>
	<i>Use Low Grade Waste Steam to Power Absorption Chillers</i>
	<i>Use Vapor Recompression to Recover Low-Pressure Waste Steam</i>
	<i>Cover Heated, Open Vessels</i>

**CÁC BƯỚC TIẾP THEO - Các tài liệu bổ sung  
của DOE Bestpractice Steam (Tiếp)**

**CẢI THIỆN HIỆU SUẤT HỆ THỐNG HƠI:** Sách tham khảo dành cho ngành công nghiệp. BestPractices Steam đã phát triển Sách tham khảo được thiết kế để cung cấp cho người dùng hệ thống hơi nước một tài liệu tham khảo mô tả các thành phần cơ bản của hệ thống hơi nước công nghiệp, phác thảo các cơ hội cải tiến năng lượng và hiệu suất, đồng thời cung cấp danh sách đầy đủ các liên hệ, tài nguyên, công cụ, phần mềm, video của hệ thống hơi nước, và các khóa đào tạo và dịch vụ kỹ thuật. Cuốn sách tham khảo này sẽ có trên trang web BestPractices vào tháng 6 năm 2002.

**PHẦN MỀM ĐÁNH GIÁ CÁCH NHIỆT 3E-PLUS.** 3E-Plus được phát triển bởi Hiệp hội các nhà sản xuất vật liệu cách nhiệt Bắc Mỹ (NAIMA) để nâng cao nhận thức của nhân viên quản lý và vận hành hệ thống hơi nước về lợi ích của vật liệu cách nhiệt và cho phép những nhân viên này đánh giá các cơ hội cải tiến vật liệu cách nhiệt. Phiên bản hiện tại của 3E-Plus có thể được tải xuống từ trang web Bestpractices.

**TRANG WEB STEAMING AHEAD.** Trang web “Steaming Ahead” của Liên minh Tiết kiệm Năng lượng công bố các hoạt động và sản phẩm thông tin được phát triển nhờ sự nỗ lực của DOE Bestpractice Steam. Trang web này cũng là nguồn thông tin để cung cấp bản tin e-mail hai tháng một lần cho “Steaming Ahead”. Bản tin này quảng bá các phương pháp thực hành và ứng dụng công nghệ tốt nhất trong thiết kế và quản lý hệ thống hơi nước. “Steam Digest” - tập hợp các bài viết và bài báo hàng năm về các biện pháp sử dụng hơi nước hiệu quả - cũng có trên trang web Steaming Ahead. Địa chỉ trang web là [www.steamingahead.org](http://www.steamingahead.org).

## INTRODUCTION

<b>AUDIENCE FOR THE TOOL</b>	The audience for this tool is steam system energy managers and steam system operations personnel for industrial plants - from industries noted by the Department of Energy (DOE) as “Industries of the Future.” The Department of Energy’s nine Industries of the Future are Agriculture, Forest Products, Mining, Aluminum, Glass, Petroleum, Chemicals, Metal Casting and Steel.
<b>PURPOSE OF THE SCOPING TOOL</b>	Using this Tool will assist you to:
	a) Develop a greater awareness of opportunities to improve your steam system;
	b) Identify actions to substantially reduce your steam energy costs;
	c) Allow you to evaluate your steam system operations against identified BestPractices; and
d) Compare your steam system operations to those from other facilities (by comparing responses to the various Scoping Tool questions).	

<b>WHAT IS INCLUDED IN THIS TOOL</b>	The Steam System Scoping Tool includes eight worksheets:
	1. Introduction
	2. Steam System Basic Data
	3. Steam System Profiling
	4. Steam System Operating Practices - Total Steam System
	5. Steam System Operating Practices - Boiler Plant
	6. Steam System Operating Practices - Distribution, End Use, Recovery
	7. Summary Results
	8. NEXT STEPS - Additional DOE BestPractices Steam Resources

<b>HOW TO USE THE STEAM SCOPING TOOL</b>	<b>Access Each Worksheet</b> by clicking on the appropriate worksheet label at the bottom of the screen. For example, click on the “Steam System Basic Data” tab to access that worksheet.
	<b>Start by Choosing a File Name</b> for your spreadsheet, and <b>Save</b> a copy of the spreadsheet using that name.
	<b>Answer the questions</b> in Worksheet #2 - <b>Steam System Basic Data</b> .
	Provide scores for your steam system in <b>Worksheets #3 through #6</b> . Each of the questions in these four worksheets has a number of possible scores. <b>Enter your appropriate score</b> in the correct worksheet cell.
	Once you have entered your scores in Worksheets #3 through #6, <b>go to Worksheet #7 - Summary Results</b> to see a summary of the scores that you entered.
	Then go to <b>Worksheet #8 - NEXT STEPS</b> - for information on other BestPractices resources to help you improve your steam system.
	Finally, <b>Save</b> a copy of your completed spreadsheet and <b>Print</b> copies of any of Worksheets #2 through #7 that you would like paper copies of.

<p><b>HOW YOU CAN USE YOUR RESULTS</b></p>	<p><b>Review Results</b> - Are there any areas where you can make rapid improvements to your steam system?</p>
	<p><b>Share Results</b> - Share what you learned from using this tool with your co-workers and your management. Look for opportunities to identify improvement projects based on your results.</p>
	<p><b>Compare Results</b> - DOE is collecting results from many plants and will publish summary results on the BestPractices Steam web site - so you can compare what you have found for your system with results obtained in other similar plants.</p>
	<p><b>Complete The Tool Again At A Later Date</b> - Reapplying the Steam Scoping Tool can show that you have made improvements, or maintained the effectiveness of the improvements that you previously made.</p>

<p><b>STEAM SYSTEM SCOPING TOOL</b></p>	<p>12/14/2010 Version 1.0d_Metric</p>
---	---

## INTRODUCTION (page 2)

<b>HOW DOE WILL USE YOUR RESULTS</b>	<p>The DOE requests that you provide your results to them. DOE is creating a database of responses to the Steam Scoping Tool questions. The summary information from this database will be available on the BestPractice Steam website - <a href="http://www.oit.doe.gov/bestpractices/steam">www.oit.doe.gov/bestpractices/steam</a> - and can be made available to anyone who requests it. You will then be able to compare your individual results to results from all respondents and from respondents who have similar-type industrial plants.</p>
	<p><b>Confidentiality Of Your Input</b> - DOE will insure that - if you provide them with your results - they will not be disseminated in any manner identified with your company's name; the results will be held strictly confidential. DOE will also not release your contact information to any third party service providers, so you can be sure that there will be no unsolicited contacts as a result of you providing your results to them.</p>
<b>HOW TO SUBMIT YOUR RESULTS</b>	<p>When you complete the Steam Tool, you can submit your results (by email attachment or by sending a paper copy) to:</p>
	<p>Dr. Anthony Wright, Oak Ridge National Laboratory</p>
	<p>phone: 865-946-1353</p>
	<p>email: <a href="mailto:wrightal@ornl.gov">wrightal@ornl.gov</a></p>

<b>THANK YOU!!</b>	<p>We appreciate your interest in using the Steam System Scoping Tool to evaluate your steam system, and hope that you will provide your results to us to include in the database of summary results that we are developing.</p>
<b>ACKNOWLEDGEMENTS</b>	<p>The Steam System Scoping Tool was developed by the DOE BestPractices Steam effort, a part of the programs of the DOE Office of Industrial Technologies. Thanks to all of the members of the BestPractices Steam Best Practice and Technical subcommittee for reviewing early versions of the tool and providing their useful input to its development.</p> <p>This updated version of the Steam System Scoping Tool includes improvements based on comments received from six university Industrial Assessment Centers (IACs). We also thank these IACs for their help.</p>

STEAM SYSTEM BASIC DATA			
BASIC DATA ABOUT YOUR SYSTEM			
<b>What To Do</b> Document some of the basic operating information about your steam system.			
<b>Why Important</b> Documenting basic steam system data is important to help you to identify the current conditions of your steam system operations, and to establish a baseline/benchmark that you can refer to in the future.			
			<b>ANSWERS TO BASIC DATA QUESTIONS</b>
<b>a</b>	Briefly describe the type of production that your plant does in the column to the right. If you know the Standard Industrial Code (SIC) for your industry, please include that in your description.		
<b>IF YOU CONSUME STEAM BUT DO NOT GENERATE ANY OF YOUR OWN, PLEASE SKIP TO QUESTION "g"</b>			
			<b>ANSWERS TO BASIC DATA QUESTIONS</b>
<b>b</b>	What Is Your Total Annual Steam Production?	32,691	tonnes/yr
<b>c</b>	How Many Hours Per Year Is Your System In Operation?		hours/year
<b>d</b>	What Is Your Total Steam Generation Capacity?	32	tonnes/hour, <u>or</u>
			Boiler kW

e	What Is Your Average Steam Generation Rate?		tonnes/ hour, <u>or</u>
			Boiler kW

f	What Is The % Distribution (On A Btu Basis) Of Your Fuel Sources For Steam Generation?		
	Coal		%
	Fuel Oil (#6)		%
	No. 2 Fuel Oil		%
	Natural Gas		%
	Process Waste Heat		%
	Biomass		%
	Solid Wastes		%
	Other		%
TOTAL (Should add up to 100%)		0.0	%
STEAM SYSTEM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric		12/10/2010	

STEAM SYSTEM BASIC DATA (page 2)			
		ANSWERS TO BASIC DATA QUESTIONS	
<b>g</b>	Do You Have Any Heat Engines In Use On Site?		
	Back Pressure Steam Turbines		
	Number		
	Total Capacity		kw
	Condensing Steam Turbines		
	Number		
	Total Capacity		kw
	Combustion Gas Turbines Without Heat Recovery Steam Generators (HRSGs)		
	Total Capacity		kw
	Combustion Gas Turbines With HRSGs		
	Total Capacity		kw
	Other (specify type)		
Total Capacity		kw	
<b>h</b>	How Much Steam Do You Buy Annually From Others?		tonnes/ year
<b>i</b>	How Many Steam Traps Do You Have In Your Steam System?		
<b>j</b>	What is Your Average Boiler Blowdown Rate?		% of average feedwater flow rate

STEAM SYSTEM PROFILING				
STEAM COSTS				
<p><b>What To Do</b> Identify what it costs at your facility to produce steam (cost per tonne of steam), and use this as a benchmark for evaluating opportunities for improving your steam operations. Start with determining what your fuel costs are to make steam, then add other costs associated with your operations (chemical costs, labor, etc).</p>				
<p><b>Why Important</b> Understanding the cost to make steam can be an eye-opener - producing steam is not free! Any opportunity that reduces the amount of steam generated saves money, so understanding the cost to make steam is a key step to being able to quantify improvement opportunities.</p>				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>SC1</b>	Do you monitor your Fuel Cost To Generate Steam - in terms of (Cost) / (Tonne of steam produced)?	yes	10	<b>10</b>
		no	0	
<b>SC2</b>	How often do you calculate and trend your Fuel Cost To Generate Steam?	at least quarterly	10	<b>10</b>
		at least yearly	5	
		less than yearly	0	
STEAM/PRODUCT BENCHMARKS				
<p><b>What To Do</b> Identify how much steam it takes to make your key products. Then track this benchmark: a) with what other facilities in your company do; b) with what other similar plants in your industry do; and c) with how this benchmark varies in your operations over time.</p>				

**Why Important** The bottom line of your operation is how cost effectively you make your products, and steam use has an impact on your productivity. Steam/product benchmarking is an excellent way to monitor productivity and how steam improvements translate to improved productivity.

		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
<b>BM1</b>	Do you Measure your Steam/Product Benchmark - in terms of (kg of steam needed) / (unit of product produced)?	yes	10	<b>10</b>
		no	0	
<b>BM2</b>	How often do you Measure and Trend your Steam/Product Benchmark - in terms of (kg of steam needed) / (unit of product produced)?	at least quarterly	10	<b>10</b>
		at least yearly	5	
		less than yearly	0	
	STEAM SYSTEM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric	12/14/2010		

STEAM SYSTEM PROFILING (page 2)				
STEAM SYSTEM MEASUREMENTS				
<b>What To Do</b> Identify key steam operational parameters that you should monitor and ensure that you are adequately measuring them.				
<b>Why Important</b> You Can't Manage What You Don't Measure! Measurement of key steam system parameters assists you in monitoring your system, diagnosing potential system problems, and ensuring that system improvements continue to provide benefits to your operations.				
		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
<b>MS1</b>	Do you measure and record Critical Energy Parameters for your Steam System?			
	Steam Production Rate (to obtain total steam production)	yes	10	10
	Fuel Flow Rate (to obtain total fuel consumption)	yes	6	6
	Feedwater Flow Rate	yes	6	6
	Makeup Water Flow Rate	yes	4	4
	Blowdown Flow Rate	yes	2	2
	Chemical Input Flow Rate	yes	2	0
		no to all of above	0	
<b>MS2</b>	How intensely do you meter your steam flows? - CHOOSE ONE OF FIVE ANSWERS	by major user/equip	20	
		by process unit	10	
		by area or building	5	5
		by plant as a whole (i.e., total boiler output)	2	
		not at all	0	

STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES				
STEAM TRAP MAINTENANCE				
<b>What To Do</b> Implement a comprehensive program to correctly select, test, and maintain your steam traps.				
<b>Why Important</b> Steam traps play three important functions: a) prevent steam from escaping from the system before the heat is utilized; b) remove condensate from the system; and c) vent noncondensable gases. Poor steam trap selection, testing, and maintenance can result in many system problems including water hammer, ineffective process heat transfer, steam leakage, and system corrosion. An effective steam trap selection and maintenance program is often an excellent investment with paybacks of less than half a year.				
		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
ST1	Does Your System Steam Trap Maintenance Program Include The Following Activities?			
	Proper Trap Selection For Application	yes	10	5
	At Least Annual Testing Of All Traps	yes	10	5
	Maintaining A Steam Trap Database	yes	10	5
	Repairing/Replacing Defective Traps	yes	10	5
		none of the above	0	

<b>WATER TREATMENT PROGRAM</b>				
<b>What To Do</b> Implement and maintain an effective Water Treatment Program in your steam system.				
<b>Why Important</b> An effective steam system Water Treatment Program: a) reduces the potential for waterside fouling problems in your boilers; b) is critical to minimizing boiler blowdown and the resulting energy losses; c) can reduce the generation of wet steam; and d) greatly reduces the potential for corrosion problems throughout your steam system. Most effective water treatment programs include both mechanical (filtration, softening, and deaeration) and chemical treatment. Problems in this area can lead to significant plant productivity issues related to equipment failure and downtime - be sure to consult with a chemical treatment specialist on an ongoing basis.				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>WT1</b>	How often do you ensure that your Water Chemical Treatment System is functioning properly?	at least daily	10	
		at least weekly	5	
		less than weekly	0	<b>0</b>
<b>WT2</b>	How often do you NEED to clean Fireside or Waterside deposits in your Boiler?	every 5-10 years	10	<b>10</b>
		every 1-5 years	5	
		once/year or more	0	

<b>WT3</b>	How often do you measure Conductivity (or Total Dissolved Solids [TDS]) in your Boiler and determine what your Steam and Mud Drum Blowdown Rate (or Top and Bottom Boiler Blowdown Rate) should be?	continuous, or at least once/shift	10	<b>10</b>
		once/day	5	
		once/week or less	0	
	STEAM SYSTEM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric	12/14/2010		

STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES (page 2)				
SYSTEM INSULATION				
<p><b>What To Do</b> Ensure that the appropriate major components of your steam system are well insulated. Determine the economic insulation thickness for your system components, and perform system insulation reviews to identify exposed surfaces that should be insulated and/or unrestored or damaged insulation.</p>				
<p><b>Why Important</b> Effective insulation - on piping, valves, fittings, and vessels - serves many important purposes. Insulation keeps steam energy within the system to be effectively used by processes, it can reduce temperature fluctuations in the system, it can reduce space conditioning requirements, and it can reduce the potential for personnel burns.</p>				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>IN1</b>	Is your Boiler Plant equipment and piping system insulation (refractory, piping, valves, flanges, vessels, etc.) maintained and in good condition?	insulation excellent	10	
		insulation good, but can be improved	7	7
		insulation inadequate	0	
<b>IN2</b>	Is your Steam Distribution, End Use, and Condensate Recovery equipment insulation (piping, valves, flanges, heat exchangers, etc.) maintained and in good condition?	insulation excellent	20	
		insulation good, but can be improved	14	14
		insulation inadequate	0	

<b>STEAM LEAKS</b>				
<b>What To Do</b> Identify and quickly repair steam leaks in your steam system.				
<b>Why Important</b> Steam leaks can result from failures associated with such things as improper piping design, corrosion problems, and joint and valve seal failures. In high-pressure industrial steam systems, energy costs associated with steam leaks can be substantial. Identifying and repairing steam leaks is essential to properly balancing your steam system.				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>LK1</b>	How would you characterize Steam Leaks in your Steam System?	none	10	
		minor	8	<b>8</b>
		moderate	3	
		numerous	0	
<b>WATER HAMMER</b>				
<b>What To Do</b> Detect and quickly eliminate Water Hammer in your steam system.				
<b>Why Important</b> Water Hammer is a serious concern - it can lead to failure and rupture of piping and valves, and in many cases significant personnel injury due to contact with steam and condensate. There are two main types of water hammer: one caused by accumulation of condensate in steam distribution piping and transport of this condensate by high-velocity steam; and the other caused by a pressure pulse resulting from steam collapse (rapid condensation) in condensate return lines and heat exchange equipment. Water Hammer in your steam system always says FIX ME!!				

		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>WH1</b>	How often do you detect noticeable Water Hammer in your Steam and Condensate Recovery System?	less than once a month	10	<b>10</b>
		monthly or weekly	5	
		daily or hourly	0	
	STEAM SYSTEM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric	12/14/2010		

STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES (page 3)				
MAINTAINING EFFECTIVE STEAM SYSTEM OPERATIONS				
<b>What To Do</b> Establish and carry out a comprehensive steam system maintenance program.				
<b>Why Important</b> Effective steam system operating practices and improvements can provide benefits to your steam operations year after year - IF you have an effective system maintenance program in place. Major areas of maintenance that will provide year-after-year benefits to your operations include: a) steam traps; b) boiler performance; c) water treatment; d) turbines, piping, heat exchangers, pumps, motors, and valves; and e) system insulation.				
		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
MN1	Do you periodically - at least once a year - inspect the following important Steam Plant Operational Equipment?			
	Boiler Plant Equipment - boiler, deaerator, feedwater tank, chemical treatment equipment, blowdown equipment, economizer, combustion air preheater, insulation, etc.?	yes	5	5
	Distribution System Equipment - piping (including design), steam traps (types, sizes, locations), air vents, valves, pressure reducing stations, insulation, etc.?	yes	5	0

	End Use System Equipment - turbines, piping (including design), heat exchangers, coils, jacketed kettles, steam traps (types, sizes, locations), air vents, vacuum breakers, pressure reducing valves, insulation, etc.?	yes	5	0
	Recovery System Equipment - piping (including design), valves, fittings, flash tanks, condensate pumps, condensate meters, insulation, etc.?	yes	5	0
		no to all of above	0	

BOILER PLANT OPERATING PRACTICES				
BOILER EFFICIENCY				
<b>What To Do</b> Measure, trend, and look for opportunities to improve the efficiency of your boilers.				
<b>Why Important</b> One of the key boiler plant functions is to generate steam at the highest possible efficiency. Major sources of boiler efficiency losses include: a) combustion and flue gas energy losses [typically the largest]; b) blowdown losses; and c) refractory insulation losses. It is important to measure and trend boiler efficiency, flue gas temperature, flue gas oxygen content, and flue gas carbon monoxide content on a regular basis. Measurement and control of excess oxygen is critical to minimizing boiler combustion energy losses. Trending flue gas temperature can provide indications of other potential boiler problems, such as waterside or fireside fouling problems.				
		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
BE1	How often do you measure your overall Boiler Efficiency - [(heat absorbed to create steam) / (energy input from fuel)]?	at least quarterly	10	
		at least yearly	5	
		less than yearly	0	0
BE2	Do you measure the following parameters as a function of boiler load and ambient temperature?			
	Flue gas temperature	yes	5	5
	Flue gas Oxygen content	yes	5	5
	Flue gas CO content	yes	5	5
		no to all of above	0	

<b>BE3</b>	How do you control Excess Air in your Boiler to maximize Boiler Efficiency?	automatically	10	
		manually	5	<b>5</b>
		not at all	0	
<b>HEAT RECOVERY EQUIPMENT</b>				
<b>What To Do</b> Evaluate installation of Heat Recovery Equipment on your Boiler Plant.				
<b>Why Important</b> In some boilers, high flue gas temperatures and high continuous blowdown rates can provide opportunities for installation of heat recovery equipment. Feedwater economizers and combustion air preheaters can, under appropriate conditions, be installed to extract excess flue gas energy and effectively increase the boiler efficiency. Blowdown heat recovery equipment can also, for some systems, be installed to extract otherwise lost heat from the blowdown system. For either potential opportunity, an economic analysis is needed to determine the feasibility of the opportunity, and the equipment should be designed and installed by qualified professionals.				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>HR1</b>	Do you have any of the following Heat Recovery Equipment installed on your Boilers?			
	Feedwater Economizer and/or Combustion Air Preheater	yes	10	<b>10</b>
	Blowdown Heat Recovery	yes	5	<b>0</b>
		no to all of above	0	
	STEAM SYSTEM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric	12/14/2010		

BOILER PLANT OPERATING PRACTICES (page 2)				
GENERATING DRY STEAM				
<b>What To Do</b> Ensure that you generate high-quality dry steam in your boiler plant.				
<b>Why Important</b> Steam of 100% quality contains no liquid water; wet steam contains liquid droplets. Generating wet steam in your boiler can cause many system problems, including: a) inefficient process heat transfer; b) equipment failure by water hammer; c) equipment failure by corrosion and erosion; and d) steam trap failure by overloading. Some typical causes for creation of wet steam and boiler carryover are: a) wide swings in boiler water level; b) reduced operating pressure; c) boiler overload; and d) poor boiler total dissolved solids (TDS) control. A critical step to ensuring generation of high-quality steam is to measure the quality of steam leaving your boiler; this is typically done using steam calorimeters.				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>DS1</b>	How often do you check the Quality of Steam that is output from your Boiler to the Distribution System, and ensure that you are generating Dry Steam?	at least quarterly	10	
		at least yearly	5	5
		less than yearly	0	

<b>GENERAL BOILER OPERATION</b>				
<b>What To Do</b> Ensure that your boilers perform their functions without large fluctuations in operating conditions.				
<b>Why Important</b> How you control boiler operation can effect many elements of the steam system - including the operating life of the boiler, the quality of steam produced, and the effectiveness of steam use throughout your production operations.				
		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>GB1</b>	Do you have an operational automatic blowdown controller on your Boiler?	yes	5	
		no	0	<b>0</b>

<b>GB2</b>	What is the frequency of High Level Alarms (possibly indicating boiler undersized) or Low Level Alarms (possibly indicating boiler oversized) for your Boiler?	less than 1/ month	10	<b>10</b>
		1-5 per month	5	
		more than 5/ month	0	

<b>GB3</b>	How often do you experience steam pressure fluctuations of greater than 10% of your Boiler Operating Pressure?	less than 1/ month	5	<b>5</b>
		1-5 per month	3	
		more than 5/ month	0	

STEAM DISTRIBUTION, END USE, RECOVERY - OPERATING PRACTICES				
OPTIONS FOR REDUCING STEAM PRESSURE - MINIMIZE STEAM FLOW THROUGH PRVs				
<b>What To Do</b> Investigate potential to use backpressure turbines in parallel with pressure reducing valves in your steam system.				
<b>Why Important</b> In many steam systems, pressure reducing valves (PRVs) are used to provide steam at pressures lower than generated from the boiler. A potential opportunity for improving a steam system is to minimize the flow of steam through PRVs. One opportunity for doing this is to install backpressure turbines in parallel with PRVs in your steam system; in this way you can provide the low-pressure steam required and generate electricity or shaft power that can be utilized. A detailed economic analysis must be performed to evaluate this type of opportunity.				
		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
PR1	How do you reduce steam pressure in your steam system?	steam generated at required pressure, or PRVs appropriately applied	10	10
		backpressure turbines used in parallel with PRVs	10	
		boiler control used to reduce pressure	5	
		excess steam vented and/ or used inefficiently	0	

### RECOVER AND UTILIZE AVAILABLE CONDENSATE

**What To Do** Determine how much of your available condensate you recover and utilize.

**Why Important** Returning a substantial portion of your condensate to your boiler can have both energy and chemical treatment benefits: a) condensate is hotter than makeup water, so less energy is required to convert condensate to steam; and b) condensate requires significantly less chemical treatment than makeup water, so there may be savings in chemical treatment costs associated with returning condensate. Returning as much condensate as possible also can help to reduce boiler blowdown (because fewer impurities are resident in condensate), and so minimize blowdown energy losses.

		ACTIONS	SCORE	YOUR SCORE
CR1	How much of your available Condensate do you recover and utilize?	greater than 80%	10	
		40% to 80%	6	6
		20% to 40%	3	
		less than 20%	0	

**USE HIGH-PRESSURE CONDENSATE  
TO MAKE LOW-PRESSURE STEAM**

**What To Do** Investigate opportunity to utilize high-pressure condensate to produce useable low-pressure steam.

**Why Important** An opportunity for utilizing high-pressure condensate is to allow it to pass through a flash tank and utilize the flash steam in low-pressure steam applications. The remainder of the condensate, now at lower pressure and temperature, can then be sent back to the boiler for use in producing steam.

		<b>ACTIONS</b>	<b>SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
<b>FS1</b>	How much of your available Flash Steam do you recover and utilize?	greater than 80%, or flash steam unavailable	10	
		40% to 80%	6	
		20% to 40%	3	
		less than 20%	0	<b>0</b>

SUMMARY RESULTS		
SCOPING TOOL QUESTIONS	POSSIBLE SCORE	YOUR SCORE
<b>1. STEAM SYSTEM PROFILING</b>		
STEAM COSTS		
SC1:Measure Fuel Cost To Generate Steam	10	10
SC2:Trend Fuel Cost To Generate Steam	10	10
STEAM/PRODUCT BENCHMARKS		
BM1:Measure Steam/Product Benchmarks	10	10
BM2:Trend Steam/Product Benchmarks	10	10
STEAM SYSTEM MEASUREMENTS		
MS1:Measure/Record Steam System Critical Energy Parameters	30	28
MS2:Intensity Of Measuring Steam Flows	20	5
STEAM SYSTEM PROFILING SCORE	90	73

<b>2. STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES</b>		
STEAM TRAP MAINTENANCE		
ST1:Steam Trap Maintenance Practices	40	20
WATER TREATMENT PROGRAM		
WT1:Water Treatment - Ensuring Function	10	0
WT2:Cleaning Boiler Fireside/Waterside Deposits	10	10
WT3:Measuring Boiler TDS, Top/Bottom Blowdown Rates	10	10
SYSTEM INSULATION		
IN1:Insulation - Boiler Plant	10	7

IN2:Insulation - Distribution/End Use/ Recovery	20	14
STEAM LEAKS		
LK1:Steam Leaks - Severity	10	8
WATER HAMMER		
WH1:Water Hammer - How Often	10	10
MAINTAINING EFFECTIVE STEAM SYSTEM OPERATIONS		
MN1:Inspecting Important Steam Plant Equipment	20	5
STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES SCORE	140	84

<b>3. BOILER PLANT OPERATING PRACTICES</b>		
BOILER EFFICIENCY		
BE1:Measuring Boiler Efficiency - How Often	10	0
BE2:Flue Gas Temperature, O2, CO Measurement	15	15
BE3:Controlling Boiler Excess Air	10	5
HEAT RECOVERY EQUIPMENT		
HR1:Boiler Heat Recovery Equipment	15	10
GENERATING DRY STEAM		
DS1:Checking Boiler Steam Quality	10	5
GENERAL BOILER OPERATION		
GB1:Automatic Boiler Blowdown Control	5	0
GB2:Frequency Of Boiler High/Low Level Alarms	10	10

GB3:Frequency Of Boiler Steam Pressure Fluctuations	5	5
BOILER PLANT OPERATING PRACTICES SCORE	80	50
STEAM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric		12/14/2010

### SUMMARY RESULTS (page 2)

<b>4. STEAM DISTRIBUTION, END USE, RECOVERY OPERATING PRACTICES</b>		
MINIMIZE STEAM FLOW THROUGH PRVs		
PR1:Options For Reducing Steam Pressure	10	10
RECOVER AND UTILIZE AVAILABLE CONDENSATE		
CR1:Recovering And Utilizing Available Condensate	10	6
USE HIGH-PRESSURE CONDENSATE TO MAKE LOW-PRESSURE STEAM		
FS1:Recovering And Utilizing Available Flash Steam	10	0
DISTRIBUTION, END USE, RECOVERY OP. PRACTICES SCORE	30	16

<b>SUMMARY OF STEAM SCOPING TOOL RESULTS</b>		
	<b>POSSIBLE SCORE</b>	<b>YOUR SCORE</b>
STEAM SYSTEM PROFILING	90	73
STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES	140	84
BOILER PLANT OPERATING PRACTICES	80	50
DISTRIBUTION, END USE, RECOVERY OP. PRACTICES	30	16
TOTAL SCOPING TOOL QUESTIONAIRE SCORE	340	223
TOTAL SCOPING TOOL QUESTIONAIRE SCORE (%)		65.6%
Date That You Completed This Questionnaire		12/14/2010

## NEXT STEPS - Additional DOE BestPractices Steam Resources

**WHAT'S YOUR NEXT STEP?** Your steam system self-assessment using this Tool may have identified some potential steam system improvement projects. BestPractices Steam has developed additional tools and resources to help you to go the next step in improving your steam system. These tools are identified below.

**START AT THE BESTPRACTICES WEB SITE!** This web site includes links to all of the major tools and publications developed by BestPractices Steam. The web site address is [www.oit.doe.gov/bestpractices](http://www.oit.doe.gov/bestpractices).

**STEAM SYSTEM SURVEY GUIDE:** This guide is a reference document developed for plant energy managers and steam system operations personnel. It provides a technical basis for identifying and assessing many potential steam system improvement opportunities. It is complementary to the Steam System Scoping Tool, and provides quantitative descriptions of how to quantify major steam system improvement opportunities. It is available from the BestPractices web site.

**STEAM TIP SHEETS.** BestPractices Steam has developed 19 energy tip sheets that provide concise descriptions of common steam system improvement opportunities. The tips are available for download from the BestPractices web site. The topics for these tip sheets are listed below, by major topic groups:

<b>STEAM SYSTEM PROFILING</b>	<i>Benchmark the Fuel Costs of Steam Generation</i>
<b>STEAM SYSTEM OPERATING PRACTICES</b>	<i>Inspect and Repair Steam Traps</i>
	<i>Insulate Steam Distribution and Condensate Return Lines</i>
	<i>Install Removable Insulation on Uninsulated Valves and Fittings</i>
<b>BOILER PLANT OPERATING PRACTICES</b>	<i>Improve Your Boiler's Combustion Efficiency</i>
	<i>Use Feedwater Economizers for Waste Heat Recovery</i>
	<i>Clean Boiler Waterside Heat Transfer Surfaces</i>
	<i>Minimize Boiler Blowdown</i>
	<i>Recover Heat from Boiler Blowdown</i>
	<i>Minimize Boiler Short Cycling Losses</i>
	<i>Deaerators in Industrial Steam</i>
<b>DISTRIBUTION, END USE, RECOVERY OPERATING PRACTICES</b>	<i>Replace Pressure-Reducing Valves with Backpressure Turbogenerators</i>
	<i>Consider Steam Turbine Drives for Rotating Equipment</i>
	<i>Return Condensate to the Boiler</i>

	<i>Flash High-Pressure Condensate to Regenerate Low-Pressure Steam</i>
	<i>Use a Vent Condenser to Recover Flash Steam Energy</i>
	<i>Use Low Grade Waste Steam to Power Absorption Chillers</i>
	<i>Use Vapor Recompression to Recover Low-Pressure Waste Steam</i>
	<i>Cover Heated, Open Vessels</i>
STEAM SCOPING TOOL, Version 1.0d_Metric	12/14/2010
<b>NEXT STEPS - Additional DOE BestPractices Steam Resources (cont.)</b>	
<p><b>IMPROVING STEAM SYSTEM PERFORMANCE: A Sourcebook for Industry.</b> BestPractices Steam has developed a Sourcebook that is designed to provide steam system users with a reference that describes basic industrial steam system components, outlines opportunities for energy and performance improvements, and provides a comprehensive list of steam system contacts, resources, tools, software, videos, and training courses and technical services. This Sourcebook should be available on the BestPractices web site in June 2002.</p>	
<p><b>3E-PLUS INSULATION APPRAISAL SOFTWARE.</b> 3E-Plus was developed by the North American Insulation Manufacturer's Association (NAIMA) to increase awareness among steam system operations and management personnel of the benefits of insulation, and to allow these personnel to assess insulation improvement opportunities. The present version of 3E-Plus can be downloaded from the BestPractices web site.</p>	

**STEAMING AHEAD WEB SITE.** The Alliance to Save Energy “Steaming Ahead” web site publicizes the activities and information products developed by the DOE BestPractices Steam effort. This web site is also the source for a “Steaming Ahead” bi-monthly e-mail newsletter. This newsletter promotes best-in-class practices and technology applications in steam system design and management. The “Steam Digest” - a yearly compilation of articles and papers on steam efficiency measures - is also available from the Steaming Ahead web site. The web site address is [www.steamingahead.org](http://www.steamingahead.org).

## PHỤ LỤC B

### MỘT SỐ THIẾT BỊ ĐO CẦN SỬ DỤNG TRONG VIỆC ĐÁNH GIÁ TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP

#### 1. Thiết bị phân tích khói thải (Flue gas analyser testo 340)



Hình B.1: Hình ảnh thực tế của Thiết bị phân tích khói thải (Flue gas analyser) Testo 340



### Hình B.2: Sử dụng thiết bị phân tích khí thải khi tiến hành đo đạc để đánh giá hệ thống hơi

- ✓ Nhiệt độ vận hành: Từ -5 đến 50 °C
- ✓ Nhiệt độ lưu trữ/vận chuyển: Từ -20 đến 50 °C
- ✓ Nguồn điện: Khối pin: 3.7 V / 2.4 Ah, thiết bị chính 6.3 V / 2 A
- ✓ Kích thước (Dài x Rộng x Cao): 283 x 103 x 65mm
- ✓ Trọng lượng: 960g
- ✓ Bộ nhớ: Tối đa 100 thư mục, tối đa 10 vị trí mỗi thư mục

- ✓ Màn hình: Màn hình màu đơn sắc, 4 mức xám, 160 x 240 pixel
- ✓ Nhiệt độ lưu trữ pin: 0...35 °C
- ✓ Thời lượng pin: > 6 giờ (đèn màn hình tắt, nhiệt độ không khí xung quanh 20 °C)
- ✓ Thời gian sạc pin: Khoảng 5-6 giờ
- ✓ Thời gian khởi động và đặt lại: 30 giây

**Bảng B.1: Phạm vi đo của thiết bị phân tích khí thải  
(Flue gas analyser testo 340)**

Thông số	Dải đo	Độ chính xác	Độ phân giải	t90 <sup>1</sup>
O2	0...25Vol.%	±0.2Vol.%	0.01Vol.%	< 20s
CO, H2-comp.	0...10000ppm	±10ppm or ±10% of reading <sup>1</sup> at 0...200ppm ±20ppm or ±5% of reading <sup>1</sup> at 201...2000ppm ±10% of reading <sup>1</sup> at 2001...10000ppm	1ppm	< 40s
COlow, H2-comp.	0...500ppm	±2ppm at 0.0...39.9ppm ±5% of reading at 40.0...500ppm	0.1ppm	< 40s
NO2	0...500ppm	±10ppm at 0...199ppm ±5% of reading in rest of range	0.1ppm	< 40s
SO2	0...5000ppm	±10ppm at 0...99ppm ±10% of reading in rest of range	1ppm	< 40s
NOlow	0...300ppm	±2ppm at 0.0...39.9ppm ±5% of reading at 40.0...300.0ppm	0.1ppm	< 30s
NO	0...4000 ppm	± 5ppm at 0...99ppm ± 5% of reading at 100...1999ppm ±10% of reading at 2000...4000ppm	1ppm	< 30s
Draught, Δp1	-40...40hPa	+ 1.5% v. Mw. at -40.00...-3.00hPa + 0.03hPa at -2.99...-2.99hPa + 1.5% v. Mw. at 3.00...40.00hPa	0.01hPa	-
Δp2	-200...200hPa	±1.5% of reading at -200.0...-50.0hPa ± 0.5hPa at -49.9...-49.9hPa ±1.5% of reading at 50.0...200.0hPa	0.1hPa	-

<sup>1</sup> Response time 90%, recommended minimum measurement duration to guarantee correct readings: 3min

P abs	600...1150hPa	±10hPa	1hPa	-
Temperature (NiCrNi)	-40...1200°C <sup>2</sup>	± 0.5°C at 0.0...99°C ± 0.5% of reading	0.1°C at -40.0...999.9°C in rest of range	depends 0.1°C
at 1000°C...1200°C on probe				
Efficiency	0...120%	-	0.1%	-
Flue gas loss	0...99,9%	-	0.1%	-
Flue gas dewpoint	0...99,9°C	-	0.1%	-
CO2 determination (Calculated)	0...CO2 max.	± 0.2 Vol%	0.1 Vol%	<40s

<sup>1</sup>t<sub>90</sub>, thời gian đo tối thiểu được đề xuất để đảm bảo đọc số chính xác là 3 phút

<sup>2</sup> Với cặp nhiệt loại S, có thể đo nhiệt độ lên đến tối đa 1.780 °C.

Link xem hướng dẫn sử dụng:



## 2. Thiết bị phân tích chất lượng nước (HANNA HI98192)



Thiết bị có khả năng đo:

- ✓ Độ dẫn điện (EC - electrical conductivity)
- ✓ Trở kháng (Resistivity)
- ✓ Tổng chất rắn hòa tan (Total dissolved solids - TDS )
- ✓ Nồng độ muối: có 3 chế độ nồng độ muối có sẵn là: % NaCl, Nồng độ muối thực tế và Thang đo nước biển tự nhiên.
- ✓ Phạm vi nhiệt độ thực hiện đo đặc -20.0 tới 120.0 °C
- ✓ Ghi nhật ký theo yêu cầu lên đến 400 mẫu
- ✓ Ghi nhật ký tự động lên đến 1000 bản ghi
- ✓ Kích thước thiết bị: 185 x 93 x 35.2 mm
- ✓ Khối lượng thiết bị: 400 g

**Hình B.3: Hình ảnh thực tế của Thiết bị phân tích chất lượng nước  
(HANNA HI98192)**

Link tải hướng dẫn sử dụng:



**Bảng B.2: Phạm vi đo của thiết bị phân tích chất lượng nước  
(HANNA HI98192)**

Độ dẫn điện (EC – electrical conductivity)	Dải đo	0 tới 400 mS/cm (thể hiện giá trị tới 1000 mS/cm) Độ dẫn điện thực tế 1000 mS/cm 0.001 to 9.999 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$ 10.00 to 99.99 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 100.0 to 999.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 1.000 to 9.999 mS/cm 10.00 to 99.99 mS/cm 100.0 to 1000.0 mS/cm (Tự động điều chỉnh dải đo)
	Độ phân giải	0.001 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$ / 0.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ / 0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 0.001 mS/cm / 0.01 mS/cm / 0.1 mS/cm
	Độ chính xác	$\pm 1\%$ của số đọc được trên thiết bị ( $\pm 0.01 \mu\text{S}/\text{cm}$ hoặc 1 chữ số, tùy theo giá trị nào là lớn hơn)
Trở kháng	Dải đo	1.0 tới 99.9 $\Omega \cdot \text{cm}$ 100 tới 999 $\Omega \cdot \text{cm}$ 1.00 tới 9.99 $\text{K}\Omega \cdot \text{cm}$ 10.0 tới 99.9 $\text{K}\Omega \cdot \text{cm}$ 100 tới 999 $\text{K}\Omega \cdot \text{cm}$ 1.00 tới 9.99 $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 10.0 tới 100.0 $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}^*$ (Tự động điều chỉnh dải đo)
	Độ phân giải	0.1 $\Omega \cdot \text{cm}$ / 1 $\Omega \cdot \text{cm}$ / 0.01 $\text{K}\Omega \cdot \text{cm}$ / 0.1 $\text{K}\Omega \cdot \text{cm}$ / 1 $\text{K}\Omega \cdot \text{cm}$ 0.01 $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ / 0.1 $\text{M}\Omega \cdot \text{cm}^*$
	Độ chính xác	$\pm 1\%$ của số đọc được trên thiết bị ( $\pm 10 \Omega \cdot \text{cm}$ hoặc 1 chữ số, tùy theo giá trị nào là lớn hơn)

Tổng chất rắn hòa tan (Total dissolved solids – TDS)	Dải đo	0.00 tới 99.99 ppm 100.0 tới 999.9 ppm 1.000 tới 9.999 g/L 10.00 tới 99.99 g/L 100.0 tới 400.0 g/L (Tự động điều chỉnh dải đo)
	Độ phân giải	0.01 ppm / 0.1 ppm / 0.001 g/L / 0.01 g/L / 0.1 g/L
	Độ chính xác	±1% của số đọc được trên thiết bị (±0.05 ppm hoặc 1 chữ số, tùy theo giá trị nào là lớn hơn)
Nồng độ muối	Dải đo	% NaCl: 0.0 tới 400.0 % Thang nước biển: 0.00 tới 80.00 (ppt) Nồng độ muối thực tế: 0.01 tới 42.00 (PSU)
	Độ phân giải	0.1 % / 0.01 ppt / 0.01 PSU
	Độ chính xác	±1% của số đọc được trên thiết bị
Nhiệt độ	Dải đo	-20.0 tới 120.0 °C (-4.0 tới 248.0 °F)
	Độ phân giải	0.1 °C (0.1 °F)
	Độ chính xác	±0.2 °C (±0.4 °F) (đã loại trừ sai số do phép đo)

\* Phạm vi 0.001  $\mu\text{S}/\text{cm}$  khi đo độ dẫn điện và 0.1  $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$  khi đo trở kháng không khả dụng khi dùng cáp 1,5 m.

### 3. Thiết bị phát hiện rò rỉ (Leak detector Testo Sensor LD basic)



**Hình B.4: Hình ảnh thực tế của Thiết bị phát hiện rò rỉ (Leak detector Testo Sensor LD basic)**

**Bảng B.3: Phạm vi đo của thiết bị phát hiện rò rỉ  
(Leak detector Testo Sensor LD basic)**

	
<p>Bộ phận ống loa tập hợp sóng siêu âm tới, từ đó mở rộng phạm vi đo đạc của thiết bị. Lắp bộ phận ống loa này thích hợp cho khoảng cách trung bình.</p> <p>Âm thanh rò rỉ có thể nghe được từ khoảng cách xa, để phát hiện chính xác, người dùng phải tiếp cận với vị trí rò rỉ và liên tục theo dõi điểm "ồn" nhất. Các thành phần khí nén riêng rẽ sau đó được kiểm tra để phát hiện chính xác.</p> <p>Khoảng cách định lượng 1 - 6 m</p> <p>Sử dụng ống loa:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Khoảng cách trung bình đến đường ống/bộ phận cần kiểm tra 0.2 - 6 m</li><li>▪ Tiếng ồn nhiều thấp</li><li>▪ Vị trí rò rỉ có thể tiếp cận dễ dàng</li></ul>	<p>Ống thẳng có đầu nhọn, chỉ cho phép rất ít sóng siêu âm đi qua theo hướng của bộ chuyển đổi siêu âm, cho phép xác định vị trí rò rỉ rất chính xác.</p> <p>Vì lý do này, việc sử dụng ống thẳng có đầu nhọn được khuyến nghị cho khoảng cách nhỏ, để phát hiện chính xác vị trí rò rỉ tương ứng.</p> <p>Khoảng cách định lượng: 0 - 0,2 m</p> <p>Sử dụng ống thẳng có đầu nhọn:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Khoảng cách đến đường ống/bộ phận cần kiểm tra 0,05 m</li><li>▪ Đường ống/bộ phận cần kiểm tra dễ dàng tiếp cận</li><li>▪ Đường ống/bộ phận cần kiểm tra nằm rất gần nhau</li></ul>

#### 4. Thiết bị máy ảnh nhiệt (testo 890 - Thermal imager)



**Hình B.5. Hình ảnh thực tế của Thiết bị máy ảnh nhiệt (testo 890 · Thermal imager)**

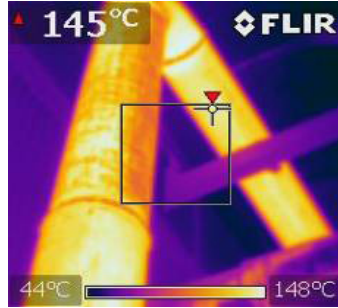
**Bảng B.4. Phạm vi đo của thiết bị máy ảnh nhiệt (testo 890)**

Thông số	Giá trị
Trường nhìn/ khoảng cách lấy nét tối thiểu	Ống kính góc rộng (tùy chọn): 42° x 32°/0,1 m (0,33 ft)
	Ống kính telephoto (tùy chọn): 15° x 11°/0,5 m (1,64 ft)
	Ống kính siêu telephoto (tùy chọn): 6,6° x 5°/2 m (6,5 ft)
	Ống kính 25° (tùy chọn): 25° x 19°/0,2 m (0,66 ft)

Thông số	Giá trị
Độ phân giải hình học (IFOV)	1,13 mrad (ống kính tiêu chuẩn) 0,42 mrad (ống kính telephoto) 0,18 mrad (ống kính siêu telephoto) 0,68 mrad (ống kính 25°)
Siêu phân giải (pixel/ IFOV)	1280 x 960 pixel / 0,71 mrad (ống kính tiêu chuẩn) 0,26 mrad (ống kính telephoto) 0,11 mrad (ống kính siêu telephoto) 0,43 mrad (ống kính 25°)
Lấy nét	Tự động/Thủ công
Độ phân giải ảnh chụp	3.1 megapixels
Khoảng cách lấy nét tối thiểu	0.5 m

Thông số	Giá trị
<p>Phạm vi nhiệt độ (có thể thay đổi)</p>	<p>Dải đo 1, các thiết bị có số hiệu từ 2862504 trở xuống: -20 đến 100 °C (-4 đến 212 °F)</p> <p>Dải đo 1, các thiết bị từ số hiệu 2862505 trở lên: -30 đến 100 °C (-22 đến 212 °F)</p> <p>Dải đo 2: 0 đến 350 °C (32 đến 662 °F)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Không có dải đo nhiệt độ cao lên đến 1200 °C (2192 °F)</li> </ul> <p>Dải đo 3: 0 đến 650 °C (32 đến 1202 °F)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Với dải đo nhiệt độ cao từ 350 đến 1200 °C (662 đến 2192 °F)</li> </ul> <p>Dải đo 3: 350 đến 1200 °C (662 đến 2192 °F)</p> <p>Dải đo 4: 0 đến 650 °C (32 đến 1202 °F)</p> <p>Dải đo FeverDetection (X7)</p> <p>Dải đo 1: -30...100°C (-22...212°F)</p> <p>Dải đo 2: 0...350°C (32...662°F)</p>

Thông số	Giá trị
Độ chính xác	<p>Dải đo 1 tại nhiệt độ -20 đến 100 °C (-4 đến 212 °F): <math>\pm 2</math> °C (<math>\pm 3.6</math> °F)</p> <p>Dải đo 1 tại nhiệt độ -30 đến -21 °C (-22 đến -5 °F), các thiết bị từ số hiệu 2862505 trở lên: <math>\pm 3</math> °C (<math>\pm 5.4</math> °F)</p> <p>Dải đo 2:</p> <p><math>\pm 2</math> °C (<math>\pm 3.6</math> °F) hoặc <math>\pm 2</math> % giá trị đo (áp dụng giá trị cao hơn)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Không có phạm vi đo nhiệt độ cao lên đến 1200 °C (2192 °F)</li> </ul> <p>Dải đo 3: <math>\pm 2</math> °C (<math>\pm 3.6</math> °F) thông thường 0 đến 100 °C (32 đến 212 °F) hoặc <math>\pm 2</math>% giá trị đo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Với phạm vi đo nhiệt độ cao từ 350 đến 1200 °C (662 đến 2192 °F)</li> </ul> <p>Dải đo 3: <math>\pm 3</math> % giá trị đo</p> <p>Dải đo 4: <math>\pm 2</math> °C (<math>\pm 3.6</math> °F) thông thường 0 đến 100 °C (32 đến 212 °F) hoặc <math>\pm 2</math>% giá trị đo</p> <p>Thông tin hợp lệ cho các giá trị trong phạm vi đo cụ thể + sai số.</p>
Đường kính điểm đo tối thiểu	<p>Ống kính tiêu chuẩn: 3.4 mm tại khoảng cách 1 m (3.24 ft.)</p> <p>Ống kính telephoto: 1.3 mm tại khoảng cách 1 m (3.24 ft.)</p> <p>Ống kính siêu telephoto: 1.1 mm tại khoảng cách 2 m (6.5 ft.)</p> <p>Ống kính 25°: 4.1 mm tại khoảng cách 1 m (3.24 ft.)</p>



**Hình B.6. Ảnh nhiệt thu được bằng máy ảnh nhiệt trong quá trình đo đạc đánh giá hệ thống hơi**

Link xem hướng dẫn sử dụng:



## 5. Nhiệt kế hồng ngoại (testo 835-T1 - Infrared thermometer)



Hình B.7. Hình ảnh thực tế của Nhiệt kế hồng ngoại (testo 835-T1 - Infrared thermometer)



Hình B.8. Sử dụng máy ảnh nhiệt để tiến hành đo đạc đánh giá hệ thống hơi

- Đo nhiệt độ hồng ngoại với độ tin cậy đến 600 °C
- Đo nhiệt độ từ khoảng cách an toàn
- Bộ nhớ lưu trữ lên đến 200 giá trị đo; phân tích dễ dàng với phần mềm miễn phí để tải về
- 4 điểm laser và quang học 50:1 để đo chính xác trên khoảng cách lớn hơn
- Dải đo -30 đến +600 °C

Độ chính xác

$\pm 2.5$  °C (-30.0 đến -20.1 °C)

$\pm 1.0$  °C (0.0 đến +99.9 °C)

$\pm 1$  % giá trị đo (Phạm vi còn lại)

$\pm 1.5$  °C (-20.0 đến -0.1 °C)

Độ phân giải hồng ngoại 0.1 °C

Link xem hướng dẫn sử dụng:



## 6. Nhiệt kế dạng que thăm (testo 905 T1)



**Hình B.9. Hình ảnh thực tế của Nhiệt kế dạng que thăm (testo 905 T1)**

Cặp nhiệt loại K

- Nhiệt độ Dải đo -50 đến +350 °C

Độ chính xác

- $\pm 1$  °C (-50 đến +99.9 °C)
- $\pm 1$  % giá trị đo (Phạm vi còn lại)
- Độ phân giải 0.1 °C
- Thời gian phản ứng  $t_{99} = 10$  s (trong nước)

Trọng lượng 80 g

Kích thước 270 x 40 x 70 mm ((DxRxC))

- Nhiệt độ hoạt động 0 đến +40 °C

Chiều dài thân cảm biến 200 mm

Chiều dài đầu cảm biến 4 mm

Đường kính thân cảm biến 3 mm

## 7. Đồng hồ bấm giờ (Stopwatch HS-45)



Hình B.10. Hình ảnh thực tế của Đồng hồ bấm giờ (Stopwatch HS-45)

## 8. Thiết bị theo dõi chu kỳ bật/tắt của động cơ (Motor On/Off Data Logger UX90-004)

Ngưỡng Trường từ xoay chiều: >40 mGauss tại 60 Hz

Bộ ghi dữ liệu

Độ phân giải Xung: 1 xung

Thời gian chạy: 1 giây

Trạng thái và Sự kiện: 1 Trạng thái hoặc Sự kiện

Chế độ Bộ nhớ: Ghi đề khi đầy hoặc dừng khi đầy

Chế độ Khởi động: Ngay lập tức, nút nhấn, ngày và giờ, hoặc khoảng thời gian tiếp theo

Chế độ Dừng: Khi bộ nhớ đầy, nút nhấn, hoặc ngày và giờ

Độ chính xác thời gian:  $\pm 1$  phút mỗi tháng ở 25°C (77°F)  
(xem Đồ thị A)

Nguồn điện: Một pin lithium CR2032 3V và cáp USB

Tuổi thọ pin: 1 năm, thông thường với các khoảng thời gian ghi lớn hơn 1 phút và liên hệ mở thông thường



**Hình B.11. Hình ảnh thực tế của Thiết bị theo dõi chu kỳ bật/tắt của động cơ (Motor On/Off Data Logger UX90-004)**

QR Code phần mềm phân tích dữ liệu và cài đặt HOBOWarePro



## PHỤ LỤC

### MỘT SỐ BẢNG BIỂU CẦN THIẾT TRONG THU THẬP VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU

**Bảng C.1. Thành phần nhiên liệu**

Thành phần và đặc tính nhiên liệu	Than (Bitum) Độ ẩm - 4%; Độ tro - 7%		Than (Bitum) Độ ẩm - 5%; Độ tro - 35%		Than (Bitum) Độ ẩm - 10%; Độ tro - 15%		Củ gỗ		Khí thiên nhiên	
	Tỷ lượng mol [lbmoli/ lbmfuel]	Tỷ lệ khối lượng [lbmi/ lbmfuel]	Tỷ lượng mol [lbmoli/ lbmfuel]	Tỷ lệ khối lượng [lbmi/ lbmfuel]	Tỷ lượng mol [lbmoli/ lbmfuel]	Tỷ lệ khối lượng [lbmi/ lbmfuel]	Tỷ lượng mol [lbmoli/ lbmfuel]	Tỷ lệ khối lượng [lbmi/ lbmfuel]	Tỷ lượng mol [lbmoli/ lbmfuel]	Tỷ lệ khối lượng [lbmi/ lbmfuel]
C	0.6709	0.7500	0.4942	0.4400	0.6539	0.6300	0.1234	0.0500	0.0000	0.0000
H <sub>2</sub>	0.2662	0.0500	0.3677	0.0550	0.2224	0.0360	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CH <sub>4</sub>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9490	0.9053
N <sub>2</sub>	0.0057	0.0150	0.0144	0.0300	0.0080	0.0180	0.0000	0.0000	0.0110	0.0183
CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Ethylene)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Ethane)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0340	0.0607
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (Propane)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0157
O <sub>2</sub>	0.0225	0.0670	0.0295	0.0700	0.0210	0.0540	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
S	0.0033	0.0100	0.0021	0.0050	0.0035	0.0090	0.0004	0.0004	0.0000	0.0000
H <sub>2</sub> O (trong)	0.0226	0.0380	0.0374	0.0500	0.0691	0.1000	0.7889	0.4800	0.0000	0.0000



**Bảng C.2. Tổn thất khói thải đối với Khí thiên nhiên**

Bảng tổn thất theo khói thải cho:		Khí thiên nhiên												
		Tổn thất theo khói thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]												
		Nhiệt độ tính của khói thải [Δ°C] {Chênh lệch giữa nhiệt độ của khói thải và nhiệt độ môi trường}												
Hàm lượng oxy trong khói ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khói khô [%]	Nồng độ chất cháy được [ppm]	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
1.0	1.2	0	13.6	14.4	15.2	15.9	16.7	17.5	18.3	19.1	19.9	20.7	21.5	22.3
2.0	2.4	0	13.8	14.6	15.4	16.2	17.1	17.9	18.7	19.6	20.4	21.3	22.1	23.0
3.0	3.6	0	14.0	14.8	15.7	16.6	17.4	18.3	19.2	20.1	21.0	21.9	22.7	23.6
4.0	4.7	0	14.2	15.1	16.0	16.9	17.9	18.8	19.7	20.6	21.6	22.5	23.5	24.4
5.0	5.8	0	14.5	15.4	16.4	17.4	18.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3
6.0	6.9	0	14.8	15.8	16.8	17.8	18.9	19.9	21.0	22.0	23.1	24.1	25.2	26.2
7.0	8.0	0	15.1	16.2	17.3	18.4	19.5	20.6	21.7	22.8	24.0	25.1	26.2	27.3
8.0	9.1	0	15.5	16.7	17.8	19.0	20.2	21.4	22.6	23.8	25.0	26.2	27.4	28.6
9.0	10.1	0	15.9	17.2	18.5	19.7	21.0	22.3	23.6	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1
10.0	11.1	0	16.5	17.9	19.2	20.6	22.0	23.4	24.8	26.2	27.6	29.0	30.5	31.9
Nhiệt độ khói thải thực [°C]			120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
Nhiệt độ môi trường [°C]			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

**Bảng C.3. Tổn thất theo khói thải đối với Dầu DO (#2 Fuel oil)**

Bảng tổn thất theo khói thải cho:		Dầu DO (#2 Fuel oil)												
Hàm lượng oxy trong khói ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khói khô [%]	Nồng độ chất cháy được [ppm]	Tổn thất theo khói thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu											
			Nhiệt độ tinh của khói thải [ $\Delta^{\circ}\text{C}$ ]											
			{Chênh lệch giữa nhiệt độ của khói thải và nhiệt độ môi trường}											
			120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
1.0	1.1	0	10.2	11.0	11.7	12.5	13.2	14.0	14.8	15.6	16.3	17.1	17.9	18.7
2.0	2.2	0	10.4	11.2	12.0	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	16.8	17.7	18.5	19.3
3.0	3.3	0	10.7	11.5	12.3	13.2	14.0	14.8	15.7	16.6	17.4	18.3	19.1	20.0
4.0	4.4	0	10.9	11.8	12.7	13.6	14.5	15.3	16.2	17.1	18.1	19.0	19.9	20.8
5.0	5.5	0	11.2	12.1	13.1	14.0	15.0	15.9	16.9	17.8	18.8	19.7	20.7	21.7
6.0	6.5	0	11.6	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.6	19.6	20.6	21.6	22.7
7.0	7.6	0	11.9	13.0	14.1	15.1	16.2	17.3	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8
8.0	8.6	0	12.4	13.5	14.7	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1
9.0	9.6	0	12.9	14.1	15.4	16.6	17.8	19.1	20.3	21.6	22.8	24.1	25.4	26.6
10.0	10.7	0	13.5	14.9	16.2	17.5	18.9	20.2	21.6	22.9	24.3	25.7	27.1	28.4
Nhiệt độ khói thải thực [ $^{\circ}\text{C}$ ]			140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
Nhiệt độ môi trường [ $^{\circ}\text{C}$ ]			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

**Bảng C.4. Tổn thất theo khối thải đối với Dầu FO (#6 Fuel oil)**

Bảng tổn thất theo khối thải cho:				Dầu FO (# 6 Fuel Oil)													
Hàm lượng oxy trong khối ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khối khô [%]	Nồng độ chất cháy được [ppm]	Tổn thất theo khối thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]	Nhiệt độ tinh của khối thải [Δ °C]													
				{Chênh lệch giữa nhiệt độ của khối thải và nhiệt độ môi trường}													
				120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	
1.0	1.1	0		9.5	10.3	11.1	11.8	12.6	13.4	14.2	14.9	15.7	16.5	17.3	18.1		
2.0	2.2	0		9.8	10.6	11.4	12.2	13.0	13.8	14.6	15.4	16.3	17.1	17.9	18.7		
3.0	3.3	0		10.0	10.8	11.7	12.5	13.4	14.2	15.1	16.0	16.8	17.7	18.6	19.4		
4.0	4.4	0		10.3	11.2	12.0	12.9	13.8	14.7	15.6	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2		
5.0	5.4	0		10.6	11.5	12.4	13.4	14.3	15.3	16.3	17.2	18.2	19.2	20.1	21.1		
6.0	6.5	0		10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	17.0	18.0	19.0	20.0	21.1	22.1		
7.0	7.5	0		11.3	12.4	13.4	14.5	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3		
8.0	8.5	0		11.8	12.9	14.0	15.2	16.4	17.5	18.7	19.9	21.0	22.2	23.4	24.6		
9.0	9.6	0		12.3	13.5	14.8	16.0	17.2	18.5	19.8	21.0	22.3	23.6	24.8	26.1		
10.0	10.6	0		12.9	14.2	15.6	16.9	18.3	19.7	21.0	22.4	23.8	25.2	26.6	28.0		
<b>Nhiệt độ khối thải thực [°C]</b>				<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>240</b>	<b>260</b>	<b>280</b>	<b>300</b>	<b>320</b>	<b>340</b>	<b>360</b>		
<b>Nhiệt độ môi trường [°C]</b>				<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	

**Bảng C.5. Tổn thất theo khói thải đối với Than Bitum (Độ ẩm – 4%; Độ tro – 7%)**

Bảng tổn thất theo khói thải cho:		Than Bitum - Độ ẩm 4% - Độ tro 7%													
Hàm lượng oxy trong khói ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khói khô [%]	Nồng độ chất cháy được [ppm]	Tổn thất theo khói thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]												
			Nhiệt độ tính của khói thải [Δ°C]												
			{Chênh lệch giữa nhiệt độ của khói thải và nhiệt độ môi trường}												
			120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
1.0	1.1	0	8.2	9.0	9.8	10.6	11.3	12.1	12.9	13.7	14.5	15.3	16.1	16.9	
2.0	2.1	0	8.4	9.3	10.1	10.9	11.7	12.5	13.4	14.2	15.0	15.9	16.7	17.6	
3.0	3.2	0	8.7	9.5	10.4	11.3	12.1	13.0	13.9	14.7	15.6	16.5	17.4	18.3	
4.0	4.3	0	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.3	17.2	18.1	19.1	
5.0	5.3	0	9.3	10.2	11.2	12.1	13.1	14.1	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
6.0	6.3	0	9.6	10.6	11.6	12.6	13.7	14.7	15.7	16.8	17.8	18.9	19.9	21.0	
7.0	7.4	0	10.0	11.1	12.2	13.2	14.3	15.4	16.5	17.6	18.8	19.9	21.0	22.1	
8.0	8.4	0	10.5	11.6	12.8	13.9	15.1	16.3	17.5	18.7	19.8	21.0	22.2	23.5	
9.0	9.4	0	11.0	12.2	13.5	14.7	16.0	17.3	18.5	19.8	21.1	22.4	23.7	25.0	
10.0	10.4	0	11.6	13.0	14.3	15.7	17.1	18.4	19.8	21.2	22.6	24.0	25.4	26.8	
Nhiệt độ khói thải thực [°C]			140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	
Nhiệt độ môi trường [°C]			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

**Bảng C.6. Tổn thất theo khói thải đối với Than Bitum (Độ ẩm – 5%; Độ tro – 35%)**

Hàm lượng oxy trong khói ướt [%]		Hàm lượng oxy trong khói khô [%]		Nồng độ chất cháy được [ppm]		Than Bitum - Độ ẩm 5% - Độ tro 35%												
						Tổn thất theo khói thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]												
						Nhiệt độ tính của khói thải [Δ °C] {Chênh lệch giữa nhiệt độ của khói thải và nhiệt độ môi trường}												
						120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
1.0	1.1	0	0	10.4	11.2	12.0	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	16.8	17.6	18.4	19.2			
2.0	2.2	0	0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.8	15.6	16.4	17.3	18.1	19.0	19.8			
3.0	3.4	0	0	10.9	11.7	12.6	13.5	14.3	15.2	16.1	17.0	17.8	18.7	19.6	20.5			
4.0	4.4	0	0	11.2	12.1	13.0	13.9	14.8	15.7	16.6	17.5	18.5	19.4	20.3	21.3			
5.0	5.5	0	0	11.5	12.4	13.4	14.3	15.3	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.1	22.1			
6.0	6.6	0	0	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.9	17.9	18.9	20.0	21.0	22.1	23.1			
7.0	7.6	0	0	12.2	13.2	14.3	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2			
8.0	8.6	0	0	12.6	13.8	14.9	16.1	17.2	18.4	19.6	20.8	22.0	23.1	24.3	25.5			
9.0	9.7	0	0	13.1	14.4	15.6	16.9	18.1	19.4	20.6	21.9	23.2	24.5	25.8	27.1			
10.0	10.7	0	0	13.7	15.1	16.4	17.8	19.1	20.5	21.9	23.3	24.7	26.0	27.4	28.8			
Nhiệt độ khói thải thực [°C]		140		160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360				
Nhiệt độ môi trường [°C]		20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	

**Bảng C.7. Tổn thất theo khói thải đối với Than Bitum (Độ ẩm – 10%; Độ tro – 15%)**

Bảng tổn thất theo khói thải cho:		Than Bitum - Độ ẩm 10% - Độ tro 15%													
		Hàm lượng oxy trong khói ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khói khô [%]	Nồng độ chất cháy được [ppm]	Tổn thất theo khói thải [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]										
					Nhiệt độ tính của khói thải [Δ°C]										
				{Chênh lệch giữa nhiệt độ của khói thải và nhiệt độ môi trường}											
				120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
1.0	1.1	0		8.6	9.4	10.2	11.0	11.8	12.6	13.4	14.3	15.1	15.9	16.7	17.6
2.0	2.2	0		8.8	9.7	10.5	11.3	12.2	13.0	13.9	14.7	15.6	16.5	17.3	18.2
3.0	3.2	0		9.1	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17.1	18.0	18.9
4.0	4.3	0		9.3	10.3	11.2	12.1	13.1	14.0	15.0	15.9	16.9	17.8	18.8	19.7
5.0	5.3	0		9.7	10.6	11.6	12.6	13.6	14.6	15.6	16.6	17.6	18.6	19.6	20.7
6.0	6.4	0		10.0	11.0	12.1	13.1	14.2	15.2	16.3	17.4	18.4	19.5	20.6	21.7
7.0	7.4	0		10.4	11.5	12.6	13.7	14.9	16.0	17.1	18.3	19.4	20.5	21.7	22.9
8.0	8.4	0		10.9	12.1	13.2	14.4	15.6	16.9	18.1	19.3	20.5	21.7	23.0	24.2
9.0	9.4	0		11.4	12.7	14.0	15.3	16.6	17.9	19.2	20.5	21.8	23.1	24.5	25.8
10.0	10.4	0		12.1	13.4	14.8	16.2	17.6	19.1	20.5	21.9	23.3	24.8	26.2	27.7
Nhiệt độ khói thải thực [°C]				140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
Nhiệt độ môi trường [°C]				20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

**Bảng C.8. Tổng thất theo khối thái đối với củi gỗ**

Bảng tổng thất theo khối thái cho:		Củ gỗ điển hình													
		Hàm lượng oxy trong khối ướt [%]	Hàm lượng oxy trong khối khô [%]	Nồng độ chất cháy được [ppm]	Tổng thất theo khối thái [%], tính theo nhiệt trị cao của nhiên liệu]										
					Nhiệt độ tính của khối thái[ $\Delta^{\circ}\text{C}$ ] {Chênh lệch giữa nhiệt độ của khối thái và nhiệt độ môi trường}										
				120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
1.0	1.4	0	24.5	25.5	26.5	27.5	28.6	29.6	30.6	31.7	32.7	33.8	34.8	35.9	
2.0	2.7	0	24.7	25.8	26.9	27.9	29.0	30.1	31.2	32.3	33.4	34.5	35.6	36.7	
3.0	4.0	0	25.1	26.2	27.3	28.4	29.5	30.7	31.8	33.0	34.1	35.3	36.4	37.6	
4.0	5.2	0	25.4	26.6	27.8	28.9	30.1	31.3	32.5	33.7	35.0	36.2	37.4	38.6	
5.0	6.4	0	25.8	27.0	28.3	29.5	30.8	32.1	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	
6.0	7.6	0	26.2	27.5	28.9	30.2	31.5	32.9	34.2	35.6	36.9	38.3	39.7	41.0	
7.0	8.7	0	26.7	28.1	29.5	31.0	32.4	33.8	35.2	36.7	38.1	39.6	41.0	42.5	
8.0	9.7	0	27.3	28.8	30.3	31.8	33.4	34.9	36.4	38.0	39.5	41.1	42.6	44.2	
9.0	10.8	0	28.0	29.6	31.2	32.9	34.5	36.2	37.8	39.5	41.1	42.8	44.5	46.2	
10.0	11.8	0	28.8	30.5	32.3	34.1	35.9	37.6	39.4	41.2	43.1	44.9	46.7	48.5	
Nhiệt độ khối thái thực [ $^{\circ}\text{C}$ ]			140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	
Nhiệt độ môi trường [ $^{\circ}\text{C}$ ]			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	

## PHỤ LỤC D

### MỘT SỐ CASE STUDY THÀNH CÔNG

#### 1. Doanh nghiệp sản xuất giấy

Với kinh nghiệm 25 năm trong ngành sản xuất giấy, Công ty ABC cung cấp cho thị trường những sản phẩm giấy chất lượng cao như giấy bì màu, giấy tissue, giấy Duplex, giấy Kraft. Các sản phẩm của công ty đã và đang chiếm lĩnh thị trường Việt Nam, đặc biệt là thị trường miền Bắc. Các sản phẩm của công ty đã được các doanh nghiệp Nhật Bản, Thái Lan, Nga, ... tin dùng nhờ có chất lượng vượt trội và giá thành hợp lý. Với vốn điều lệ là 30 tỷ VNĐ, công ty hiện đang vận hành 1 nhà máy sản xuất và 02 kho sản phẩm.

Nhà máy sản xuất của công ty hiện đang vận hành với công suất khoảng 5 tấn sản phẩm/ngày. Nhà máy sử dụng 01 lò hơi dạng ghi xích đốt than cám nội địa.

Để thực hiện việc đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của lò hơi, nhóm chuyên gia đã thực hiện quá trình khảo sát với những hoạt động sau:

- Thu thập thông tin chung về lò hơi và hệ thống hơi thông qua câu hỏi khảo sát cơ bản và Bộ câu hỏi đánh giá hoạt động của hệ thống hơi SSST.
- Khảo sát trực tiếp đo đạc đánh giá với sự hỗ trợ của các thiết bị đo bao gồm thiết bị tự ghi nồng độ oxy khói

thải ra khỏi lò; 03 thiết bị đo nhiệt độ; 01 thiết bị tự ghi quá trình hoạt động của động cơ bơm hoặc quạt.

- Phân tích số liệu và phân tích hiện trạng lò hơi và hệ thống hơi để có được các kết luận báo cáo đánh giá.

Một số nhận xét đối với lò hơi và hệ thống hơi của nhà máy bao gồm:

- Tuy công nhân vận hành đã cố gắng tuân thủ các quy định về vận hành, lò hơi hiện tại hoạt động với hiệu suất tương đối thấp.
- Chất lượng nước cấp cho lò hơi chưa được quan tâm đúng mức. Các hệ thống đo lường năng suất hơi chưa được lắp đặt, nhà máy chưa chú trọng đến việc quản lý nhiên liệu.
- Nồng độ oxy thừa trong khói cao, việc tận dụng nhiệt thừa chưa hiệu quả dẫn đến hiệu suất vận hành lò thấp.
- Việc duy tu, bảo dưỡng lò hơi hàng năm chưa được chú trọng đúng mức.

Hệ thống lò hơi hiện nay sử dụng than cám, lượng tiêu thụ than chưa được thống kê hàng ngày. Các số liệu về tiêu thụ điện và nước được giữ bí mật theo yêu cầu của công ty.

Qua quan sát thực tế, lò hơi được thiết kế và lắp đặt khá tốt. Bộ hâm nước hoạt động tương đối hiệu quả. Công nhân vận hành đã tuân thủ tối đa các quy trình vận hành lò theo

như hướng dẫn của nhà sản xuất, như xả lò định kỳ, vận hành quạt cấp gió và thải khói.

**Bảng 1. Dữ liệu lò hơi**

TT	Mô tả loại lò hơi	Công suất thiết kế (tấn hơi/giờ)	Áp suất (bars)	Nhiên liệu sử dụng
1	Lò hơi ghi xích	6	12	than cám



**Hình 1. Lò hơi 6 tấn/h đốt than cám**

Khu vực sản xuất hơi bao gồm khu vực bãi nhiên liệu, lò hơi, hệ thống nước cấp và nước ngưng, hệ thống thu hồi nhiệt, hệ thống lọc bụi và ống khói. Than cám sử dụng để đốt lò được tưới nước làm ướt trước khi đưa vào lò. Than được cấp vào theo phương thức thủ công, người công nhân sử dụng gầu xúc bằng động cơ điện để đưa than vào lò. Khói nóng được đưa

qua bộ hâm nước, sau đó đi qua đập bụi ướt trước khi xả ra môi trường qua ống khói.

Các thông tin thu thập được bằng công cụ xây dựng hệ thống hơi SSST

TÓM TẮT KẾT QUẢ CỦA SSST		
	ĐIỂM CÓ THỂ	ĐIỂM CỦA BẠN
LẬP HỒ SƠ HỆ THỐNG HƠI	90	24
CÁCH THỨC VẬN HÀNH HỆ THỐNG HƠI	140	61
CÁCH THỨC VẬN HÀNH NỒI HƠI	80	31
CÁCH THỨC THỰC HÀNH PHÂN PHỐI, SỬ DỤNG CUỐI CÙNG, THU HỒI	30	20
<b>TỔNG ĐIỂM CÁC CÂU HỎI SSST</b>	<b>340</b>	<b>136</b>
<b>TỔNG ĐIỂM CÁC CÂU HỎI SSST (%)</b>		<b>40.0%</b>
Ngày tháng hoàn thành SSST		

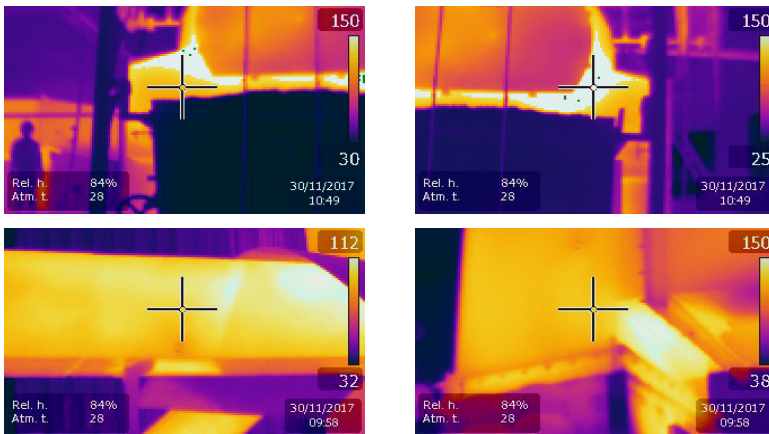
**Kết luận:** Nhìn chung, phương thức quản lý hệ thống hơi của công ty là chưa tốt. Việc nâng cao hiệu quả sản xuất hơi có thể được thực hiện thông qua việc:

- Thay thế hoặc tăng cường lớp cách nhiệt cho lò hơi.
- Lắp đặt hệ thống đo và giám sát nồng độ oxy trong khói thải
- Lắp đặt thêm bộ sấy không khí

## Phân tích đánh giá và đưa ra giải pháp

Lò hơi hiện đang sử dụng tại doanh nghiệp là lò hơi ghi xích đốt than cám được thiết kế với năng suất sinh hơi là 6 tấn/h ở áp suất là 12 bar. Để tận dụng nhiệt của khói thải, nước cấp được đưa qua bộ hâm nước trước khi cấp vào lò hơi. Hệ thống nước gia nhiệt nước cấp này góp phần nâng cao hiệu suất hệ thống hơi. Công nhân vận hành chấp hành tốt các quy định trong vận hành lò hơi.

Tuy nhiên, do lò hơi chỉ vận hành với công suất khoảng 2 tấn/h (bằng 1/3 công suất định mức của lò) nên quy trình vận hành không thực sự phù hợp ở chế độ non tải. Hệ thống xử lý nước cấp vận hành chưa hiệu quả dẫn đến nhu cầu xả lò cao, tổn thất xả lò lớn. Ngoài ra, hệ số không khí thừa của lò quá lớn dẫn đến tổn thất nhiệt do khói thải lớn, hiệu suất lò hơi chưa đạt như mong muốn.



Hình 2. Một số ảnh camera nhiệt

Do lò hơi đã được vận hành trong thời gian dài, nhà máy chưa chú trọng đến việc bảo dưỡng nên lò hiện nay không được cách nhiệt tốt. Nhiệt độ vỏ lò có những điểm lớn hơn 150 °C, nhiệt độ đường ống khói có những vị trí cao hơn 130 °C (xem hình 2). Điều này cho thấy tổn thất nhiệt qua vỏ lò và khói thải lớn.

Việc xử lý nước và xả lò của công ty hiện nay chưa hợp lý. Kết quả đo độ dẫn điện trong nước của công ty được trình bày trong bảng 2. Căn cứ theo kết quả đo độ dẫn điện, việc thực hiện xả lò của công ty hiện nay quá muộn so với yêu cầu. Độ dẫn điện của nước lò (10870  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) cao hơn rất nhiều so với các quy tắc vận hành lò hơi thông thường (5000 – 7000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Điều này rất dễ dẫn đến đóng cặn bên trong ống lò, làm giảm hiệu suất lò và có thể gây ra nổ ống lò nếu cặn quá dày. Ngoài ra, chất lượng nước sau xử lý làm mềm chưa tốt, quan sát trực quan cho thấy nước có nhiều bụi giấy. Độ dẫn điện của nước cấp mới là 351  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nhà máy nên đầu tư hệ thống xử lý nước để đảm bảo an toàn vận hành lò.

Từ kết quả đo độ dẫn điện của các mẫu nước, ta có thể thấy hệ số xả lò được tính như sau:

$$\beta = \text{độ dẫn điện nước cấp} / \text{độ dẫn điện nước lò} = 351 / 10870 = 3,23\%$$

**Bảng 2. Độ dẫn điện của nước lò**

Vị trí đo	Nhiệt độ nước	Độ dẫn điện
Nước sau xử lý làm mềm	20 °C	351 $\mu\text{S/cm}$
Nước cấp vào lò	20 °C	242 $\mu\text{S/cm}$
Nước xả lò	20 °C	10870 $\mu\text{S/cm}$

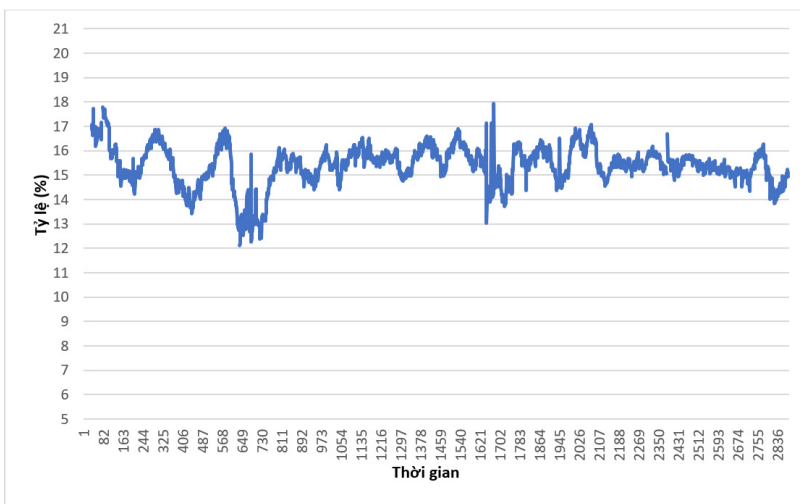
Một số thông số đo đặc về nồng độ oxy và nhiệt độ khói thải được thể hiện trong bảng 3. Việc đánh giá hiệu suất lò hơi theo cân bằng nghịch cho kết quả là hiệu suất lò trung bình là 66,83%. Đây là kết quả của việc vận hành lò ở chế độ non tải.

**Bảng 3. Nhiệt độ khói thải, nồng độ oxy và hiệu suất lò hơi**

Thông số	Nhiệt độ khói cuối cùng	Oxy trong khói thải	Tổn thất khói lò	Hiệu suất lò hơi
Đơn vị	°C	%	%	%
Giá trị trung bình (Mean)	207,30	15,39	24,50	66,83
Điểm trung bình (Median)	189,68	15,04	24,77	70,48
Nhỏ nhất	150,93	17,05	24,77	70,21
Lớn nhất	228,42	13,00	23,50	71,47

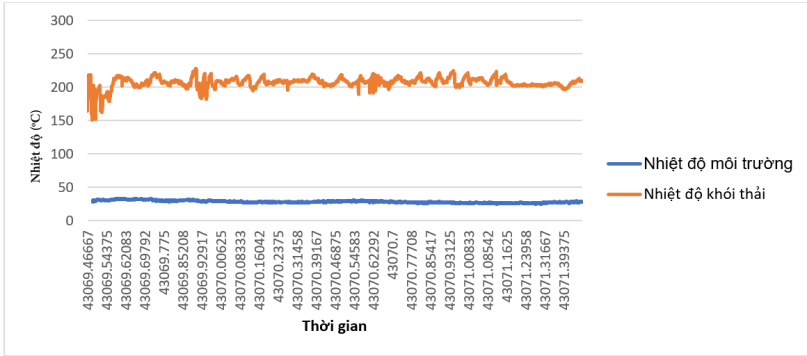
Qua quá trình khảo sát, nhóm chuyên gia nhận thấy nồng độ oxy trong khói thải của lò hơi thay đổi trong một dải quá rộng (từ 12,3% đến 17,9%). Điều này cho thấy chế độ cháy và

vận hành của lò hơi chưa thực sự hiệu quả. Nồng độ oxy quá cao cho thấy hệ số không khí thừa của lò quá lớn dẫn đến tổn thất nhiệt quá khói thải lớn. Trong khi đó, nồng độ oxy quá thấp cho thấy không khí cấp không đủ để đốt cháy nhiên liệu, tổn thất cháy không hết theo xỉ thải ra ngoài là rất lớn.



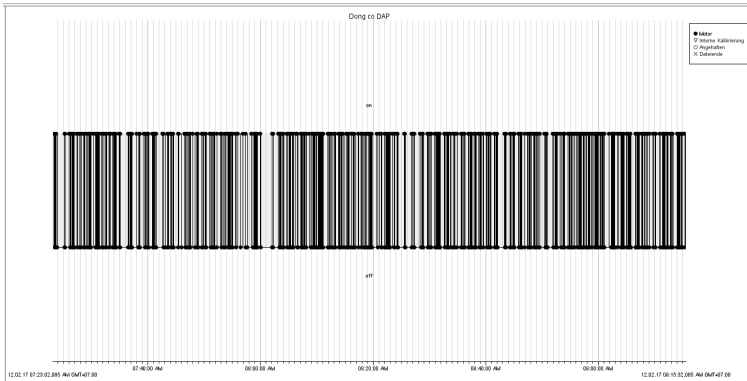
**Hình 3. Nồng độ oxy trong khói thải**

Hình 4 là kết quả đo nhiệt độ khói thải và nhiệt độ môi trường. Nhiệt độ khói thải của lò dao động từ 150,9°C – 228°C. Tuy nhiên, phần lớn nhiệt độ của lò lại rơi vào khoảng 200°C. Điều này cho thấy việc tận dụng khói thải chưa tối ưu. Bởi nhiệt độ duy trì ở mức an toàn tránh hiện tượng đóng sương là 160°C.



**Hình 4. Nhiệt độ khí thải và nhiệt độ không khí cấp**

Tổng thời gian vận hành của bơm là 1,2 ngày tương đương với tỷ lệ thời gian vận hành của bơm quạt khoảng 64% công suất định mức. Tỷ lệ này cho thấy, tải hoạt động ở chế độ vừa tải.



**Hình 5. Chế độ làm việc của bơm nước cấp**

## **Giải pháp 1**

Căn cứ trên kết quả đo thu được, nhóm chuyên gia nhận thấy nhiệt độ khói thải của nhà máy hiện khá cao, điều này làm giảm đáng kể hiệu suất của lò hơi. Nhóm chuyên gia khuyến cáo nhà máy nên lắp đặt thêm 01 bộ sấy không khí. Sau khi nhà máy tiến hành lắp đặt, các kết quả cho thấy:

Chi phí đầu tư: 287.000.000 VNĐ

Nhiệt độ khói trung bình sau khi lắp đặt: 182 °C

Lượng than tiết kiệm được trong 1 ca sản xuất so với trước khi lắp: 152kg

Giá than năm 2023: 5.080.000 VNĐ/tấn

Thời gian hoàn vốn: 1,23 năm

## **Giải pháp 2:**

Qua quá trình khảo sát, nhóm chuyên gia nhận thấy nồng độ oxy trong khói thải của lò hơi thay đổi trong một dải quá rộng. Điều này cho thấy chế độ cháy và vận hành của lò hơi chưa thực sự hiệu quả. Nồng độ oxy quá cao cho thấy hệ số không khí thừa của lò quá lớn dẫn đến tổn thất nhiệt quá khói thải lớn. Trong khi đó, nồng độ oxy quá thấp cho thấy không khí cấp không đủ để đốt cháy nhiên liệu, tổn thất cháy không hết theo xỉ thải ra ngoài là rất lớn. Do đó, nhóm chuyên gia đề xuất Hiệu chỉnh nồng độ oxy trong khí thải, thử nghiệm điều

chỉnh độ mở của các van gió để tìm chế độ vận hành tối ưu bằng việc đầu tư một bộ đo nồng độ oxy khói thải cầm tay có thể đo được nồng độ CO. Thiết bị này được sử dụng để công nhân vận hành có thể điều chỉnh quạt gió và quạt khói luôn giữ nồng độ oxy ở mức tối ưu nhất.

Sau khi nhà máy lắp đặt thêm 01 sensor oxy và 01 biến tần cho quạt, các kết quả cho thấy:

Chi phí đầu tư: 185.000.000 VNĐ

Lượng than tiết kiệm được trong 1 ca: 615 kg/ca

Giá than năm 2023: 5.080.000 VNĐ/tấn

Thời gian hoàn vốn: 0,2 năm

## 2. Doanh nghiệp sản xuất đất hiếm

Công ty DEF được thành lập năm 2013. Sản phẩm chủ lực mà công ty cung cấp ra thị trường là các loại oxit kim loại đất hiếm. Đây là nhiên liệu quan trọng cho quá trình sản xuất các sản phẩm quang học chất lượng cao, sản xuất pin, sản xuất chất xúc tác catalyst,... Với dải sản phẩm từ oxit đất hiếm nhẹ, oxit đất hiếm nặng, oxit đất hiếm thu hồi từ nam châm, kim loại đất hiếm, bột đánh bóng, các sản phẩm của công ty chủ yếu được xuất khẩu và phục vụ các doanh nghiệp nước ngoài đóng trên địa bàn Việt Nam.

Nhà máy sản xuất chính của công ty được thiết kế với công suất 4 tấn/ngày, sử dụng khoảng 100 lao động với diện

tích 20 000m<sup>2</sup>. Hiện nay nhà máy đang vận hành với năng suất 2 tấn/ngày. Nhà máy hiện sử dụng 01 lò hơi đốt than dạng ghi xích, công suất thiết kế của lò hơi là 4 tấn/h, áp suất vận hành là 16 bar. Nhiên liệu đốt lò là than cám 4B. Lò hơi được vận hành 09 giờ/ngày, 300 ngày/năm tương ứng với 2700 giờ/năm. Do vận hành không liên tục, vận hành ở chế độ non tải, sau ca sản xuất, lò hơi được vận hành ở chế độ ủ lò để chờ ca làm việc tiếp theo. Tuy công nhân vận hành đã cố gắng tuân thủ các quy định về vận hành, lò hơi hiện tại hoạt động với hiệu suất tương đối thấp. Các hệ thống đo lường năng suất hơi chưa được lắp đặt, nhà máy chưa chú trọng đến việc quản lý nhiên liệu. Nồng độ oxy thừa trong khói cao.

Qua quan sát thực tế, lò hơi được thiết kế và lắp đặt khá tốt. Công nhân vận hành đã tuân thủ tối đa các quy trình vận hành lò theo như hướng dẫn của nhà sản xuất, như xả lò định kỳ, vận hành quạt cấp gió và thải khói. Tuy nhiên, việc vận hành chủ yếu dựa theo kinh nghiệm, chưa có chiến lược tối ưu hóa vận hành lò hơi.

**Bảng 1. Dữ liệu lò hơi**

TT	Mô tả loại lò hơi	Công suất thiết kế (tấn hơi/giờ)	Áp suất (bars)	Nhiên liệu sử dụng
1	Lò hơi ghi xích	4 tấn hơi/giờ	16 bar	than cám 4B

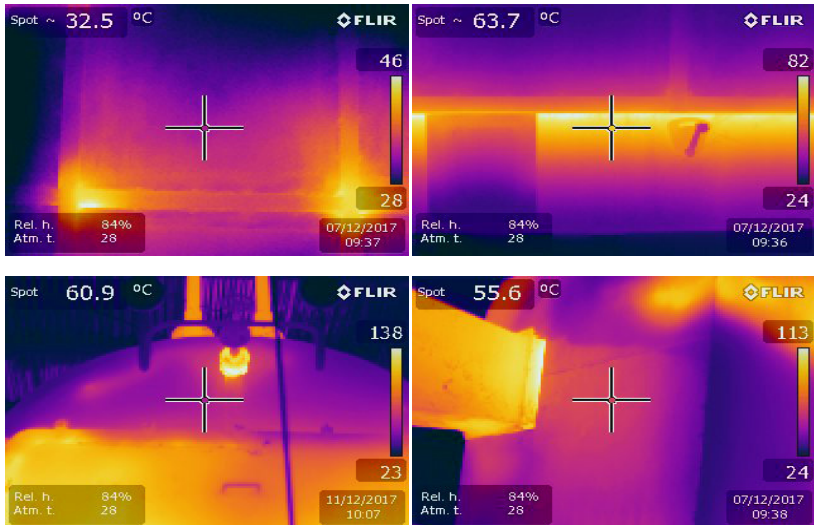


**Hình 1. Lò hơi 4 tấn/h đốt than cám**

Khu vực sản xuất hơi bao gồm khu vực bãi nhiên liệu, lò hơi, hệ thống nước cấp và nước ngưng, hệ thống thu hồi nhiệt, hệ thống lọc bụi và ống khói. Than cám sử dụng để đốt lò được tưới nước làm ướt trước khi đưa vào lò. Than được cấp vào theo phương thức thủ công, người công nhân sử dụng gầu xúc bằng động cơ điện để đưa than vào lò. Khói nóng được đưa qua bộ hâm nước, sau đó đi qua đập bụi trước khi xả ra môi trường qua ống khói.

TÓM TẮT KẾT QUẢ CỦA SSST		
	Điểm có thể	Điểm đạt được
Lập hồ sơ hệ thống hơi	90	22
Cách thức vận hành hệ thống hơi	140	79
Cách thức vận hành nổi hơi	80	36
Cách thức thực hành phân phối, sử dụng cuối cùng, thu hồi	30	20
Tổng điểm các câu hỏi SSST	340	157
Tổng điểm các câu hỏi SSST (%)		46.2%
Ngày tháng hoàn thành SSST		

## Hiện trạng vận hành



Hình 2. Một số ảnh camera nhiệt

Lò hơi hiện đang sử dụng tại Công ty là lò hơi ghi xích đốt than cám được thiết kế với năng suất sinh hơi là 4 tấn/h ở áp suất là 16 bar. Để tận dụng nhiệt của khói thải, nước cấp được đưa qua bộ hâm nước trước khi cấp vào lò hơi. Hệ thống gia nhiệt nước cấp này góp phần nâng cao hiệu suất hệ thống hơi. Công nhân vận hành chấp hành tốt các quy định trong vận hành lò hơi. Tuy nhiên, lò hơi hiện đang vận hành non tải, nên quy trình vận hành ở chế độ đầy tải không thực sự phù hợp. Ngoài ra, lò hơi chỉ hoạt động khoảng 7-9 tiếng/ngày, thời gian còn lại ở chế độ ủ lò do vậy hiệu suất lò hơi thấp. Ngoài ra, hệ số không khí thừa của lò quá lớn dẫn đến tổn thất nhiệt do khói thải lớn, hiệu suất lò hơi chưa đạt như mong muốn. Vỏ lò hơi hiện nay được bọc cách nhiệt tương đối tốt nhưng hệ thống ống khói chưa được bọc cách nhiệt. Nhiệt độ đường ống khói có những vị trí cao hơn 130 °C (xem hình 2). Hệ thống ống khói nên được bọc cách nhiệt để có thể tận dụng nhiệt thừa tốt hơn.

Một số thông số đo đạc được thể hiện trong bảng 1.

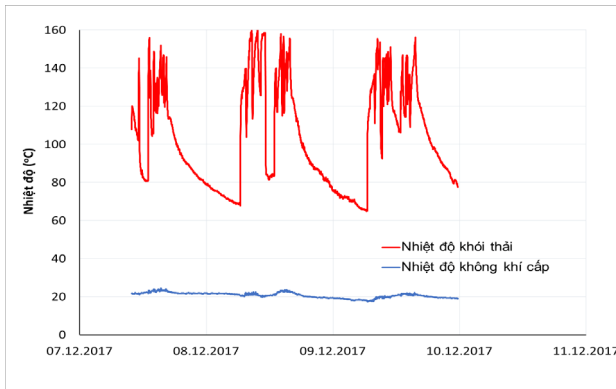
**Bảng 1. Nhiệt độ khói thải, nồng độ oxy và hiệu suất lò hơi**

Thông số	Nhiệt độ khói cuối cùng	Ô-xy trong khói thải	Hiệu suất lò hơi
Đơn vị	°C	%	%
Giá trị trung bình (Mean)	206,2	15,4%	75,12%
Điểm trung bình (Median)	176,4	14,3%	79,19%
Nhỏ nhất	124,3	10,7%	87,02%
Lớn nhất	228,4	17,8%	69,04%

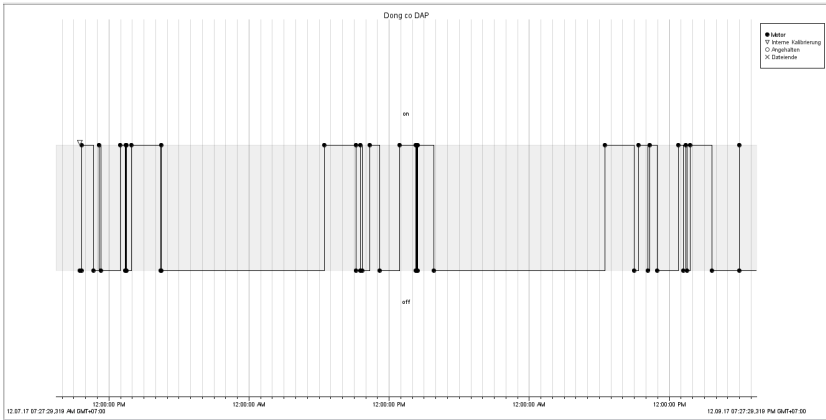
Ghi chú: Số liệu trong bảng 2 được lấy trong thời gian lò vận hành, không bao gồm thời gian ủ lò.



**Hình 3. Nồng độ oxy trong khí thải trong 01 ngày điển hình**



**Hình 4. Nhiệt độ khí thải và nhiệt độ không khí cấp trong 03 ngày điển hình**



**Hình 5. Chế độ làm việc của quạt cấp gió**

## Cơ hội tiết kiệm năng lượng

### Giải pháp 1

Qua quá trình khảo sát, nhóm chuyên gia nhận thấy nồng độ oxy trong khói thải của lò hơi thay đổi trong một dải quá rộng (từ 15,23% đến 20,21%, giá trị trung bình là 15,8%). Điều này cho thấy chế độ cháy và vận hành của lò hơi chưa thực sự hiệu quả. Nồng độ oxy quá cao cho thấy hệ số không khí thừa của lò quá lớn dẫn đến tổn thất nhiệt quá khói thải lớn. Trong khi đó, nồng độ oxy quá thấp cho thấy không khí cấp không đủ để đốt cháy nhiên liệu, tổn thất cháy không hết theo xỉ thải ra ngoài là rất lớn. Do đó, nhóm chuyên gia đề xuất lắp đặt hệ thống giám sát nồng độ oxy, thử nghiệm điều chỉnh độ mở của các van gió để tìm chế độ vận hành tối ưu.

Giả thiết nồng độ oxy sau khi lắp đặt và điều chỉnh là 8%, nhiệt độ khói là 137,2 °C, hiệu suất của lò hơi sẽ là 88,12%. So với chế độ vận hành hiện nay, hiệu suất lò hơi sẽ tăng thêm 7,68%. Thời gian hoàn vốn tính toán với lượng than tiết kiệm được là 62,73 tấn là 1,8 năm.

Sau khi nhà máy lắp đặt, các số liệu đo được cho thấy

Chi phí lắp đặt: 212.000.000 VNĐ

Lượng than tiết kiệm được: 209 kg than/h

Giá than năm 2017: 2.760.000 VNĐ/kg

Thời gian hoàn vốn: 1,22 năm

*Cẩm nang*  
**HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT**

**VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP  
NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG  
TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP**

**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG**

**Trụ sở:** Số 655 Phạm Văn Đồng, phường Nghĩa Đô, Hà Nội

**Điện thoại:** 024 3 934 1562 \* **Fax:** 024 3 938 7163

**Website:** <http://nxbconghuong.vn>

**Email:** [nxbct@moit.gov.vn](mailto:nxbct@moit.gov.vn)

**Chịu trách nhiệm xuất bản**

**Giám đốc - Tổng Biên tập**

Trương Thu Hiền

**Biên tập:**

Chu Thùy Dương

**Thiết kế bìa:**

Vương Nguyễn

**Chế bản:**

Nguyễn Văn Thắng

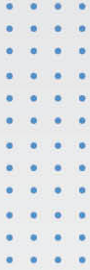
---

Số xác nhận đăng ký xuất bản phẩm điện tử: 3760-2025/CXBIPH/2-265/CT  
Số quyết định xuất bản phẩm điện tử: 638-1/QĐ - NXBCT cấp ngày 15 tháng 10 năm 2025

Mã ISBN: 978-632-612-617-4

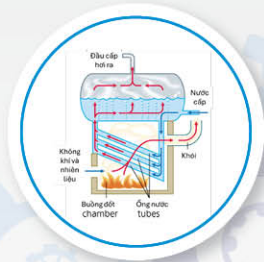
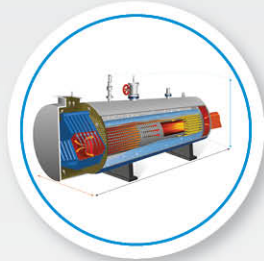
Đăng tải tại website: [ebook365.vn](http://ebook365.vn); [nxbconghuong.vn](http://nxbconghuong.vn)

Nộp lưu chiếu quý IV năm 2025



# *Cẩm nang* **HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT**

**VỀ HỆ THỐNG HƠI CÔNG NGHIỆP  
NHẪM TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG  
TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP**



**CHƯƠNG TRÌNH QUỐC GIA VỀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG TIẾT KIỆM VÀ HIỆU QUẢ GIAI ĐOẠN 2019-2030**

**Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công - Bộ Công Thương**

54 Hai Bà Trưng, Phường Cửa Nam, TP. Hà Nội

024.2220.2358

tietkiemnangluong.com.vn

ISBN: 978-632-612-617-4



SÁCH KHÔNG BÁN