

SƠ ĐỒ ĐIỀU TRA VÀ TÍNH TOÁN TỔNG LƯỢNG CÁC CHẤT ĐỘC HẠI THẢI VÀO KHÍ QUYỀN CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN PHẢ LẠI

NGUYỄN VĂN TIẾN
Trung tâm Môi trường

I - MỤC ĐÍCH - PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU TRA VÀ NGUỒN SỐ LIỆU THU ĐƯỢC

Nhà máy nhiệt điện Phả Lại đã được chúng tôi cùng cán bộ của bộ môn quý hoạch lãnh thổ và bảo vệ môi trường khoa địa Trường đại học Tổng hợp Hà Nội điều tra nhiệm bản từ 6 đến 13/1/1988.

Chúng tôi sử dụng đồng thời cả phương pháp điều tra trực tiếp và gián tiếp, chủ yếu tập trung khai thác số liệu cần thiết trên « hồ sơ thiết kế kỹ thuật », « quy trình vận hành lò máy » và các loại « báo cáo kỹ thuật » của nhà máy.

Mục đích của việc điều tra là thu thập được một bộ số liệu đầy đủ về thông số kỹ thuật, thành phần than - tro - xỉ và tình hình sản xuất của nhà máy giúp cho việc tính toán mức độ nhiễm bản khí quyền xung quanh nhà máy kể từ khi nhà máy hoạt động và những năm tiếp sau này.

II - PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ LƯỢNG THẢI VÀO KHÍ QUYỀN TỪ CÁC NHÀ MÁY VÀ TRẠM NHIỆT ĐIỆN

Đánh giá lượng thải các chất có hại vào khí quyền đang vấp phải những khó khăn rất lớn cả về mặt phương pháp lĩnh cũng như về dụng cụ máy móc đo đạc lượng thải và các thông số kỹ thuật của điều kiện thải: đó là do sự đa dạng và phức tạp của các quá trình công nghệ có thải các chất độc hại. Tuy nhiên, đối với nhiều quá trình sản xuất người ta đã xây dựng được những phương pháp tiếp cận để giải quyết nhiệm vụ này. Thông thường chúng được sử dụng khi tính toán phân tán chất thải vào khí quyền khi thiết kế các xí nghiệp mới. Những giá trị xuất phát đối với những tính toán như vậy là những đặc tính của chất thải, số lượng các tạp chất thải ra, thể tích của nó, nhiệt độ và tốc độ thải. Ở các cơ quan thiết kế người ta thường xác định các giá trị này trên cơ sở kinh nghiệm đã có trong sản xuất của các xí nghiệp đang hoạt động và sử dụng phương pháp cân bằng trọng lượng và những phương pháp khác. Các ví dụ tính toán các tham số thải của nhà máy nhiệt điện, luyện kim, chế biến dầu mỏ và các ngành sản xuất khác đã đưa ra trong các chỉ dẫn về tính toán [6].

1. Riêng đối với các lò hơi, trạm và nhà máy nhiệt điện từ rất lâu (1965) xây dựng xong các phương pháp tính [5]. Nguyên lý cơ bản của những công thức tính là dựa vào phương pháp cân bằng vật chất trong phản ứng đốt cháy nhiên liệu.

Số lượng tro và nhiên liệu không cháy hết (lấn/năm) thải vào khí quyển theo khí cả của từng tổ hợp lò hơi khi đốt nhiên liệu cỡ thể tính theo công thức:

$$M_z = \frac{B \cdot A^P}{100 - \Gamma_{yH}} \cdot \alpha_{yH} (1 - \eta_z) \text{ (lấn/năm)} \quad (1)$$

ở đây B — lượng nhiên liệu đã tiêu thụ tấn/năm;

A^P — độ tro của nhiên liệu theo % khối lượng (%);

α_{yH} — phần tro của nhiên liệu bốc lên khỏi lò đốt.

η_z — phần tro thu hồi lại được ở thiết bị lọc;

Γ_{yH} — hàm lượng chất cháy còn lại trong tro (%);

Bảng 1 — Thông số kỹ thuật của nguồn thải.

Số TT	Tên đại lượng	Đơn vị đo	Giá trị đại lượng
1	Nhà máy Phả Lại phát điện 28/X/1983.		Bộ Năng lượng — Công ty điện lực I.
2	Sản phẩm — điện — Chất thải: tro xỉ, SO ₂ , CO, CO ₂ , NO ₂ , ma dút v.v.	KWh/năm	Thiết kế 2,86 tỷ KWh, thực tế 2,3 — 2,4.
3	Ống khói — Độ cao h — Đường kính miệng D	m m	200 7,2
4	Công suất: — Thiết kế — Thực tế	6-tổ máy 4 tổ	P=110 . 6 = 660MW (1995) P=440MW.
5	Nhiên liệu: a) Than cám 4,5,6, Mạo Khê và Hồng Gai — Độ tro A ^P — Hàm lượng lưu huỳnh S ^P — Nhiệt năng Q _H ^P b) Dầu ma dút FO — Nhiệt năng Q _H W/C — Độ muối A ^P — Hàm lượng lưu huỳnh S ^P c) Suất tiêu hao nhiên liệu b	% % % KCal/kg KCal/kg % % g/KWh	Hồng Gai 22,5 — 28,0 Mạo Khê 28,3 — 31,0 0,4 0,735 Thiết kế loại ΔW: 5085 Thực tế 4800 — 5400. 9600 0,3 Loại ít lưu huỳnh S ^P =0,5, loại nhiều S ^P =3,0 Than tiêu chuẩn thiết kế b=439g. Than thiên nhiên bTN = 568 — 640g.
6	Nhiệt độ khói thoát t _{kt}	°C	120 — 130°C.
7	Các tổn thất nhiệt của lò hơi — Do khói thoát q ₂ — Do cháy không hết q ₄ — Do tỏa nhiệt ra M _{TXQ} q ₅	% % %	4,0 — 5,2 8,0 — 16,2 0,56 — 0,81

Các giá trị AP , γ_H , α_H , η_z được lấy trung bình theo giá trị thực tế từng tháng, quý, năm cho từng lò hơi; khi thiếu các số liệu đó; người ta lấy trong các sổ tra cứu về kỹ thuật nhiệt.

Khi lấy lưu lượng B (tấn/h) thì giá trị M_z (kg/h) tính theo công thức:

$$M_z = 100B(1 - 10^{-2}) (10^{-2} AP + q) \alpha_y \left(\frac{kg}{h} \right)$$

B - lưu lượng tiêu hao nhiên liệu của lò (tấn/h);

AP - độ tro của nhiên liệu (%);

η - hiệu suất của bộ lọc điện (%);

$q_H = q^*$ - phần nhiệt hao hụt do cháy không hoàn toàn (%)

α_y - phần tro bay ra theo khí xả (%);

Các giá trị q^* và α_y tìm được trong các sách tra cứu.

2. Số lượng SO chuyển đổi thành SO_2 (tấn/năm) thải vào khí quyển cùng với khí xả của lò hơi lò đốt nhiên liệu rắn hay lỏng tính theo công thức:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S_p (1 - \eta^{SO_2}) (1 - \eta^{SO_2}) \text{ (tấn/năm)} \quad (3)$$

B - lượng nhiên liệu tiêu thụ (tấn/năm);

S_p - hàm lượng lưu huỳnh của nhiên liệu (%)

η^{SO_2} - phần SO_2 đi theo tro bay trong lò đốt;

η^{SO_2} - phần SO_2 thu hồi lại được trong bộ lọc khử tro.

Giá trị η^{SO_2} phụ thuộc vào độ tro AP và hàm lượng kiềm tự do trong tro bay. Giá trị ứng chừng của SO_2 khi đốt đá dầu là 0,5, than đá là 0,15, than bùn là 0,15 ma dút là 0,02, khí thiên nhiên 0,0.

Giá trị η^{SO_2} khi bị lọc tro khô (tính điện hoặc xiolon điện) thực tế = 0. Khi lọc tro ướt giá trị η^{SO_2} phụ thuộc vào lưu lượng B và độ kiềm tổng cộng của nước phun tưới và hàm lượng S_p .

Khi lấy lưu lượng B (tấn/h) thì M_{SO_2} (kg/h) có thể tính theo công thức

$$M_{SO_2} = 20 B S_p \text{ (kg/h)} \quad (4)$$

Hoặc khi tính M_{SO_2} (gam/m) công thức (1) có thể viết dưới dạng

$$M_{SO_2} = 20 B S_p \text{ (kg/h)} = 550 B S_p \text{ (gam/s)} \quad (5)$$

3. Số lượng ôxit cacbon CO (tấn/năm) thải vào khí quyển theo khí xả của lò hơi lò đốt nhiên liệu hữu cơ được tính theo công thức

$$M_{CO} = 0,001 C_H \cdot B \cdot 8H \left(1 - \frac{q_1}{100} \right) \frac{\text{tấn}}{\text{năm}} \quad (6)$$

ở đây C_H - lượng khí xả CO tiêu chuẩn khi đốt nhiên liệu rắn, lỏng, khí tính bằng (kg/tấn) hoặc (kg/10³m³) phụ thuộc vào công suất nổi hơi D_k . Khi $D_k > 75$ tấn/h thì $C_H = 13$ kg/tấn than:

B - lượng tiêu thụ nhiên liệu rắn, lỏng, khí;

q_4 - tổn hao nhiệt do không cháy hết (%);

γ_H - hệ số hiệu chỉnh do ảnh hưởng của chế độ đốt lên lượng thải CO, khi lò vận hành bình thường và hệ số thừa không khí α_1 đạt

tiêu chuẩn thì $\alpha_H = 1$ Nếu giá trị $\alpha_1 < \alpha_{chuẩn}$ thì $\alpha_H = \frac{\alpha_{chuẩn}}{\alpha_1}$. Nếu $\alpha_1 > \alpha_{chuẩn}$ thì $\alpha_H = 0$

4. Số lượng các ôxít NO chuyển đổi thành NO₂ (tấn/năm) thải vào khí quyển với khí xả của lò hơi được tính theo công thức

$$M_{NO_2} = 0,142 \cdot 10^{-6} \cdot K \cdot B \cdot Q_H^P \cdot (1 - \frac{q_4}{100}) \cdot \beta_1 \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3 \quad (7)$$

K - hệ số đặc trưng thải NO₂ (kg/tấn) của nhiên liệu;

B - lượng tiêu thụ nhiên liệu (tấn/năm) hoặc (10³/m³);

Q_H^P - nhiệt năng của nhiên liệu (KCal/kg);

q_4 - tiêu hao nhiệt do cháy không hoàn toàn (%);

β_1 - hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào hàm lượng Nitơ N và phương thức lấy xỉ ra khỏi lò;

β_2 - hệ số đặc trưng cho hiệu suất của khí tuần hoàn phụ thuộc vào điều kiện cung cấp nhiên liệu vào lò đốt;

r - mức độ tuần hoàn của khí (%);

β_3 - hệ số ảnh hưởng của cấu trúc vòi phun dạng xáy $\beta_3 = 1$, với cách đốt trực tiếp $\beta_3 = 0,85$.

Hệ số K với lò hơi có năng suất hơi thực tế $D_{\phi} > 70$ tấn/h được xác định theo công thức

$$K = \frac{12D_{\phi}}{200 + D} \quad (8)$$

$$\text{Khi } D_{\phi} < 70 \text{ tấn/h thì } K = \frac{D_{\phi}}{20} \quad (9)$$

với lò đun nước nóng năng suất bé thì

$$K = \frac{2,5Q_{\phi}}{20 + Q} \text{ với } Q \text{ và } Q_{\phi} \text{ là năng suất sinh hơi tiêu chuẩn và thực tế.}$$

Phương pháp tính ở trên đây đủ nhưng tương đối phức tạp. Theo các kết quả nghiên cứu của Viện Kỹ thuật nhiệt toàn liên bang của Liên Xô đã đề xuất sử dụng phương pháp tính NO₂ (kg/h) cho những lò hơi tiêu chuẩn có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$M_{NO_2} = 26B' A_k \text{ (kg/h)} \quad (10)$$

$$\text{Ở đây hệ số } A_k = \frac{D_k}{1000 + D_k} \text{ đối với các lò hơi,}$$

$$A_k = \frac{Q_k}{500 + Q_k} \text{ đối với các lò đun nước nóng còn } D_k \text{ và } Q_k \text{ là công}$$

suất các lò tương ứng tính bằng tấn hơi/h và GCalo/h. B' là lưu lượng nhiên liệu (tấn/h) quy đổi sang nhiên liệu tiêu chuẩn (nhiên liệu chuẩn có $Q_H^p = 7000 \text{ KCal/kg}$).

5. Số lượng khí cacbonic CO_2

Phản ứng cháy của các bon trong than theo phương trình $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ như vậy cứ 12[C] tạo thành 44[CO_2] nghĩa là

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} A_c = 3,67 A_c \quad (11)$$

trong đó A_c là tổng lượng các bon có trong than, giả sử hàm lượng các bon của than là C, lưu lượng than tiêu thụ là B, ta có

$$M_{\text{CO}_2} = 3,67 \text{gB.C} \quad (12)$$

6. Tính lưu lượng khí xả và tốc độ xả khí qua miệng ống khói nhà máy.

Giả sử B là lưu lượng tiêu thụ nhiên liệu (tấn/h). S là diện tích miệng ống khói, ta có

$$\text{lưu lượng khí xả } V = \frac{B \cdot 10^3 (\text{kg/h}) \cdot 11 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$\text{vận tốc xả khí } \omega = \frac{V}{S} = \frac{V (\text{m}^3/\text{s})}{\pi R^2 (\text{m}^2)} \quad (\text{m/s})$$

III - TÍNH TOÁN PHÂN BỐ LƯỢNG THẢI THEO THỜI GIAN CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN PHẢI LẠI

1. Lượng khí thải và tro bụi bay thải vào khí quyển

- Theo các tính toán kỹ thuật nhiệt thì đốt cháy hoàn toàn 1kg than sẽ thải ra xấp xỉ 11m³ khí thải

- Các giá trị hệ số $A_p = 30$; $\Gamma_{Hy} = 25$; $\eta_{TH} = 0,9$;

$\eta_z = 0,9$ thay vào công thức (1) có dạng: $M_z = B \cdot \frac{30}{75} \cdot 0,9(1 - 0,9) = 0,036B$

Bảng 2 - Các kết quả tính toán theo công thức (1)

Năm	Than thực đốt (T)	Thể tích khí thải (10 ³ m ³)	Tro bụi thải (tấn)
1983	32746	360 756	1180,656
1984	546 505	6011 555	19674,18
1985	859 670,9	9456 379,9	30948,15
1986	1205652	13 262 172	43 403,47
1987	1445081	15 895 891	52 022,91
Tổng số từ khí hoạt động	4089655	14 986 754.10 ³ m ³	147 220,36

2. Lượng khí SO_2 thải vào khí quyển.

Ta lấy $S^p = 0,7$ với than Mao Khê; $\eta' \text{SO}_2 = 0,1$; $\eta'' \text{SO}_2 = 0$ thay vào (2) ta được $M_{\text{SO}_2} = 0,02.B.0,7.0,9 = 0,0126.B$. Nếu lấy $S^p = 0,4$ cho than Hồng Gai thì $M_{\text{SO}_2} = 0,0072.B$.

Bảng 3 - Các kết quả tính toán theo (2).

Năm	Tổng lượng SO_2 (tấn/năm)	Lưu lượng T/B (tấn/h) toàn năm (8760h)	Lưu lượng thải khí SO_2 (kg/h)	Lưu lượng thải SO_2 (g/s)
1983	413,229	~ 21,35	298,9	83,02
1984	5751,963	23	322	89,4
1985	10831,653	24,5	343	95,27
1986	15191,215	22,5	315	87,5
1987	18208,02	23,5	329,9	91,6
Tổng số	50396,08			

3. Số lượng khí thải CO.

Ta lấy hệ số $C_H = 13$ kg/tấn; $a_H = 1$ và $q_4 = 12$ thay vào (3) ta được $M_{\text{CO}} = 0,01144.B$ (tấn năm). Nếu B tính bằng (tấn/h) thì ta có $M_{\text{CO}} = 11,44.B$ (kg/h)

Bảng 4 - Kết quả tính toán theo công thức (3)

Năm	Tổng lượng năm (tấn)	Vận tốc thải CO (kg/h)	Vận tốc thải CO (g/s)
1983	375,186	244,24	67,84
1984	5222,417	263,12	73,08
1985	9834,636	280,28	77,85
1986	13792,65	257,4	71,5
1987	16531,72	268,84	74,67
Tổng số	45756,66		

4. Lượng khí thải NO_2 tính theo công thức (10)

- Hệ số $A_1 = \frac{220}{1000 + 220} \approx 0,18$ thay vào (10) và đổi các lưu lượng B

thành lưu lượng nhiên liệu quy chuẩn B' ta có $M_{\text{NO}_2} = 26B' \cdot A_1 = 4,68 B'$ (kg/năm)

5. Lượng khí thải CO_2 :

Theo số liệu phân tích hóa học than đốt có $C^p = 85\%$ cacbon và hàm lượng chất cháy còn lại trong tro là $C_{\text{tro}} = 25\%$ nghĩa là có 75% cacbon cháy hết. Do đó ta có

$$M_{CO_2} = 3,67 AC = 3,67 \times 0,65 \times 0,75 B \approx 1,789B.$$

Bảng 5 — Kết quả tính toán theo (10)

Năm	$B' = B \cdot \frac{Q_1}{7000}$ (tấn năm)	Tổng lượng NO_2 (tấn năm)	B' (tấn/h) trung bình	Vận tốc thải NO_2	
				kg/h	g/s
1983	23425,7	109632	15,25	71,37	19,82
1984	32607,5	1526031	16,428	76,88	21,35
1985	613559,4	2671457	17,486	81,83	22,73
1986	843224,5	3046337	15,737	73,65	20,4
1987	1033852,1	4838,4	16,81	78,68	21,85
Tổng số	2839966,7	13291,54			

Bảng 6 — Kết quả tính toán theo (12).

Năm	Tổng lượng CO_2 (tấn năm)	Lưu lượng T/B năm (tấn/h)	Vận tốc thải CO_2	
			Tấn/h	kg/s
1983	58672,64	21,35	38,195	10,609
1984	816687,44	23	41,147	11,426
1985	1537951,4	24,5	43,890	12,175
1986	2156827,3	22,5	40,252	11,181
1987	2565249,9	23,5	42,041	11,678
Tổng số	7155383			

5. Dự tính thải cho năm 1988.

Theo kế hoạch trong năm 1988 nhà máy sẽ sản xuất 2,4 tỷ KWh điện. Giả sử suất hao than thiên nhiên bình = 0,640kg/1Kwh, lượng than ước tính cần đốt là 1563000tấn

$$M_Z = 0,036B = 55296 \text{ tấn năm}$$

$$V_{k\text{ thải}} = 11 \cdot B = 17193.000.000 m^3 \text{ khí thải do đốt than}$$

$$M_{SO_2} = 0,0126 B = 19693,8 \text{ tấn năm}$$

$$M_{CO} = 0,01144B = 17880,72 \text{ tấn năm}$$

$$M_{NO_2} = 4,68 \cdot B' \text{ (kg năm)} \cdot \frac{4,68}{1000} \cdot B' \text{ tấn năm} = 5224,78 \text{ tấn năm}$$

$$M_{CO_2} = 1,789 B = 2.796.207 \text{ tấn năm}$$

Tốc độ xả khí qua miệng ống khói là một tham số cần tính vì mỗi lò đốt được trang bị một quạt khói GH-25X2 — 0,26 có công suất $Q = 386.000 m^3/h$. Khi 8 lò cùng hoạt động ta có

$$\text{Lưu lượng khí xả } V = \frac{8Q}{3600} = 851,77 m^3/s$$

Vận tốc khí xả qua miệng ống khói

$$\omega = \frac{V}{S} = \frac{V}{\pi R^2} = 21,08 \text{ m/s}$$

IV — KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Điều tra hoạt động của những nguồn NBKQ ở nước ta đang ở giai đoạn phôi thai. Trên quan điểm thực tiễn nó có ý nghĩa tối cần thiết không thể bỏ qua. Rõ ràng là chỉ khi thực hiện tích cực kiểm tra sự hoạt động của những nguồn nhiễm bẩn (cả những ống khói nhà máy cố định cũng như những phương tiện giao thông di động) mới tạo ra những biện pháp có hiệu quả nhằm hạ thấp lượng thải, giảm mức độ nhiễm bẩn khí quyển. Vấn đề đầu tiên cần điều tra và tính toán là đánh giá có những chất có hại nào, số lượng ước tính của nó là bao nhiêu của xí nghiệp thải vào khí quyển theo các đơn vị thời gian: giây, giờ, ngày, tháng, quý, năm. Ở các nước công nghiệp phát triển người ta đã tiến hành bằng phương pháp đo đặc lượng thải, tốc độ thải và thành phần chất thải trực tiếp liên tục bằng các dụng cụ và máy móc chuyên dùng.

Trong điều kiện kinh tế xã hội của nước ta hiện nay các máy móc và dụng cụ đo đặc như vậy chưa có bắt buộc chúng ta tìm cách áp dụng những phương pháp tính toán gián tiếp vừa ít tốn kém nhất mà hiệu quả lớn, đồng thời khai thác được nhiều số liệu sẵn có phục vụ cho các hợp đồng khoa học - kinh tế. Các phương pháp tính toán đã phổ biến ở trên rõ ràng bạn đọc có thể áp dụng cho các nguồn thải tương tự (khi đó các hệ số trong các công thức trên sẽ thay đổi tương ứng với đặc tính của các nguồn đó). Mức độ chính xác của các phép tính hoàn toàn phụ thuộc vào độ tin cậy của các số liệu điều tra (số liệu thiết kế hoặc số liệu thực tế) tức là phụ thuộc vào năng lực, trình độ kiến thức về công nghệ sản xuất của các cán bộ làm công tác này.

Hiện nay ở trung tâm môi trường chúng tôi đang tiến hành triển khai đồng thời những việc phục vụ cho công tác điều tra, khảo sát nhiễm bẩn khí quyển.

Đề hoàn thành được những công tác mới mẻ và khó khăn phức tạp này đội ngũ cán bộ của trung tâm quản lý và kiểm soát môi trường không khí và nước rất mong sự đầu tư, xây dựng, đào tạo cán bộ của Tổng cục KTTV cho công tác này. Chúng tôi cũng mong muốn sự hợp tác giúp đỡ của chương trình 42A, chương trình 52D của Bộ đại học, Viện khoa học thống kê Tổng cục thống kê và tất cả các bộ và các tổng cục có liên quan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Nhiệt động học kỹ thuật - Bộ môn nhiệt kỹ thuật ĐHBK. NXB Giáo dục, 1962.
2. Nguyên lý động cơ đốt trong - Bộ môn động cơ đốt trong ĐHBK. NXB Đại học và THCN, 1979.
3. Sách tra cứu kỹ thuật nhiệt (tổng Nga), Tập I (1975), tập II (1976) NXB Năng lượng.

4. Sổ tay về các nhiên liệu các-bua-hyđrô và các sản phẩm cháy của nó. NXB Năng lượng quốc gia, 1986.

5. Béc-li-an. Phương pháp tạm thời tính toán phát tán vào khí quyển các chất thải (tro + SO_2) từ ống khói nhà máy nhiệt điện. Tạp chí «Năng lượng nhiệt», 1964, No7.

6. Chỉ dẫn về tính toán phát tán vào khí quyển các chất có hại chứa trong các chất thải của các xí nghiệp công nghiệp.
(Béc-li-an - Cỗ-sơ-kin chủ biên) CH 369-67. NXBKTTV, Leningrát, 1967.

7. Béc-li-an. Những vấn đề hiện đại của khuếch tán và nhiễm bẩn khí quyển. NXBKTTV, Leningrát, 1975.

8. Tiêu chuẩn hóa, đăng kiểm và kiểm soát các chất thải công nghiệp vào khí quyển (Đài GGO Liên Xô). NXBKTTV, Leningrát, 1977.

9. Hướng dẫn kiểm soát nhiễm bẩn khí quyển. NXBKTTV, Leningrát, 1979.

10. Hiệu chỉnh đồ án kỹ thuật nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Phần I.

11. Quy trình vận hành phân xưởng lò máy nhà máy nhiệt điện Phả Lại (3 tập).

12. Báo tin Nhà máy nhiệt điện Phả Lại 11/1987.

13. Nguyễn Cung. Mô hình tính toán và dự báo NBKQ. Đề tài 42A.04.01.

14. Đàm Quang Thọ. Điều tra nhiễm bẩn khí quyển phục vụ quy hoạch những nguồn thải mới. Tập san KTTV số 5/1987.

15. Phan Hoài Trung. Các mô hình chất lượng không khí và những đòi hỏi thông tin về nguồn thải của nó. Tập san KTTV số 6/1987.