

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 8630:2019

Xuất bản lần 2

**NỒI HƠI – HIỆU SUẤT NĂNG LƯỢNG VÀ
PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH**

Boilers - Energy efficiency and method for determination

HÀ NỘI - 2019

Mục lục

1	Phạm vi áp dụng	5
2	Thuật ngữ và định nghĩa	5
3	Mức hiệu suất năng lượng tối thiểu của nồi hơi	7
4	Phương pháp thử khi xác định hiệu suất theo cân bằng thuận.....	8
4.2	Đưa nồi hơi vào thử nghiệm.....	9
4.3	Tiến hành thử nghiệm	10
4.4	Kết thúc thử nghiệm.....	10
4.5	Xử lý các kết quả đo kiểm và phân tích mẫu	11
5	Phương pháp thử để xác định hiệu suất theo cân bằng nghịch	12
5.1	Công thức tính	12
5.2	Tính các đại lượng chuẩn bị.....	12
5.3	Tính các tổn thất nhiệt.....	16
Phụ lục A (Tham khảo) Đặc tính của nước và hơi nước		20
Phụ lục B (Tham khảo) Xác định các tổn thất bằng phương pháp tính gần đúng.....		26

Lời nói đầu

TCVN 8630:2019 thay thế TCVN 8630:2010.

TCVN 8630:2019 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 11 *Nồi hơi và Bình chịu áp lực* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ khoa học và Công nghệ công bố.

Nồi hơi -

Hiệu suất năng lượng và phương pháp thử

Boilers -

Energy efficiency and method for determination

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về hiệu suất năng lượng và phương pháp xác định hiệu suất năng lượng đối với các loại nồi hơi đốt bằng nhiên liệu khi đưa vào sử dụng.

Phương pháp xác định hiệu suất nồi hơi quy định trong tiêu chuẩn này là phương pháp cân bằng thuận và phương pháp cân bằng nghịch.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho nồi hơi dùng để sản xuất điện.

2 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

2.1

Nồi hơi (Boiler)

Thiết bị trọn bộ để sản xuất hơi nước, ở trạng thái hơi bão hòa hoặc hơi quá nhiệt, có hoặc không có bộ phận tận dụng nhiệt lượng dư trong khói thải (bộ hâm nước, bộ sấy không khí).

2.2

Áp suất hơi của nồi hơi (Boiler steam pressure)

Áp suất hơi tại đầu ra của nồi hơi, tính bằng megapascal (MPa).

2.3

Nhiệt độ hơi của nồi hơi (Boiler steam temperature)

- a) Đối với nồi hơi sản xuất hơi bão hòa là nhiệt độ hơi bão hòa tại áp suất hơi của nồi hơi, tính bằng độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- b) Đối với nồi hơi sản xuất hơi quá nhiệt là nhiệt độ hơi quá nhiệt tại điểm lấy hơi ra khỏi bộ quá nhiệt cuối cùng theo đường hơi, tính bằng độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

2.4

Nhiệt độ hơi tái quá nhiệt (Reheat steam temperature)

Nhiệt độ hơi tại điểm lấy hơi ra khỏi bộ tái quá nhiệt, tính bằng độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

2.5

Công suất hơi của nồi hơi (Boiler steam capacity)

Lượng hơi sản xuất ra trong 1 h, tính bằng tấn trên giờ (t/h):

- a) Đối với nồi hơi sản xuất hơi bão hòa là công suất hơi bão hòa;
- b) Đối với nồi hơi sản xuất hơi quá nhiệt và tái quá nhiệt là công suất hơi quá nhiệt và công suất hơi tái quá nhiệt.

2.6

Hiệu suất năng lượng của nồi hơi (Boiler energy efficiency)

Được thể hiện bằng tỷ lệ phần trăm giữa nhiệt lượng hữu ích để sản xuất hơi so với nhiệt lượng sinh ra bởi nhiên liệu cấp vào nồi hơi trong cùng một khoảng thời gian thử nghiệm.

Hiệu suất năng lượng của nồi hơi được xác định theo phương pháp cân bằng thuận hoặc phương pháp cân bằng nghịch tại thời điểm thí nghiệm.

2.7

Phương pháp cân bằng thuận (Direct method)

Xác định hiệu suất nồi hơi bằng cách đo trực tiếp nhiệt lượng đầu vào và nhiệt lượng đầu ra.

CHÚ THÍCH: Phương pháp cân bằng thuận còn được gọi là phương pháp đo trực tiếp hoặc phương pháp đầu vào/đầu ra.

2.8

Phương pháp cân bằng nghịch (Indirect method)

Xác định hiệu suất nồi hơi bằng cách đo kiểm lượng tiêu hao nhiên liệu và tổn thất nhiệt của nồi hơi.

CHÚ THÍCH: Phương pháp cân bằng nghịch còn được gọi là phương pháp đo gián tiếp hoặc phương pháp tổn thất nhiệt. Khi không có các số liệu thành phần nguyên tố của nhiên liệu thì có thể tính sơ bộ gần đúng như đã nêu tại Phụ lục B.

2.9**Hiệu suất năng lượng tối thiểu của nồi hơi (Minimum boiler energy efficiency)**

Mức hiệu suất năng lượng thấp nhất cho phép của nồi hơi được quy định theo mức 3, mức 4, mức 5 trong Bảng 1, tùy theo loại nhiên liệu sử dụng và niên hạn sử dụng (xem Điều 3).

2.10**Tổng sản lượng hơi của nồi hơi trong thời gian thử nghiệm (Total boiler steam output during test period)**

Tổng sản lượng hơi của nồi hơi sản xuất ra trong suốt thời gian thử nghiệm.

2.11**Độ ẩm của hơi (Steam moisture)**

Lượng nước chứa trong hơi bão hòa tính bằng kilogram nước trên kilogram hơi.

3 Yêu cầu về mức hiệu suất năng lượng của nồi hơi

Mức hiệu suất năng lượng của nồi hơi gồm 5 mức được nêu trong Bảng 1 dưới đây. Trong đó:

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

Bảng 1 – Hiệu suất năng lượng của nồi hơi

Chủng loại nhiên liệu	Mức hiệu suất năng lượng	Công suất nồi hơi D , t/h		
		$D < 3$ ¹⁾	$3 \leq D \leq 15$ ²⁾	$D > 15$ ³⁾
		Hiệu suất năng lượng %		
Than	Mức 1	76	82	85
	Mức 2	73	78	82
	Mức 3	70	75	78
	Mức 4	68	72	75
	Mức 5	65	70	72
Nhiên liệu sinh khối ⁴⁾	Mức 1	75	78	82
	Mức 2	73	76	78
	Mức 3	70	73	75
	Mức 4	68	70	72
	Mức 5	65	68	70
Dầu	Mức 1	88	90	92
	Mức 2	84	88	90
	Mức 3	82	85	88
	Mức 4	80	82	85
	Mức 5	78	80	82
Khí đốt	Mức 1	88	91	94
	Mức 2	85	89	92
	Mức 3	82	87	90
	Mức 4	81	85	87
	Mức 5	80	83	85

CHÚ THÍCH:

¹⁾ Không bắt buộc trang bị bộ phận thu hồi nhiệt khói thải của chính nồi hơi.

²⁾ Khuyến khích trang bị bộ phận thu hồi nhiệt khói thải của chính nồi hơi.

³⁾ Bắt buộc trang bị bộ phận thu hồi nhiệt khói thải của chính nồi hơi.

⁴⁾ Nhiên liệu sinh khối là trấu, mùn cưa, dăm bào, bã mía, gỗ nén ... và không bao gồm rác sinh hoạt.

CHÚ THÍCH: Khí đốt trộn các loại nhiên liệu khác nhau trong cùng một nồi hơi, thì căn cứ vào tính toán tỷ lệ nhiệt lượng được giải phóng. Nếu loại nhiên liệu nào có nhiệt lượng giải phóng lớn hơn 70%, thì nhiên liệu đó có thể được sử dụng làm nhiên liệu chính để đánh giá.

4 Phương pháp xác định hiệu suất theo cân bằng thuận

4.1 Các thiết bị, dụng cụ đo kiểm và phân tích

- a) Áp kế đo áp suất hơi, đang trong thời hạn kiểm định, cấp chính xác không thấp hơn cấp chính xác 1,5.

- b) Áp kế đo áp suất nước, đang trong thời hạn kiểm định, cấp chính xác không thấp hơn cấp chính xác 2,5.
- c) Nhiệt kế đo nhiệt độ nước cấp và nhiệt độ hơi quá nhiệt, sai số $\pm 0,5$ °C.
- d) Đồng hồ đo lưu lượng nước cấp, độ chia thang đo 1 L trong suốt chu kỳ thử nghiệm.
- e) Đồng hồ đo lượng nhiên liệu lỏng hay nhiên liệu khí tiêu thụ, độ chia thang đo 0,1 L (nhiên liệu lỏng) hoặc 0,1 m³ (nhiên liệu khí) trong suốt chu kỳ thử nghiệm.
- f) Hệ thống xác định khối lượng nhiên liệu rắn, sai số $\pm 1\%$ trong suốt chu kỳ thử nghiệm.
- g) Đồng hồ đo lượng hơi mà nồi hơi sản xuất ra (nếu có), độ chia thang đo 1 kg/h trong suốt chu kỳ thử nghiệm.
- h) Nhiệt lượng kế xác định nhiệt trị của nhiên liệu. Nhiệt trị của nhiên liệu là nhiệt trị thấp trung bình trong suốt cả chu kỳ thử nghiệm nồi hơi để xác định hiệu suất. Nếu đơn vị không có nhiệt lượng kế thì có thể lấy mẫu nhiên liệu và chuyển đến phòng thí nghiệm có khả năng xác định nhiệt trị.

CHÚ THÍCH 1: Với các nồi hơi sản xuất hơi bão hòa không trang bị đồng hồ đo lượng hơi sản xuất ra thì xác định tổng lượng hơi sản xuất ra trong thời gian thử nghiệm qua đồng hồ đo lượng nước cấp. Khi đó, trong suốt chu kỳ thử nghiệm không được xả động, xả khí, lấy mẫu, thổi bụi, hoặc lấy hơi từ nguồn khác đưa vào hệ thống. Trường hợp bắt buộc phải xả lò trong chu kỳ thử nghiệm thì phải tính toán hiệu chỉnh theo lượng nước xả.

CHÚ THÍCH 2: Cần có các biện pháp để chuẩn xác đến mức tối đa lượng nhiên liệu rắn tiêu thụ trong suốt thời gian thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 3: Cần lập quy trình lấy mẫu và xác định nhiệt trị của nhiên liệu để xác định chính xác nhiệt lượng đầu vào.

4.2 Đưa nồi hơi vào thử nghiệm

a) Xác định trạng thái vận hành nồi hơi:

- Vận hành bình thường;
- Vận hành trước khi đại tu;
- Vận hành sau đại tu.

Trong chu kỳ thử nghiệm, phụ tải vận hành trung bình của nồi hơi không được thấp hơn 75% công suất định mức.

b) Xác định khối lượng nhiên liệu sử dụng trong thời gian thử nghiệm:

- Đối với nhiên liệu rắn: Xác định lượng nhiên liệu rắn trước và sau khi tiến hành thử nghiệm, hoặc xác định lượng nhiên liệu sử dụng trong thời gian thử nghiệm.
- Đối với nhiên liệu lỏng: Theo chỉ số đồng hồ đo hoặc theo vị trí mức nhiên liệu lỏng trong bồn, khi bắt đầu và khi kết thúc thử nghiệm
- Đối với nhiên liệu khí: Theo chỉ số đồng hồ đo, khi bắt đầu và khi kết thúc thử nghiệm.

c) Ghi chỉ số đồng hồ đo lượng nước cấp.

TCVN 8630:2019

d) Ghi chỉ số đồng hồ đo lượng hơi, nếu có.

e) Đối với nồi hơi có các đồng hồ tự ghi: Cần đánh dấu thời điểm bắt đầu thử nghiệm ở đồng hồ tự ghi.

f) Ghi chỉ số đồng hồ đo nhiệt độ, áp suất nước cấp trong thời gian thử nghiệm;

g) Ghi chỉ số đồng hồ đo nhiệt độ, áp suất hơi trong thời gian thử nghiệm (hơi bão hòa đối với lò hơi bão hòa, hơi quá nhiệt và hơi tái nhiệt đối với lò hơi quá nhiệt)

4.3 Tiến hành thử nghiệm

4.3.1 Ghi chép trong nhật ký vận hành theo quy định

- Áp suất và nhiệt độ của hơi, của nước cấp;
- Số lần, thời gian và lưu lượng xả trong ca;
- Nhiệt độ hơi và nước cấp;
- Số lần và thời gian thổi bụi bằng hơi hoặc nước (nếu có);
- Các hiện tượng khác.

4.3.2 Ghi chép phục vụ thử nghiệm

Ghi chép các chỉ số đầu và cuối của đồng hồ đo các thông số áp suất, nhiệt độ, lưu lượng các đối tượng đo cho:

- Từng ca;
- Từng ngày;
- Từng chu kỳ đo.

4.4 Kết thúc thử nghiệm

4.4.1 Xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ

- Đối với nhiên liệu rắn: Theo khối lượng liệu tồn trước khi thử nghiệm, nhiên liệu nhập trong quá trình thử nghiệm và nhiên liệu dư sau khi kết thúc thử nghiệm, hoặc khối lượng nhiên liệu sử dụng trong quá trình thử nghiệm.
- Đối với nhiên liệu lỏng và nhiên liệu khí: Theo chỉ số đồng hồ đo.

4.4.2 Xác định lượng hơi đã sản xuất

- Nồi hơi không có thiết bị đo lưu lượng hơi: Lưu lượng hơi được xác định theo lưu lượng nước cấp có hiệu chỉnh theo lượng xả trong chu kỳ thử nghiệm.
- Nồi hơi có thiết bị đo lưu lượng hơi: Lưu lượng hơi được xác định theo thiết bị đo lưu lượng hơi có đối chiếu với lưu lượng nước cấp. Nếu có sai lệch giữa hai chỉ số thì lưu lượng hơi được lựa chọn là chỉ số thiết bị đo lưu lượng nước.

4.5 Xử lý các kết quả đo kiểm và phân tích mẫu

4.5.1 Xác định trị số trung bình của các lần đo và phân tích mẫu

- Áp suất hơi bão hòa;
- Áp suất và nhiệt độ hơi quá nhiệt;
- Nhiệt độ nước cấp;
- Nhiệt trị thấp của nhiên liệu rắn hoặc nhiên liệu lỏng hoặc nhiên liệu khí.

Các trị số áp suất và nhiệt độ: Tính trung bình theo trọng số của các khoảng thời gian đo.

Các trị số nhiệt trị của nhiên liệu: Theo trung bình cộng của các kết quả phân tích mẫu.

4.5.2 Tính hiệu suất năng lượng của nồi hơi theo phương pháp cân bằng thuận, η_t

- Khi nồi hơi sản xuất hơi bão hòa:

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

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

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

Trong đó:

Q_t^{lv} là nhiệt trị thấp trung bình của nhiên liệu, tính bằng kilojun trên kilogam (kJ/kg) đối với nhiên liệu rắn hoặc lỏng, tính bằng kilojun trên mét khối ở điều kiện tiêu chuẩn (kJ/Nm³);

D_{Σ} , D_{Σ}^{iqn} là tổng lượng hơi và tổng lượng hơi tái quá nhiệt mà nồi hơi sản xuất ra trong thời gian thử nghiệm, tính bằng kilogam;

B_{Σ} là tổng lượng nhiên liệu tiêu thụ trong thời gian thử nghiệm, tính bằng kilogam (kg) đối với nhiên liệu rắn hoặc lỏng, tính bằng mét khối ở điều kiện tiêu chuẩn (Nm³) đối với nhiên liệu khí;

h_{nc} là entanpi nước cấp, theo nhiệt độ nước cấp trung bình, tính bằng kilojun trên kilogam (kJ/kg);

$h_{iqn}^{'}$, h_{iqn}^* là entanpi của hơi tái quá nhiệt vào và ra khỏi nồi hơi, tính bằng kilojun trên kilogam (kJ/kg);

h_h là entanpi của hơi bão hòa hay hơi quá nhiệt ra khỏi nồi hơi (hơi chính), tính bằng kilojun trên kilogam (kJ/kg),

CHÚ THÍCH:

1. Đối với hơi bão hòa của các nồi hơi sản xuất hơi bão hòa: Cần xác định độ ẩm của hơi ra khỏi nồi hơi. Nếu không xác định được độ ẩm của hơi sản xuất thì căn cứ theo ý kiến chuyên gia ứng với từng loại cấu tạo nồi hơi để xác định độ ẩm của hơi, khi ấy:

$$h_k = h' + r(l - y) \quad \dots (3)$$

Trong đó:

h' là entanpi của nước sôi tại áp suất hơi bão hòa, kJ/kg;

r là nhiệt hóa hơi tại áp suất hơi bão hòa, kJ/kg;

y là độ ẩm của hơi.

Tra các đại lượng h' và r theo bảng đặc tính của nước và hơi nước ở trạng thái bão hòa (Bảng A.1 - Phụ lục A).

2. Đối với hơi quá nhiệt: Tra bảng hơi nước theo áp suất và nhiệt độ hơi quá nhiệt trung bình đã xác định được (từ Bảng A.2 đến Bảng A.10, Phụ lục A).

5 Phương pháp xác định hiệu suất theo cân bằng nghịch

5.1 Công thức tính

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

$$\eta_n = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6), \% \quad \dots (4)$$

Trong đó:

q_2 là tổn thất nhiệt theo khói thải ra khỏi nôi hơi, %;

q_3 là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về hóa học, %;

q_4 là tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về cơ học, %;

q_5 là tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, %;

q_6 là tổn thất nhiệt do nhiệt của xỉ, %.

5.2 Tính các đại lượng chuẩn bị

5.2.1 Tính toán các đại lượng theo thành phần hóa học của nhiên liệu

5.2.1.1 Tính các đại lượng thể tích

Trong các công thức tính toán trong tiêu chuẩn này, sử dụng các ký hiệu sau :

$C^v, H^v, S_c^v, N^v, O^v, A^v, W^v$ là các thành phần cacbon, hydro, lưu huỳnh, nitơ, ôxy, tro và độ ẩm (tương ứng) theo mẫu làm việc của nhiên liệu rắn hoặc lỏng, tính bằng phần trăm theo khối lượng;

$CO, H_2, H_2S, N_2, C_mH_n$ là thành phần các chất khí trong nhiên liệu khí, tính bằng phần trăm theo thể tích;

d_k là độ ẩm của nhiên liệu khí, tính bằng g/Nm³.

- Thể tích không khí lý thuyết để đốt cháy 1 kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng:

$$V_k^0 = 0,0889(C^v + 0,375S_c^v) + 0,265H^v - 0,0333O^v, \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (5a)$$

- Thể tích không khí lý thuyết để đốt cháy 1 Nm³ nhiên liệu khí:

$$V_{kk}^0 = 0,0476 \left[0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right], \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad \dots (5b)$$

- Thể tích hơi nước lý thuyết trong khối khí đốt cháy 1 kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng:

$$V_{H_2O}^0 = 0,111H^{lv} + 0,0124W^{lv} + 0,0322V_{kk}^0, \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (6a)$$

- Thể tích hơi nước lý thuyết trong khối khí đốt cháy 1 Nm³ nhiên liệu khí:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \left(H_2 + H_2S + \sum \frac{n}{2} C_m H_n \right) + 0,0124d_k + 0,0322V_{kk}^0, \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad \dots (6b)$$

- Thể tích khí nitơ lý thuyết trong khối khí đốt cháy 1 kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng:

$$V_{N_2}^0 = 0,008N^{lv} + 0,79V_{kk}^0 \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (7a)$$

- Thể tích khí nitơ lý thuyết trong khối khí đốt cháy 1 Nm³ nhiên liệu khí:

$$V_{N_2}^0 = 0,01N_2 + 0,79V_{kk}^0 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad \dots (7b)$$

- Thể tích hơi nước thực tế trong khối:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0322(\alpha - 1)V_{kk}^0, \text{ Nm}^3/\text{kg (Nm}^3/\text{Nm}^3) \quad \dots (8)$$

- Thể tích khí nitơ thực tế trong khối:

$$V_{N_2} = V_{N_2}^0 + 0,79(\alpha - 1)V_{kk}^0 \text{ Nm}^3/\text{kg (Nm}^3/\text{Nm}^3) \quad \dots (9)$$

- Thể tích khí 3 nguyên tử RO₂ trong khối khí đốt cháy 1 kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng:

$$V_{RO_2} = 0,01886(C^{lv} + 0,375S_c^{lv}), \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (10a)$$

- Thể tích khí 3 nguyên tử RO₂ trong khối khí đốt cháy 1 Nm³ nhiên liệu khí:

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \sum mC_m H_n), \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad \dots (10b)$$

- Thể tích khối khô lý thuyết khi đốt cháy 1 kg nhiên liệu rắn hoặc lỏng:

$$V_{k.kh}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (11a)$$

- Thể tích khối khô lý thuyết khi đốt cháy 1 Nm³ nhiên liệu khí:

$$V_{k.kh}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad \dots (11b)$$

- Thể tích khối khô thực tế:

$$V_{k.kh} = V_{RO_2} + V_{N_2}, \text{ Nm}^3/\text{kg (Nm}^3/\text{Nm}^3) \quad \dots (12)$$

TCVN 8630:2019

- Thể tích khối thực tế:

$$V_k = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}, \text{ Nm}^3/\text{kg} \text{ (Nm}^3/\text{Nm}^3\text{)} \quad \dots (13)$$

- Hệ số không khí thừa:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2} \quad \dots (14)$$

Với O_2 – tỷ lệ phần trăm oxy trong khối, được xác định từ thiết bị phân tích khối khí thí nghiệm.

5.2.1.2 Tính entanpi của không khí và khối

Công thức chung

- Entanpi của khối lý thuyết:

$$H_k^0 = V_{RO_2}(ct)_{RO_2} + V_{N_2}^0(ct)_{N_2} + V_{H_2O}^0(ct)_{H_2O}, \text{ kJ/kg} \quad \dots (15)$$

- Entanpi của không khí lý thuyết:

$$H_{kk}^0 = V_{kk}^0(ct)_{kk}, \text{ kJ/kg} \quad \dots (16)$$

- Entanpi của khối thực:

$$H_k = H_k^0 + (\alpha - 1)H_{kk}^0 + a_b \frac{A^{\text{tr}}}{100}(ct)_{tr}, \text{ kJ/kg} \quad \dots (17)$$

Trong đó:

$(ct)_{RO_2}, (ct)_{N_2}, (ct)_{H_2O}, (ct)_{kk}$ là entanpi của khí 3 nguyên tử RO_2 , khí N_2 , hơi nước, của không khí, kJ/Nm³, được xác định theo Bảng 2.

$(ct)_{tr}$ là entanpi của tro, kJ/kg, được xác định theo Bảng 2.

a_b là tỷ lệ độ tro của nhiên liệu phân phối theo đường tro bay, %, được xác định theo Bảng 3.

A^{tr} là thành phần tro trong nhiên liệu theo mẫu làm việc (mẫu thực nhận), %.

Bảng 2 - Entanpi của 1 Nm³ các khí và của 1 kg tro

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

5.2.2 Tính toán các đại lượng theo thành phần công nghệ của nhiên liệu

Khi không có các thành phần hóa học của nhiên liệu rắn hoặc lỏng, có thể tính toán các đại lượng theo thành phần công nghệ gồm độ tro, độ ẩm, nhiệt trị (A^v , W^v , Q_t^v).

5.2.2.1 Tính toán các đại lượng thể tích theo thành phần công nghệ:

* - Thể tích không khí lý thuyết:

$$V_{kt}^0 = \frac{1,11Q_t^v + 25W^v}{4186}, \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (18)$$

- Thể tích khối lý thuyết:

$$V_k^0 = 0,85 \frac{Q_t^v}{4186} + 2,0, \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots (19)$$

TCVN 8630:2019

5.2.2.2 Tính entanpi của không khí và khói (tính gần đúng)

Entanpi của khói được tính gần đúng dựa trên các dữ liệu sau đây :

- Nhiệt dung riêng của khói được lấy là nhiệt dung riêng trung bình của khói, trong khoảng nhiệt độ khói thải dao động quanh 150 °C, có thể lấy bằng :

+ Đối với than và dầu nặng : $c_{tb} = 1,38 \text{ kJ/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$;

- Enpanpi của không khí được xác định theo Bảng 2 tùy theo nhiệt độ tính toán của không khí cấp vào nồi hơi.

5.3 Tính các tổn thất nhiệt

5.3.1 Tổn thất nhiệt theo khói thải ra khỏi nồi hơi, q_2

$$q_2 = \frac{[H_k - \alpha V_{kk}^0 (ct)_{kk}](100 - q_4)}{Q_i^{lv}}, \% \quad \dots (20)$$

Trong tính toán, có thể chọn giá trị $(ct)_{kk} = 39 \text{ kJ/m}^3$ (là entanpi của không khí cấp vào nồi hơi ở 30 °C)

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

$$q_3 = 12600 \cdot CO \cdot \frac{V_{k.kh}}{Q_i^{lv}}, \% \quad \dots (21)$$

Trong đó :

$V_{k.kh}$ là thể tích khói khô, xác định theo công thức (12), Nm^3/kg

CO là tỷ lệ khí CO trong khói, được xác định từ thiết bị phân tích khói khi thí nghiệm, %

5.3.3 Tổn thất nhiệt do cháy không hoàn toàn về cơ học, q_4

$$q_4 = \frac{326 \left(a_x \frac{C_x}{100 - C_x} + a_b \frac{C_b}{100 - C_b} + a_l \frac{C_l}{100 - C_l} \right) \cdot A^{lv}}{Q_i^{lv}} \cdot 100, \% \quad \dots (22)$$

Trong đó :

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

a_x, a_b, a_l là tỷ lệ độ tro của nhiên liệu phân phối theo đường xỉ, đường tro bay và than lọt (xác định theo Bảng 3).

Bảng 3 - Tỷ lệ độ tro của nhiên liệu phân phối theo đường xỉ, đường tro bay và than lọt

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

CHÚ THÍCH:

- Khi lựa chọn trong bảng cần đáp ứng điều kiện $a_x + a_b + a_l = 1$
- Đối với nồi hơi đốt dầu và đốt khí thì $q_4 = 0$.

5.3.4 Tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, q_5

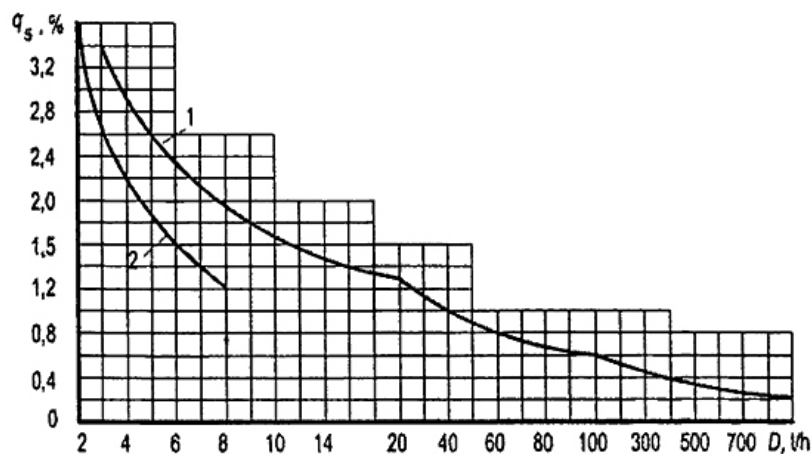
Tổn thất nhiệt do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh q_5 được xác định theo Hình 1 hoặc Hình 2.

a) Xác định q_5 theo Hình 1:

- Khi lò hơi làm việc ở phụ tải định mức, thì q_5 được xác định theo đồ thị.
- Khi lò hơi làm việc ở phụ tải khác với phụ tải định mức thì q_5 được xác định như sau:

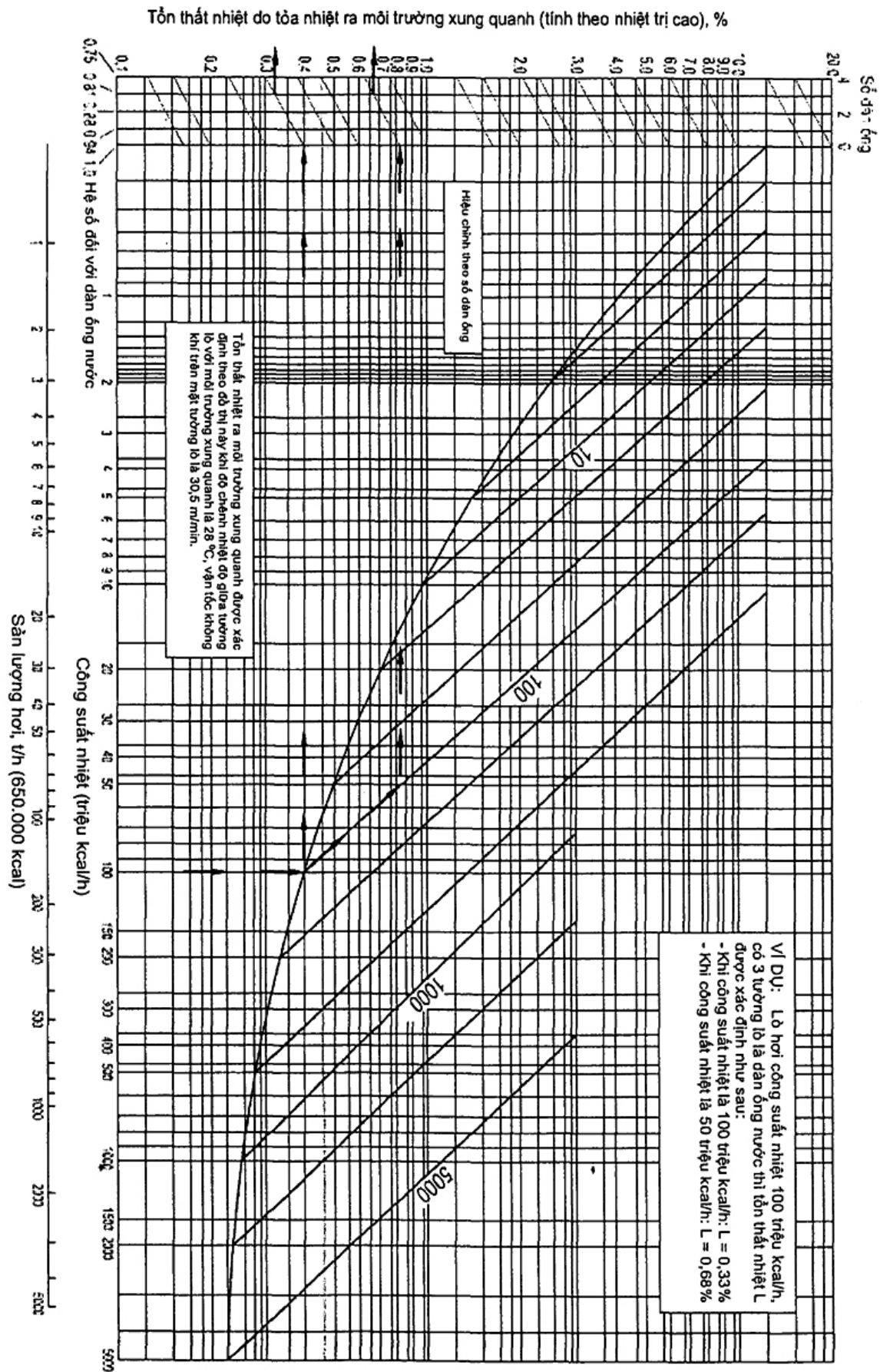
$$q_5^x = q_5 \frac{D}{D_x}, \% \quad \dots (23)$$

Trong đó q_5 , q_5^x là tổn thất ứng với phụ tải định mức D và phụ tải thực tế D_x trong thời gian thử nghiệm

**Hình 1 - Đồ thị xác định tổn thất q_5 theo sản lượng D**

(1 - đối với nồi hơi có bề mặt đốt phần đuôi; 2 - đối với nồi hơi không có bề mặt đốt phần đuôi)

- b) Khi xác định tổn thất q_5 theo đồ thị trên Hình 2, do công suất nồi hơi tính theo triệu kcal/h nên không cần hiệu chỉnh theo phụ tải nồi hơi (khi không phải là phụ tải định mức).



Hình 2 - Đồ thị xác định tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh

5.3.5 Tổn thất nhiệt do xỉ mang ra ngoài q_6

$$q_6 = \frac{a_x A^{hr} c_x t_x}{Q_l^{hr}}, \%$$

.... (24)

Trong đó :

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

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

c_x là nhiệt dung riêng của xỉ được xác định theo Bảng 4 dưới đây, kJ/kg °C

Bảng 4 – Nhiệt dung riêng của xỉ

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

Phụ lục A

(Tham khảo)

Đặc tính của nước và hơi nước

Bảng A.1 - Đặc tính của nước và hơi nước ở trạng thái bão hòa
(theo áp suất tuyệt đối)

Áp suất, MPa	Nhiệt độ bão hòa, °C	Thể tích riêng, m ³ /kg		Entanpi, kJ/kg		
		Nước, v'	Hơi, v''	Nước bão hòa, h'	Nhiệt hóa hơi, r	Hơi bão hòa khô, h''
0,0010	6,983	0,0010001	129,21	29,34	2485,0	2514,4
0,0015	13,036	0,0010006	87,98	54,71	2470,7	2525,5
0,002	17,513	0,0010012	67,01	73,46	2460,2	2533,6
0,003	24,100	0,0010027	45,67	101,00	2444,6	2545,6
0,004	28,983	0,0010040	34,80	121,41	2433,1	2554,5
0,005	32,898	0,0010052	28,19	137,77	2423,8	2561,6
0,0075	40,316	0,0010079	19,239	168,77	2406,2	2574,9
0,01	45,833	0,0010102	14,675	191,83	2392,9	2584,8
0,015	53,997	0,0010140	10,023	225,97	2373,2	2599,2
0,02	60,086	0,0010172	7,650	251,45	2358,4	2609,9
0,03	69,124	0,0010223	5,229	289,30	2336,1	2625,4
0,04	75,886	0,0010265	3,993	317,65	2319,2	2636,9
0,05	81,345	0,0010301	3,240	340,56	2305,4	2646,0
0,075	91,785	0,0010375	2,2169	384,45	2278,6	2663,0
0,1	99,632	0,0010434	1,6937	417,51	2257,9	2675,4
0,15	111,37	0,0010530	1,1590	467,13	2226,2	2693,4
0,2	120,23	0,0010608	0,8854	504,70	2210,6	2706,3
0,3	133,54	0,0010735	0,6056	561,4	2163,2	2724,7
0,4	143,62	0,0010839	0,4622	604,7	2133,0	2737,6
0,5	151,84	0,0010928	0,3747	640,1	2107,4	2747,5
0,6	158,84	0,0011009	0,3155	670,4	2085,0	2755,5
0,7	164,96	0,0011082	0,27268	697,1	2064,9	2762,0
0,8	170,41	0,0011150	0,24026	720,9	2046,5	2767,5
0,9	175,36	0,0011213	0,21481	742,6	2029,5	2772,1
1,0	179,88	0,0011274	0,19429	762,6	2013,6	2776,2
1,5	198,29	0,0011539	0,13166	844,7	1945,2	2789,9
2,0	212,37	0,0011766	0,09954	908,6	1888,6	2797,2
3,0	233,84	0,0012163	0,06663	1008,4	1793,9	2802,3
4,0	250,33	0,0012521	0,04975	1087,4	1712,9	2800,3
5,0	263,91	0,0012858	0,03943	1154,4	1639,7	2794,2
7,5	290,50	0,0013677	0,025327	1292,7	1474,2	2766,9
10,0	310,96	0,0014526	0,018041	1408,0	1319,7	2727,7
15,0	342,13	0,0016579	0,010340	1611,0	1004,0	2615,0
20,0	365,70	0,0020370	0,005877	1826,5	591,9	2418,4
22,12	374,15	0,0031700	0,00317	2107,4	0,0	2107,4

Bảng A.2 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 0,20 \text{ MPa } (120,2^\circ\text{C})$		$P = 0,30 \text{ MPa } (133,5^\circ\text{C})$		$P = 0,40 \text{ MPa } (143,6^\circ\text{C})$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,8857	2706,2	0,6058	2724,9	0,4624	2738,1
150	0,9599	2769,1	0,6340	2761,2	0,4709	2752,8
200	1,0805	2870,7	0,7164	2865,9	0,5343	2860,9
250	1,1989	2971,2	0,7964	2967,9	0,5952	2964,5
300	1,3162	3072,1	0,8753	3069,6	0,6549	3067,1
350	1,4330	3173,9	0,9536	3172,0	0,7140	3170,0
400	1,5493	3277,0	1,0315	3275,5	0,7726	3273,9
450	1,6655	3381,6	1,1092	3380,3	0,8311	3379,0
500	1,7814	3487,7	1,1867	3486,6	0,8894	3485,5
600	2,0130	3704,8	1,3414	3704,0	1,0056	3703,2
700	2,2443	3928,8	1,4958	3928,2	1,1215	3927,6
800	2,4755	4159,8	1,6500	4159,3	1,2373	4158,8
900	2,7066	4397,6	1,8042	4397,3	1,3530	4396,9
1000	2,9375	4642,3	1,9582	4642,0	1,4686	4641,7

Bảng A.3 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 0,50 \text{ MPa } (151,8^\circ\text{C})$		$P = 0,60 \text{ MPa } (158,8^\circ\text{C})$		$P = 0,80 \text{ MPa } (170,4^\circ\text{C})$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,3748	2748,1	0,3156	2756,1	0,2403	2768,3
200	0,4250	2855,8	0,3521	2850,6	0,2609	2839,7
250	0,4744	2961,0	0,3939	2957,6	0,2932	2950,4
300	0,5226	3064,6	0,4344	3062,0	0,3242	3056,9
350	0,5702	3168,1	0,4743	3166,1	0,3544	3162,2
400	0,6173	3272,3	0,5137	3270,8	0,3843	3267,6
450	0,6642	3377,7	0,5530	3376,5	0,4139	3373,9
500	0,7109	3484,5	0,5920	3483,4	0,4433	3481,3
600	0,8041	3702,5	0,6698	3701,7	0,5019	3700,1
700	0,8970	3927,0	0,7473	3926,4	0,5601	3925,3
800	0,9897	4158,4	0,8246	4157,9	0,6182	4157,0
900	1,0823	4396,6	0,9018	4396,2	0,6762	4395,5
1000	1,1748	4641,4	0,9789	4641,1	0,7341	4640,5

Bảng A.4 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 1,00 \text{ MPa (179,9}^\circ\text{C)}$		$P = 1,20 \text{ MPa (188,0}^\circ\text{C)}$		$P = 1,40 \text{ MPa (195,0}^\circ\text{C)}$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,1944	2777,1	0,1633	2783,7	0,1408	2788,8
200	0,2060	2828,3	0,1693	2816,1	0,1430	2803,0
250	0,2328	2943,1	0,1924	2935,6	0,1636	2927,9
300	0,2580	3051,6	0,2139	3046,3	0,1823	3040,9
350	0,2825	3158,2	0,2346	3154,2	0,2003	3150,1
400	0,3066	3264,5	0,2548	3261,3	0,2178	3258,1
450	0,3305	3371,3	0,2748	3368,7	0,2351	3366,1
500	0,3541	3479,1	0,2946	3476,9	0,2522	3474,8
600	0,4011	3698,6	0,3339	3697,0	0,2860	3695,4
700	0,4478	3924,1	0,3730	3922,9	0,3195	3921,7
800	0,4944	4156,1	0,4118	4155,2	0,3529	4154,3
900	0,5408	4394,8	0,4506	4394,0	0,3861	4393,3
1000	0,5872	4639,9	0,4893	4639,4	0,4193	4638,8

Bảng A.5 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 1,60 \text{ MPa (201,4}^\circ\text{C)}$		$P = 1,80 \text{ MPa (207,1}^\circ\text{C)}$		$P = 2,00 \text{ MPa (212,4}^\circ\text{C)}$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,1237	2792,8	0,1104	2795,9	0,0996	2798,3
225	0,1329	2857,8	0,1168	2847,2	0,1038	2836,1
250	0,1419	2919,9	0,1250	2911,7	0,1115	2903,2
300	0,1587	3035,4	0,1403	3029,9	0,1255	3024,2
350	0,1746	3146,0	0,1546	3141,8	0,1386	3137,7
400	0,1901	3254,9	0,1685	3251,6	0,1512	3248,3
450	0,2053	3363,5	0,1821	3360,9	0,1635	3358,2
500	0,2201	3472,6	0,1955	3470,4	0,1757	3468,2
600	0,2502	3693,9	0,2220	3692,3	0,1996	3690,7
700	0,2794	3920,5	0,2482	3919,4	0,2233	3918,2
800	0,3087	4153,3	0,2743	4152,4	0,2467	4151,5
900	0,3378	4392,6	0,3002	4391,9	0,2701	4391,1
1000	0,3669	4638,2	0,3261	4637,6	0,2934	4637,0

Bảng A.6 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 2,5 \text{ MPa (224,0}^\circ\text{C)}$		$P = 3,0 \text{ MPa (233,9}^\circ\text{C)}$		$P = 3,5 \text{ MPa (242,6}^\circ\text{C)}$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,0801	2801,9	0,0667	2803,2	0,0571	2802,6
250	0,0871	2880,9	0,0706	2856,5	0,0588	2829,7
300	0,0989	3009,6	0,0812	2994,3	0,0685	2978,4
350	0,1098	3127,0	0,0906	3116,1	0,0768	3104,8
400	0,1201	3240,1	0,0994	3231,7	0,0846	3223,2
450	0,1302	3351,6	0,1079	3344,8	0,0920	3338,0
500	0,1401	3462,7	0,1162	3457,2	0,0992	3451,6
600	0,1593	3686,8	0,1325	3682,8	0,1133	3678,9
700	0,1784	3915,2	0,1484	3912,2	0,1270	3909,3
800	0,1972	4149,2	0,1642	4146,9	0,1406	4144,6
900	0,2160	4389,3	0,1799	4387,5	0,1541	4385,7
1000	0,2347	4635,6	0,1955	4634,1	0,1675	4632,7

Bảng A.7 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 4,0 \text{ MPa (250,4}^\circ\text{C)}$		$P = 4,5 \text{ MPa (257,4}^\circ\text{C)}$		$P = 5,0 \text{ MPa (263,9}^\circ\text{C)}$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,0498	2800,8	0,0441	2797,9	0,0395	2794,2
275	0,0546	2887,3	0,0473	2864,3	0,0414	2839,5
300	0,0589	2961,7	0,0514	2944,2	0,0454	2925,7
350	0,0665	3093,3	0,0584	3081,5	0,0520	3069,3
400	0,0734	3214,5	0,0648	3205,6	0,0578	3196,7
450	0,0803	3331,2	0,0708	3324,2	0,0633	3317,2
500	0,0864	3446,0	0,0765	3440,4	0,0686	3434,7
600	0,0989	3674,9	0,0877	3670,9	0,0787	3666,8
700	0,1110	3906,3	0,0985	3903,3	0,0885	3900,3
800	0,1229	4142,3	0,1092	4140,0	0,0982	4137,7
900	0,1348	4383,9	0,1197	4382,1	0,1077	4380,2
1000	0,1465	4631,2	0,1302	4629,8	0,1172	4628,3

Bảng A.8 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 6,0 \text{ MPa } (275,6^\circ\text{C})$		$P = 7,0 \text{ MPa } (285,8^\circ\text{C})$		$P = 8,0 \text{ MPa } (295,0^\circ\text{C})$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,0325	2784,6	0,0274	2772,6	0,0235	2758,7
300	0,0362	2885,5	0,0295	2839,9	0,0243	2786,5
350	0,0423	3043,9	0,0353	3016,9	0,0301	2988,1
400	0,0474	3178,2	0,0402	3159,2	0,0343	3139,4
450	0,0522	3302,9	0,0442	3288,3	0,0382	3273,3
500	0,0567	3423,1	0,0482	3411,4	0,0418	3399,5
600	0,0653	3658,7	0,0557	3650,6	0,0485	3642,4
700	0,0736	3894,3	0,0629	3888,2	0,0548	3882,2
800	0,0817	4133,1	0,0699	4128,4	0,0610	4123,8
900	0,0896	4376,6	0,0768	4373,0	0,0671	4369,3
1000	0,0976	4625,4	0,0836	4622,5	0,0731	4619,6

Bảng A.9 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 9,0 \text{ MPa } (303,3^\circ\text{C})$		$P = 10,0 \text{ MPa } (311,0^\circ\text{C})$		$P = 12,5 \text{ MPa } (327,8^\circ\text{C})$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,0205	2742,9	0,0180	2725,5	0,0135	2674,3
350	0,0258	2957,3	0,0224	2924,0	0,0161	2826,6
400	0,0301	3118,8	0,0264	3097,4	0,0201	3040,0
450	0,0335	3258,0	0,0298	3242,3	0,0231	3201,4
500	0,0368	3387,4	0,0328	3375,1	0,0256	3343,6
600	0,0429	3634,1	0,0384	3625,8	0,0303	3604,6
700	0,0486	3876,1	0,0436	3870,0	0,0346	3854,6
800	0,0541	4119,1	0,0486	4114,5	0,0387	4102,8
900	0,0596	4365,7	0,0536	4362,0	0,0427	4352,9
1000	0,0649	4616,7	0,0584	4613,8	0,0466	4606,5

Bảng A.10 - Đặc tính của hơi quá nhiệt (theo áp suất tuyệt đối và nhiệt độ)

Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	$P = 15,0 \text{ MPa (342,2}^\circ\text{C)}$		$P = 17,5 \text{ MPa (354,7}^\circ\text{C)}$		$P = 20,0 \text{ MPa (365,8}^\circ\text{C)}$	
	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$	Thể tích riêng $v, \text{ m}^3/\text{kg}$	Entanpi $h, \text{ kJ/kg}$
Bão hòa	0,0103	2610,7	0,00793	2529,3	0,00587	2412,3
375	0,0139	2858,9	0,01056	2752,3	0,00768	2602,6
400	0,0157	2975,7	0,01246	2902,4	0,00995	2816,9
450	0,0185	3157,9	0,01520	3111,4	0,01272	3061,7
500	0,0208	3310,8	0,01739	3276,7	0,01479	3241,2
600	0,0249	3583,1	0,02107	3561,3	0,01819	3539,0
700	0,0286	3839,1	0,02434	3823,5	0,02113	3807,8
800	0,0321	4091,1	0,02741	4079,3	0,02387	4067,5
900	0,0355	4343,7	0,03035	4334,5	0,02648	4325,4
1000	0,0388	4599,2	0,03322	4592,0	0,02902	4584,7

Phụ lục B

(Tham khảo)

Xác định các tổn thất bằng phương pháp tính gần đúng

B.1 Tổn thất nhiệt do khói thải (q_2)

Tổn thất nhiệt do khói thải được xác định theo công thức:

$$q_2 = (m + n\alpha) \left(\frac{t_k - t_{kk}}{100} \right) \left(1 - \frac{q_4}{100} \right), \% \quad \dots (B.1)$$

Trong đó:

 m, n là hệ số tính toán, phụ thuộc chủng loại nhiên liệu, được lựa chọn theo Bảng B.1. α là hệ số không khí thừa, xác định theo 5.2.1.1. t_k là nhiệt độ khói thải, °C t_{kk} là nhiệt độ không khí lạnh cấp vào lò, °C

Bảng B.1 - Hệ số tính toán đối với các loại nhiên liệu khác nhau

Chủng loại nhiên liệu	Nhiên liệu sinh khối	Than bitum	Than antraxit	Dầu, khí đốt
m	0,6	0,4	0,3	0,5
n	3,8	3,6	3,5	3,45

B.2 Tổn thất nhiệt do nhiên liệu cháy không hoàn toàn về hóa học (q_3)Tổn thất nhiệt do nhiên liệu cháy không hoàn toàn về hóa học (q_3) được xác định theo Bảng B.2.Bảng B.2 - Tổn thất nhiệt do nhiên liệu cháy không hoàn toàn về hóa học (q_3)

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

B.3 Tổn thất nhiệt do nhiên liệu cháy không hoàn toàn về cơ học (q_4)Tổn thất nhiệt do nhiên liệu cháy không hoàn toàn về cơ học (q_4) được xác định theo 5.3.3.

B.4 Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh (q_s)

- a) Trường hợp phụ tải trong vận hành thực tế của nồi hơi không thấp hơn 75% công suất định mức, thì tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh (q_s) có thể chọn trực tiếp trong Bảng B.3.

**Bảng B.3 - Tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh (q_s)
theo công suất định mức của nồi hơi**

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

- b) Trường hợp phụ tải trong vận hành thực tế của nồi hơi thấp hơn 75% công suất định mức, thì tổn thất do tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh (q_s) trong Bảng B.3 có thể hiệu chỉnh theo công thức (B.2) dưới đây:

$$q_s = q_{s,dm} \frac{D_{dm}}{D_n}, \% \quad \dots (B.2)$$

Trong đó:

D_{dm} là công suất định mức của nồi hơi, t/h

D_n là phụ tải vận hành thực tế của nồi hơi, t/h

- c) Trường hợp phụ tải trong vận hành thực tế nồi hơi thấp hơn 30% công suất định mức, thì hiệu chỉnh theo điều kiện phụ tải 30%, Nếu không thể đo kiểm được phụ tải thực tế của nồi hơi thì phụ tải được tính theo 65% công suất định mức.

B.5 Tổn thất nhiệt do xỉ mang ra ngoài (q_6)

Tổn thất nhiệt do xỉ mang ra ngoài q_6 xác định theo 5.3.5.

Khi chọn nhiệt độ và nhiệt dung riêng của xỉ, thì đối với nồi hơi đốt trên ghi và nồi hơi đốt than phun thải xỉ rắn thì lấy theo mức nhiệt độ 600°C, xỉ của nồi hơi lớp sôi lấy theo mức nhiệt độ 800 °C.

Đối với nồi hơi đốt dầu và đốt khí thì $q_6 = 0$.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ASME PTC 4 - 2013, Fired steam generators.
 - [2] GB 24500-2009, The minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades of industrial boilers.
-