MÔ HÌNH HÓA KHÍ TƯỢNG VỀ NHIỄM BẨN KHÍ QUYỂN TỪ N NGUỒN Ở CÁC THÀNH PHỐ VÀ KHU CÔNG NGHIỆP

Nguyễn Đình Lượng - Cục KTĐTCB

HOẠT động của con người ngày càng tăng lên và ảnh hưởng của những hoạt động này đến môi trường xung quanh cũng tăng lên không ngừng. Chính vì vậy, vấn đề nhiễm bẩn môi trường nói chung và nhiễm bẩn không khí nói riêng hiện nay đang là một mối quan tâm lớn của nhiều ngành, nhiều nước và nhiều tổ chức quốc tế [1, 3]. Trong toàn bộ các vấn đề về bảo vệ môi trường, vấn đề đảm bảo sự trong sạch của bầu khí quyển có tầm quan trọng đặc biệt. Nhiễm bẩn không khí là một mối đe dọa lớn đối với sức khỏe con người cũng như toàn bộ môi trường xung quanh. Gônsmít (Goldsmith. P) đã đưa ra một ví dụ minh họa rất tiêubiểu. Một người trong một ngày sử dụng trung bình 1 kg thức ăn, 1,5 kg nước và 12 kg không khí. Người ta có thể nhịn đói được 5 tuần, nhịn uống 5 ngày song chỉ có thể sống được không quá 5 phút nếu thiếu không khí.

Các số liệu thống kê quốc tế cho thấy số người bị bệnh do nhiễm bẩn không khí tăng lên đáng kể. Chỉ trong vòng 50 năm trở lại đây số người bị ung thư phổi ở Anh tăng lên 40 lần, ở Liên xô - 10 lần.

Những thiệt hại do nhiễm bẩn không khí gây ra cho nền kinhtế quốc dân cũng rất lớn. Chỉ tính riêng ở Mỹ thiệt hại này đã lên tới gần 20 tỉ đô la trong năm 1968, ở Nhật thiệt hại này khoảng 500 triệu đô la năm 1972. Tính trung bình ở các nước phát triển thiệt hại do nhiễm bẩn không khí gây ra theo đầu người khoảng 10-100 đô la 1 năm.

I - Các loại nguồn thải và đặc điểm của chúng

Để đánh giá tình hình nhiễm bẩn không khí, tìm các biện pháp có hiệu quả làm giảm mức độ nhiễm bẩn tránh những thiệt hại do nó gây ra trước hết cần biết các nguồn thải và đặc điểm thải của từng nguồn.

Những nguồn chủ yếu gây nhiễm bẩn không khí trong thànhphố và các khu công nghiệp là các nhà máy nhiệt điện, luyện kim, lọc dầu, hóa chất, công nghiệp giấy, xây dựng, chế tạo máy v.v... Các phương tiện giao thông như ô tô, mô tô cũng là những nguồn gây nhiễm bẩn đáng kể [2, 4].

Các nhà máy nhiệt điện, lò hơi thải vào khí quyển một số chất đặc trưng như bụi SO_2, NO_x và các hợp chất của các-bon như CO, CO_2, andegít v.v... Nếu các nhà máy loại này sử dụng dầu hoặc khí làm nhiên liệu chúng sẽ thải vào khí quyển một số hợp chất rất độc của vanadi, các ô xít can xi, các hợp chất của flo, thủy ngân, thạch tín v.v...

Bụi, CO, SO_2, NO_x, phenol, NH_4, H_2SO_4, HCl là những chất thải đặc trưng của các nhà máy luyện kim đen.

Ngoài những chất phổ biến như SO_2, CO các nhà máy luyện kim màu thải vào khí quyển một số chất đặc trưng như chì, kẽm, thạch tín, thủy ngân, clo v.v...

Các nhà máy lọc dầu, hóa dầu thải vào khí quyển các chất SO_2, CO, NO_x, H_2S, Cl, phenol v.v... và một số chất khí gây nổ như butan, propan.

Một số chất như CO, NO_x, các loại axít HCl, H_2SO_4 v.v...được các nhà máy thải vào khí quyển.

Ta thấy trong thành phố và các khu công nghiệp có nhiều nguồn với những chất thải đặc trưng riêng. Vì vậy để nghiên cứu sự phân bố và lan truyền các chất độc hại cần sử dụng các mô hình khí tượng về nhiễm bẩn khí quyển cho nhiều nguồn [2, 3, 4].

II - Một số mô hình khí tượng về nhiễm bẩn khí quyển do nhiều nguồn gây ra

Trên thực tế hầu hết các nguồn đều ở trên những độ cao nhất định nên chỉ lập mô hình cho các nguồn trên cao.

Giải các bài toán về khuếch tán trong khí quyển rồi tức là giải các phương trình vi phân. Phương trình xuất phát ban đầu có dạng :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u\frac{\partial q}{\partial x} + v\frac{\partial q}{\partial y} + w\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}k_y\frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial q}{\partial z} - \alpha q \qquad (1)$$

Trục x, y trên mặt phẳng ngang, trục z thẳng đứng.

t - thời gian

u, v, w - vận tốc di chuyển trung bình của tạp chất theo các trục x, y, z.

k_x, k_y, k_z - hệ số trao đổi theo x, y, z.

α - hệ số biến đổi nồng độ tạp chất q do chuyển hóa.

Trên thực tế khi giải bài toán này, tùy điều kiện ta có thể đơngiản phương trình (1).

Đối với các quá trình dừng $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$. Khi trục x nằm dọc theo hướng gió sự di chuyển dọc theo trục y hầu như không đáng kể và có thể coi v = 0, cũngnhư cóthể không tính đến khuếch tán dọc theo hướng gió. Có thể dễ dàng nhận thấy điều này khi quan sát sự lan truyền của khói từ các miệng ống khói, thực tế khói không lan truyền ngược hướng gió. Như vậy chứng tỏ ảnh hưởng của khuếch tán trong trườnghợp này hầu như không đáng kể.

Tóm lại với những giả thuyết trên đây phương trình (1) có thể được viết dưới dạng :

$$u\frac{\partial q}{\partial x} + w\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial q}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y}k_y\frac{\partial q}{\partial y} - \alpha q \qquad (2)$$

Phương trình (2) dùng cho trường hợp địa hình đồng nhất. Trường hợp địa hình phức tạp khi hướng gió không nằm ngang phải tính cả thành phần $\frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial q}{\partial x}$.

Điều kiện biên để giải phương trình (2) :

$$q \to 0 \quad \text{khi} \quad Z \to \infty$$

$$q \to 0 \quad \text{khi} \quad |y| \to \infty$$

$$k_z\frac{\partial q}{\partial z} = 0 \quad \text{khi} \quad Z = 0.$$

Hai mô hình thường dùng cho vận tốc gió và hệ số trao đổi là mô hình mũ :

$$u = u_1 \left(\frac{Z}{Z_1}\right)^n$$

$$k_z = k_1 \left(\frac{Z}{Z_1}\right)^m \qquad (3)$$

và mô hình logarít

$$u = u_1 \frac{\lg \frac{Z}{Z_o}}{\lg \frac{Z_1}{Z_o}}$$

$$k_z = \nu + k_1 \frac{Z}{Z_1} \quad \text{khi} \quad Z \leq h \qquad (4)$$

$$k_z = \nu + k_1 \frac{h}{Z_1} \quad \text{khi} \quad Z > h$$

Ở đây n, m là những tham số

Z_1 - độ cao đơn vị, thường lấy bằng 1 m.

Z_o - độ gồ ghề của mặt đệm (độ nhám).

u_1 và k_1 là trị số của u và k_z ở độ cao Z_1.

h - độ cao tầng biên.

ν - hệ số khuếch tán phân tử của không khí.

Mô hình mũ được sử dụng thường xuyên hơn vì nó cho những kết quả chính xác hơn và phù hợp với điều kiện của ta và việc tính toán đơn giản hơn, vì vậy chúng ta chỉ giải phương trình (2) cho trường hợp mô hình mũ.

Đối với tạp chất nhẹ và không bị biến đổi tức là khi w = 0 và α = 0, giải phương trình (2) ta được :

$$q(x, y, z) = \frac{M Z_1^{\frac{m+n}{2+n-m}} \exp\left\{-\frac{u_1 Z_1^{m-n}}{k_1 (2+n-m)^2 x}(Z^{2+n-m} + H^{2+n-m}) - \frac{y^2}{4 k_o x}\right\}}{2\sqrt{\pi k_o x}\,(2+n-m)^{\frac{n+m}{2+n-m}}\,\Gamma\left(\frac{1+n}{2+n-m}\right)(k_1 x)^{\frac{1+n}{2+n-m}}(2 u_1)^{\frac{1-m}{2+n-m}}} \qquad (5)$$

Ở đây M - công suất nguồn

H - độ cao nguồn

Thường $m \approx 1$ và cho $Z_1 = 1$ ta có nồng độ trên mặt đất :

$$q(x, y, o) = \frac{M}{2(1+n) k_1 \sqrt{\pi k_o}\, x^{3/2}} \exp\left\{-\frac{U_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1 x} - \frac{y^2}{4 k_o x}\right\} \qquad (6)$$

Một đặc điểm rất quan trọng của phân bố tạp chất là khi trục X dọc theo hướng gió sẽ tồn tại cực trị của q_m ở khoảng cách x_m từ nguồn :

$$\text{cho } \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \text{ ta được}$$

$$q_m = \frac{0,116\ (1+n)\ M}{u_1\ H^{1,5\ (1+n)}} \sqrt{\frac{k_1}{k_o\ u_1}} \qquad (7)$$

$$x_m = \frac{2}{3}\ \frac{u_1\ H^{1+n}}{k_1\ (1+n)^2} \qquad (8)$$

Trong trường hợp tạp chất nặng, khi chúng có vận tốc lắng riêng ta cần phải chú ý đến vận tốc lắng này. Đối với các hạt hình cầu hoặc dạng hình cầu vận tốc này có thể tính theo công thức :

$$w = 1,3 \cdot 10^{-2} \rho_\pi\ r_\pi^2 \qquad (9)$$

Ở đây ρ_π - khối lượng riêng của hạt.

r_π - bán kính hạt.

Giải phương trình (2) cho trường hợp này và tính nồng độ trên mặt đất ta được :

$$q = \frac{M\ H^{1+\omega\ (1+n)}\ u_1^{1,5+\omega}}{2\ (1+n)\ \Gamma\ (1+\omega)\ \sqrt{\pi\ k_o\ x}\ (k_1\ x)^{1+\omega}} \exp\left\{ - \frac{u_1\ H^{1+n}}{(1+n)^2\ k_1\ x} - \frac{y^2}{4\ k_o\ x} \right\} \qquad (10)$$

$$\omega = \frac{w}{k_1\ (1+n)} \quad ; \quad \Gamma(x) \text{ - hàm gamma}$$

Tương tự như trong trường hợp tạp chất nhẹ ta có thể tìm được q_m và x_m :

$$q_m = \frac{0,055\ (1+n)^2\ M}{u_1\ H^{1,5\ (1+n)}} \sqrt{\frac{k_1}{k_o\ u_1}}\ \frac{(1,5+\omega)^{1,5+\omega}}{(1+\omega)\ e^{\omega}} \qquad (11)$$

$$x_m = \frac{u_1\ H^{1+n}}{(1+n)^2\ (1,5+\omega)\ k_1} \qquad (12)$$

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu các nguồn đơn ta có thể đưa ra một số mô hình cho trường hợp nhiều nguồn.

Khi các nguồn ở gần nhau, ta có thể coi chúng như một nguồn điểm. Khi các tạp chất được thải từ N ống khói có các tham số thải giống nhau thì nồng độ tổng cộng và vận tốc gió nguy hiểm có thể tính như nguồn đơn và coi M là tổng lượng thải từ N ống khói.

$$v_1 = \frac{V}{N}$$

$V = \pi R_o^2 W_o N$ - Tổng thể tích của các chất được thải ra.

R_o - Bán kính miệng ống khói.

W_o - Vận tốc thải ban đầu.

Nếu các nguồn ở gần nhau, có các tham số thải khác nhau hoặc tập trung dọc theo một đường thẳng ta có thể xác định nồng độ bằng phương pháp đồ thị. Ta vẽ đường biến đổi của nồng độ theo khoảng cách cho từng nguồn trên cùng một đồ thị, sau đó đối với mỗi khoảng cách ta cộng các đồ thị này lại. Dựa theo đồ thị tổng cộng ta sẽ xác định được nồng độ cực đại và khoảng cách từ nguồn đến đó.

III - Khả năng sử dụng máy tính điện tử để tính nhiễm bẩn khí quyển từ N nguồn

Để tính khuếch tán nồng độ tạp chất trên mặt đất do nhiều nguồn thải ra, các tính toán bằng phương pháp thủ công, không thể đáp ứng được do khối lượng thông tin quá lớn và phức tạp. Để tìm được phân bố nồng độ phải tính cho nhiều hướng gió, mỗi nguồn lại có tốc độ gió nguy hiểm khác nhau [3].

Trên thực tế người ta sử dụng vận tốc gió nguy hiểm trung bình U_{mc}.

$$U_{mc} = \frac{\sum_{i=1}^{N} C_{mi} U_{mi}}{\sum_{i=1}^{N} C_{mi}} \qquad (13)$$

C_{mi} - nồng độ tối đa của nguồn i ở vận tốc gió nguy hiểm U_{mi} của nguồn đó.

Trên cơ sở phân tích các công thức tính nồng độ, ta thấy dọc theo hướng gió nồng độ biến đổi chậm hơn nhiều so với các hướng khác. Như vậy ta chỉ cần tính cho các hướng nối các cặp nguồn chính. Các hướng α_1 và α_2 khi các trục vệt khói trùng nhau được tính như sau :

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{y_i - y_j}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}} \qquad (14)$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \pi$$

y_i, y_j, x_i, x_j - các tung độ và hoành độ của các nguồn.

Thực tế, khi tính toán nồng độ tạp chất trên máy tính điện tử phải sử dụng độ cao thực tế của nguồn H. Độ cao này được tính như sau :

$$H = h + \Delta h$$

h - độ cao ống khói

$$\Delta h = 1{,}5 \frac{W_o R_o}{U_f} \left(2{,}5 + \frac{3{,}3\, g\, R_o\, \Delta T}{T_a\, U_f^2}\right) \qquad (15)$$

T - chênh lệch nhiệt độ giữa chất thải và không khí.

U_f - vận tốc gió ở độ cao Z = 10 m.

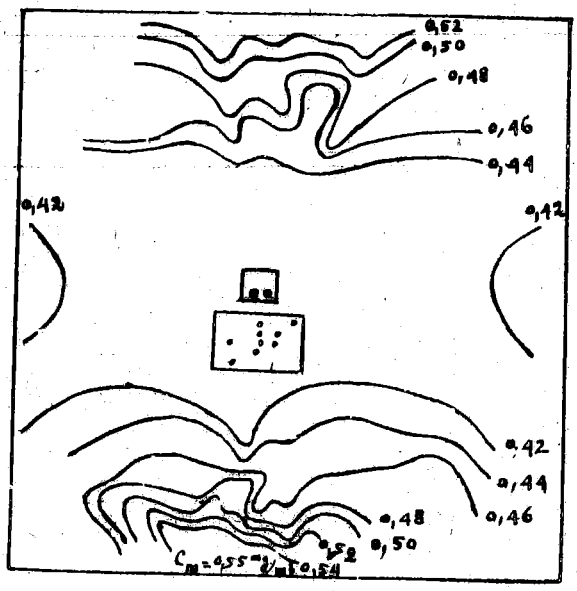
T_a - nhiệt độ không khí theo thang tuyệt đối.

IV - Một số ví dụ tính toán nồng độ các chất gây nhiễm bẩn khí quyển

Trên cơ sở áp dụng mô hình đã được mô tả ở các phần trên Gracheva, Kantvan v.v... đã tính cho các nguồn gồm 11 ống khói có độcao từ 60-180 m : U_{mc} = 3,6 m/s ; các ô có kích thước $\Delta x = \Delta y = 1$ km thì nồng độ cực đại C_m = 0,53 mg/m3 . Máy tính tính cho 44 hướng gió (8 hướng gió chính và 36 hướng phụ).

. Khi các ô có kích thước Δx = 0,5 km, Δy - 0,25 km thì C_m = 0,55 mg/m^3 , khi mắt lưới có kích thước nhỏ đi thì kết quả tính toán được không chênh lệch mấy, nhưng thời gian tính toán tăng lên rất nhiều.

Như ta thấy trên hình 1 nồng độ cao hơn khi gió thổi từ phía các nguồn cao đến các nguồn thấp và tạp chất phân bố chủ yếu theo hướng gió trùng với đườngthẳng nối 2 cụm nguồn.



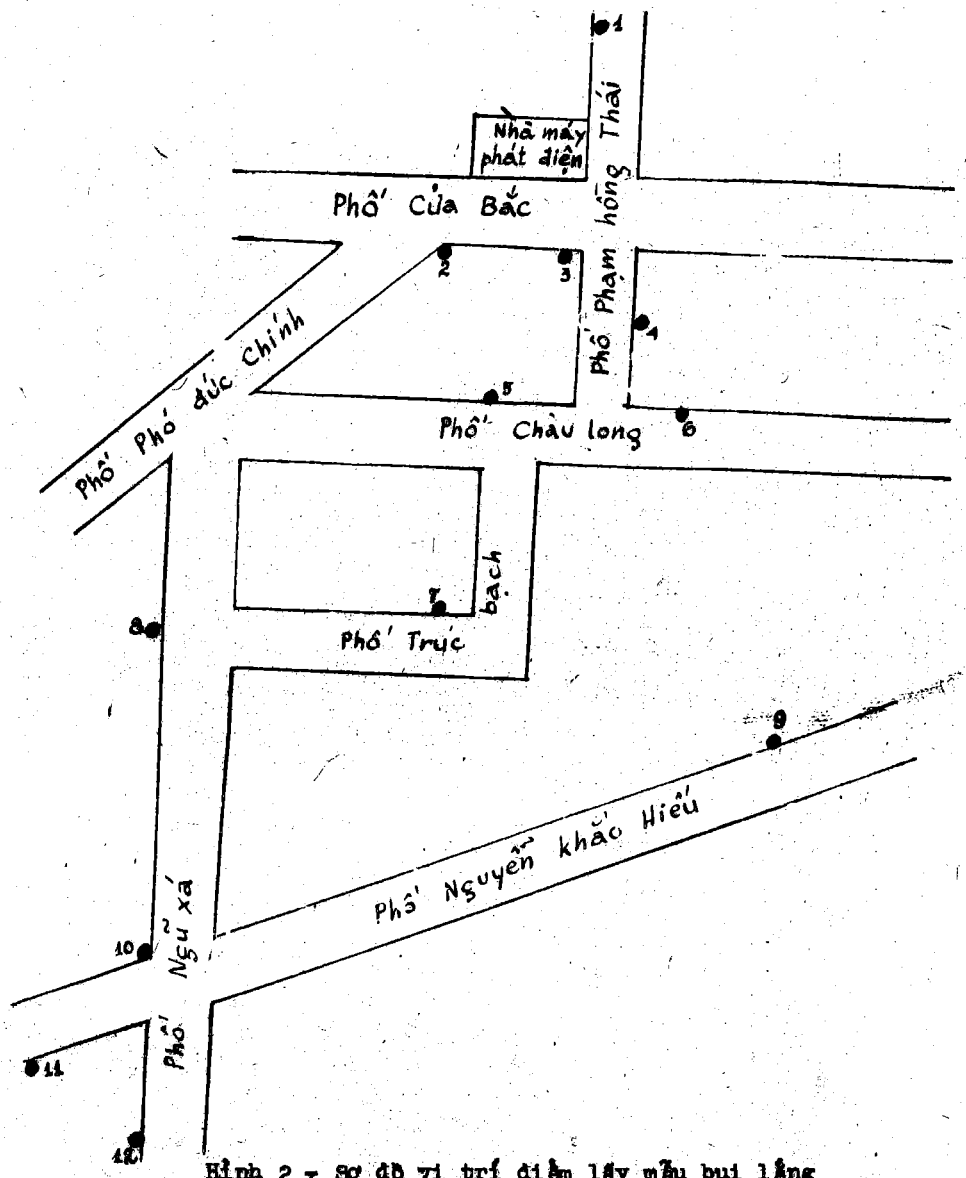
Hình 1 - Kết quả tính toán và vẽ trên MTĐT của Gracheva [3].

Phòng điều tra nhiễm bẩn môi trường(Cục Kỹ thuật điều tra cơ bản)đã tổ chức một số đợt khảo sát các khu công nghiệp có N ống khói như nhà máy điện Yênphụ (Hà-nội), khu vực nhà máy phân lân Văn điển và nhà máy xi măng Hải phòng. Khu vực nhà máy xi măng Hải phòng có hai cụm nguồn điểm : cụm các ống khói nhà máy xi măng Hải phòng và cụm các ống khói nhà máy nhiệt điện và hai cụm nguồn này có thể coi như một nguồn tuyến. Khu vực nhà máy Pin và phân lân Văn điển cũng có thể được coi như nguồn tuyến.

Trong phạm vi bài này chúng tôi chỉ giới thiệu các số liệu của đợt khảo sát khu vực nhà máy điện Yên phụ tháng XII năm 1977 (N nguồn, 1 cụm).

Nhà máy nhiệt điện Yên phụ có tất cả 7 ống khói,mỗi chiếc có độcao h = 25 m. Đường kính miệng ống khói D = 1,5 m ; nhiệt độ khí thải T = 130°C ; khối lượng khí thải qua tất cả các ống khói V = 38 m^3/s. Tốc độ khi thải qua miệng ống khói W_o = 10 m/s. Các ống khói của nhà máy phân bố trên một diện tích không rộng và có cùng

độ cao nên có thể coi chúng như một nguồn điểm. Ở đây chỉ đưa ra các số liệu về bụi lắng để minh họa cho các mô hình trên. Bụi lắng được hứng bằng khay petri có tráng vadelin ở đáy. Thời gian hứng từ 11^h ngày 22-XII-1977 đến 8^h ngày 24-XII. Sơ đồ vị trí các điểm lấy mẫu được biểu thị trên hình 2. Trong ngày khảo sát có gió đông bắc. Kết quả khảo sát xem bảng 1.



Hình 2 - Sơ đồ vị trí điểm lấy mẫu bụi lắng

Bảng 1 - Kết quả khảo sát

Điểm lấy mẫu	Lượng bụi lắng (tấn/km². năm)	Điểm lấy mẫu	Lượng bụi lắng (tấn/km². năm)	Điểm lấy mẫu	Lượng bụi lắng (tấn/km². năm)
1	9,1	5	101,5	9	33,5

(Tiếp bảng 1)

Điểm lấy mẫu	Lượng bụi lắng (tấn/km^2. năm)	Điểm lấy mẫu	Lượng bụi lắng (tấn/km^2. năm)	Điểm lấy mẫu	Lượng bụi lắng (tấn/km^2. năm)
2	28,7	6	36,0	10	41,3
3	221,5	7	77,2	11	38,6
4	120,5	8	52,2	12	20,5

Qua bảng 1 cho thấy nồng độ phân bố chủ yếu theo hướng gió và có điểm cực đại của nồng độ. Ở phía ngược hướng gió (điểm 1) ở điểm đối chứng lượng bụi thu được rất nhỏ. Khoảng cách từ nguồn (từ nhà máy) đến nơi có nồng độ cực đại vào khoảng 500 m.

Trong thời gian khảo sát nhiệt độ không khí trung bình $\bar{T}_k = 25^oC$. Vận tốc gió ở độ cao 1 m cách mặt đất là 1,0 m/s. Lấy $k_o = 1$, sử dụng các công thức (3), (7), (8), (15) và công thức $k_1 = 0,104 \cdot \Delta u \left(1 + \frac{1,38 \cdot \Delta T}{\Delta u^2}\right)$ để tính x_m và q_m ta thu được kết quả sau :

$$x_m \approx 532 \text{ m}$$

$$q_m \approx 216 \text{ tấn/km}^2\text{. năm}$$

So sánh các kết quả khảo sát và tính toán ta thấy có sự chênh lệch không đáng kể (khoảng 6% đối với x_m và 2,5% đối với q_m). Điều này chứng tỏ mô hình N nguồn nêu ở Phần II có thể áp dụng được và cho kết quả tốt.

Tài liệu tham khảo

[1] M.E. Berliand - Các vấn đề hiện tại của khuếch tán khí quyển và nhiễm bẩn khí quyển. NXB KTTV Leningrat 1975, 448 trang (tiếng Nga).

[2] Hướng dẫn kiểm soát nhiễm bẩn khí quyển. NXB KTTV Leningrad 1979, 448 trang (tiếng Nga).

[3] Khuếch tán khí quyển và nhiễm bẩn khí quyển. Công trình đài vật lý địa cầu trung ương số 238, NXB KTTV Leningrad 1969, 246 trang (tiếng Nga).

[4] Các vấn đề khí tượng của nhiễm bẩn khí quyển, NXB KTTV Leningrad 1971, 376 trang (tiếng Nga)./.