ẢNH HƯỞNG CỦA PHÂN TẦNG NHIỆT TRONG LỚP BIÊN ĐẾN PHÂN BỐ THẲNG ĐỨNG CỦA HỆ SỐ RỐI, NĂNG LƯỢNG RỐI VÀ TỐC ĐỘ GIÓ

NCS. **Nguyễn Lê Tâm,** GS.TS. **Lê Đình Quang**
Viện Khí tượng Thủy văn

1. Mở đầu

Do đặc trưng và tính phức tạp của chuyển động rối, lớp biên khí quyển được tách ra thành hai phần, phần dưới gần mặt đệm là lớp sát đất và phần lớp biên bên trên lớp sát đất. Theo [1,2], trên cơ sở các số liệu quan trắc gradien của Trạm khí tượng Hoài Đức và Tháp khí tượng lớp biên Viện KTTV chúng ta có thể xác định được các đặc trưng lớp sát đất và phân bố thẳng đứng của tốc độ gió, nhiệt độ và độ ẩm riêng một cách khá chính xác.

Đối với lớp khí quyển trong lớp biên bên trên lớp sát đất, điều kiện các thông lượng rối không đổi không còn thoả mãn nên việc giải hệ phương trình phi tuyến của lớp biên để xác định các đặc trưng rối là rất khó khăn và chỉ có thể giải một cách gần đúng. Một trong những phương pháp để xác định các đặc trưng rối trong toàn bộ lớp biên hiện được áp dụng rộng rãi và có hiệu quả là phương pháp tham số hoá [4]. Các tác giả Lê Đình Quang và Vương Quốc Cường [3,5] đã áp dụng mô hình lớp biên tà áp để nghiên cứu phân bố gió và rối theo độ cao ở khu vực Hà Nội. Trong công trình này, các tác giả đã tính toán phân bố thẳng đứng trong lớp biên của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió. Với phân bố thẳng đứng của gió là yếu tố quan trắc được tại Trạm thám không vô tuyến Hà Nội [5] cho thấy:

Tháng I: trong lớp sát đất đến độ cao khoảng 270m, sai số lớn hơn 0,5m/s; trong lớp từ 280m - 380m sai số dưới 0,5m/s.

Tháng VII: lớp khí quyển trong lớp biên dưới 350m sai số ≤ 0,3m/s; từ 300-400m sai số ≤ 0,5m/s; trên 400m sai số >0,5m/s.

Từ kết quả trên cho thấy mô hình có độ tin cậy nhất định, các tác giả đã đi tới đánh giá ảnh hưởng của độ nhám Zo đến các phân bố thẳng đứng của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió.

Trong mô hình lớp biên tà áp dừng của khí quyển có hai tham số biểu thị đặc trưng phân tầng của khí quyển: tham số tầng kết ở bên trên lớp biên S (phụ thuộc vào phân bố nhiệt độ trong lớp 850hPa - 700hPa - ngoài lớp biên) và tham số tầng kết bên dưới lớp biên (phụ thuộc nhiệt độ trong lớp từ 1000hPa đến 850 hPa). Bài báo này, xem xét và đánh giá ảnh hưởng của sự phân tầng nhiệt trong lớp biên khí quyển bao gồm cả lớp sát đất ở 3 trạng thái: ổn định, cân bằng phiếm định và bất ổn định đến phân bố thẳng đứng trong lớp biên của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió.

2. Đặt bài toán

Việc tính toán phân bố thẳng đứng của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió được thực hiện nhờ việc giải hệ phương trình lớp biên tà áp, viết dưới dạng không thứ nguyên như sau:

$$\frac{d^2\eta_n}{dz_n^2} + \frac{\sigma_n}{k_n} = \partial x \quad (1)$$

$$\frac{d^2\sigma_n}{dz_n^2} - \frac{\eta_n}{k_n} = \partial y \quad (2)$$

$$\frac{\eta_n^2 + \sigma_n^2}{k_n} - \mu H_n - \frac{b_n^2}{k_n} + 0{,}54\beta \frac{d}{dz_n} k_n \frac{db_n}{dz_n} = 0 \quad (3)$$

$$l_n = -\left(\frac{d}{dz_n} L_n \frac{b_n}{k_n}\right)^{-1} \quad (4)$$

$$k_n = l_n b_n^{1/2} \quad (5)$$

$$H_n = \frac{k_n}{z_n}\left(1 + \frac{\nu z_n^{m+1}}{\mu h_n^m}\right) \quad (6)$$

$$\mu = -\frac{x^2 gH}{2\omega_z \rho c_p T u_*^2} \quad (7)$$

$$S = \frac{x^4(\gamma_a - \gamma_h)g}{|f_z|^2 T} \quad (8)$$

$$\eta_n = k_n \frac{du_n}{dz_n}; \sigma_n = k_n \frac{dv_n}{dz_n}; \lambda_x = \frac{x^2}{|f_z|^2}\frac{g}{T}\frac{\partial T}{\partial x}; \lambda_y = \frac{x^2}{|f_z|^2}\frac{g}{T}\frac{dT}{\partial y} \quad (9)$$

Các điều kiện biên:

Khi $z_n \to 0$ $\eta_n \to 1$, $\sigma_n \to 0$; $b_n \to 1$; $l_n \to 0$,

Khi $z_n \to \infty$; $\eta_n \to 0$; $\sigma_n \to 0$; $b_n \to 0$. (10)

Ở đây x, y, z - các toạ độ, đồng thời trục 0x hướng theo hướng gió sát đất; u, v - thành phần nằm ngang của tốc độ gió, k - hệ số rối; T - nhiệt độ không khí; g - gia tốc trọng trường; f_z - tham số côriôlit; ρ - mật độ không khí; c_p - nhiệt dung đẳng áp; b - năng lượng rối; l - qui mô xung rối; u_* - tốc độ động lực ; γ_a, γ_H - gradien thẳng đứng đoạn nhiệt khô và thực (ở phần trên lớp biên); H – thông lượng nhiệt rối lớp sát đất, h - độ cao lớp biên, x - hằng số Karman, m - hệ số kinh nghiệm nhận giá trị 0 và 1; λ_x, λ_y - tham số tà áp , S - tham số tầng kết bên trên lớp biên, xem là tham số bên ngoài xác định theo số liệu thực; μ - tham số tầng kết bên dưới lớp biên.

3. Số liệu

Các số liệu độ cao địa thế vị, nhiệt độ trung bình tại các mặt đẳng áp tiêu chuẩn 1000, 850 và 700 hPa tháng 1 các năm 1996, 1997, 1998 của 3 trạm biểu số 48820 (trạm TKVT Hà Nội), 59758 và 59211 đã được sử dụng làm chuẩn. Để tạo ra file số liệu với sự phân tầng thay đổi: ổn định, cân bằng và bất ổn định, giá trị các mặt đẳng áp trung bình và nhiệt độ mặt đẳng áp 1000 hPa được giữ cố định còn nhiệt độ của mặt đẳng áp 850 hPa được thay đổi. Các số liệu đưa vào tính toán được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Số liệu các mặt đẳng áp tiêu chuẩn tháng I với phân tầng nhiệt (γ) khác nhau

γ	Trạm 48200						Trạm 59758						Trạm 59211					
	H00	T00	H850	T850	H700	T700	H00	T00	H850	T850	H700	T700	H00	T00	H850	T850	H700	T700
thực	154	15,3	1521	11,2	3130	6,6	145	16,7	1521	12,8	3137	7,7	172	14,2	1524	7,3	3117	4,5
0,5	154	15,3	1521	8,5	3130	6,6	145	16,7	1521	9,8	3137	7,7	172	14,2	1524	7,4	3117	4,5
1	154	15,3	1521	1,6	3130	6,6	145	16,7	1521	2,9	3137	7,7	172	14,2	1524	0,7	3117	4,5
1,5	154	15,3	1521	-5,2	3130	6,6	145	16,7	1521	-3,9	3137	7,7	172	14,2	1524	-6,1	3117	4,5

Với $\gamma = \gamma_a = 1$ °C/100m - phân tầng nhiệt cân bằng ; $\gamma \le \gamma_a$ - phân tầng nhiệt ổn định; $\gamma \ge \gamma_a$ - phân tầng nhiệt bất ổn định.

4. Tính toán

Để tính toán phân bố thẳng đứng của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió, ta giải hệ phương trình lớp biên tà áp (1)-(9) với điều kiện biên (10) theo trình tự sau:

a. Nhập giá trị độ cao địa thế vị H_d, nhiệt độ T ở các mức AT-1000; AT-850; AT-700 của 3 trạm thám không vô tuyến: 48820, 59211, 59758; độ nhám z_0 =1,97 và vĩ độ điểm tính;

b. Tính gradien T và H_d;

c. Tính số Rosby Ro

$$Ro = 0{,}046x10^{10}\frac{\sqrt{\left(\frac{\partial H_d}{\partial x}\right)^2_{1000} + \left(\frac{\partial H_d}{\partial y}\right)^2_{1000}}}{\sin^2(\varphi/57{,}296)z_0}$$

$$M12 = \frac{\beta}{G}(\gamma_a - \gamma)(H_{850} - H_{1000}) - \frac{\beta}{G}(\gamma_a - \gamma)H_{850}$$

$$\nu = 0{,}0256\left[0{,}98x10^{-2} - \frac{T_{850} - T_{700}}{H_{850}}\right]\frac{3{,}3x10^{-2}}{\left[14{,}58x10^{-5}\sin(\varphi/57{,}296)\right]^2}$$

d. Tính tham số M12

e. Tính tham số ν

f. Tính λ_x; λ_y

g. Giải phương trình chuyển động bằng phương pháp khử đuổi ma trận và lặp theo k_n, ta sẽ nhận được các nghiệm η_n và σ_n

h. Tính góc α và tham số χ

$$\alpha = arctg\left(\frac{\eta_n}{\sigma_n}\right)\Big|_{Zn=Zon}$$

$$\chi = \left[(\eta_n)^2 + (\sigma_n)^2\right]^{-1/2}\Big|_{Zn=Zon}$$

i. Tính tham số μ $$\mu = \left(M_{12} + \frac{\nu H_n \chi}{2}\right)\frac{0{,}16}{\chi \ln(0{,}16H_n R_o)}$$

j. Giải phương trình cân bằng năng lượng rối bằng phương pháp khử đuổi. Kết quả được b_n

k. Tính hệ số rối k_n theo các biểu thức trên bằng phương pháp lặp.

Quá trình lặp theo k sẽ kết thúc khi:

$$\left|k_n^0 - k_n^1\right| \le \left|k_n^1\right|.\varepsilon$$

l. Tính các đặc trưng thứ nguyên:

$u_*=0{,}38_* \chi_* Cg_0$; $L=\chi.u_*/(2\omega_z)$; $z=z_nL$; $k=u_*Lk_n$; $b=4{,}67\ u_*b_n$

m. Tính các thành phần gió u và v:

$$u=[\cos(\alpha)+(\sigma_n-\lambda_y z_n)\ \chi]Cg_0$$

$$v=[-\sin(\alpha)+(\eta_n+z_n)\ \chi]Cg_0$$

n. In các giá trị sau:

- Profin thẳng đứng của tốc độ gió;
- Profin thẳng đứng của hệ số rối k và năng lượng rối b.

Kết quả tính toán profin thẳng đứng tháng I của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió theo các phân tầng nhiệt khác nhau được biểu diễn trên các hình 1-3.

Bảng 2. Kết quả tính toán các đặc trưng năng lượng rối, hệ số rối, và tốc độ gió của tháng I theo sự phân tầng nhiệt khác nhau

γ (độ/100m)	0,5	1	1,5	γ (độ/100m)	0,5	1	1,5
Năng lượng rối trung bình E_{TB} (m^2/s^2)	0,1	2	5,5	Độ cao hệ số rối đạt max H_{Kmax} (m)	129	295	371
Năng lượng rối max E_{max} (m^2/s^2)	0,32	4,6	11,6	Tốc độ gió trung bình U_{TB} (m/s)	6,2	3,6	2,7
Độ cao năng lượng rối đạt max H_{Emax} (m)	12	138	175	Tốc độ gió max U_{max} (m/s)	8	6,8	6,5
Hệ số rối trung bình K_{TB} (m^2/s)	1,8	33,3	77,5	Độ cao tốc độ gió đạt max Hu_{max} (m)	561	1040	1178
Hệ số rối max K_{max}(m^2/s)	3,8	97,4	198,5	Độ cao lớp biên h(m)	772	1158	1266

5. Một số nhận xét

1. Từ các kết quả tính toán trong bảng 2 và các hình 1-3 có thể đưa ra một số nhận xét sau:

- Giá trị của phân tầng nhiệt γ (gradien nhiệt độ trong lớp biên) ảnh hưởng rất mạnh đến giá trị của năng lượng rối, hệ số rối và tốc độ gió nhưng theo hướng khác nhau: khi γ tăng thì năng lượng rối, hệ số rối và độ cao lớp biên tăng còn tốc độ gió lại giảm; ngược lại, khi γ giảm thì năng lượng rối, hệ số rối và độ cao lớp biên giảm còn tốc độ gió lại tăng. Đối với năng lượng rối cực đại, hệ số rối cực đại, tốc độ gió cực đại và độ cao tại đó chúng đạt giá trị cực đại cũng có bức tranh tương tự.

- Trường hợp khí quyển ổn định (γ=0,5), năng lượng rối đạt cực đại ngay tại sát mặt đất và giảm khi độ cao tăng. Trong trường hợp cân bằng và bất ổn định, năng lượng rối từ mặt đất tăng lên và đạt cực đại khoảng 100-200m, sau đó giảm.

- Khi γ = 1,5 lần thì năng lượng rối tăng 2,75 lần ; hệ số rối tăng hơn 2 lần; độ cao lớp biên tăng gần 1,1 lần còn tốc độ gió giảm 0,75 lần. Các giá trị cực đại của năng lượng rối, hệ số rối cùng với độ cao tại đó chúng đạt giá trị cực đại đều tăng. Tốc độ gió cực đại giảm nhưng độ cao tại đó chúng đạt cực đại lại tăng.

- Khi γ giảm một nửa, năng lượng rối giảm 20 lần; hệ số rối giảm 18,5 lần; độ cao lớp biên giảm 1,5 lần còn tốc độ gió tăng hơn 1,7 lần. Các giá trị cực đại của năng lượng rối, hệ số rối cùng với độ cao tại đó chúng đạt giá trị cực đại đều giảm. Tốc độ gió cực đại tăng nhưng độ cao tại đó chúng đạt cực đại lại giảm.

2. Có thể dùng số liệu quan trắc gradien của tháp khí tượng lớp biên tại Viện KTTV tính giá trị thông lượng rối lớp sát đất H trong công thức tính μ (7) để tính toán profin các đặc trưng rối trong lớp biên theo mô hình này; lúc đó cần lấy số liệu quan trắc tại cùng một thời điểm của tháp khí tượng lớp biên Viện KTTV và số liệu của 3 trạm thám không vô tuyến: 48820 (trạm TKVT Hà Nội), 59758 và 59211.

Tài liệu tham khảo

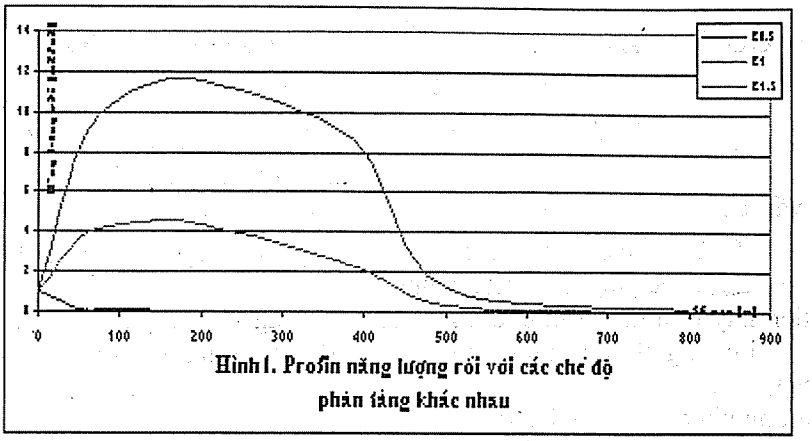
1. Nguyễn Lê Tâm. Ảnh hưởng của sự phân tầng đến phân bố thẳng đứng của tốc độ gió, nhiệt độ và độ ẩm trong lớp sát đất tại Trạm khí tượng Hoài Đức. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* số 1 năm 2003.

2. Lê Đình Quang, Nguyễn Lê Tâm. Ảnh hưởng của sự phân tầng đến phân bố thẳng đứng của tốc độ gió, nhiệt độ và độ ẩm tại tháp khí tượng Láng. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* số 1 năm 2003.

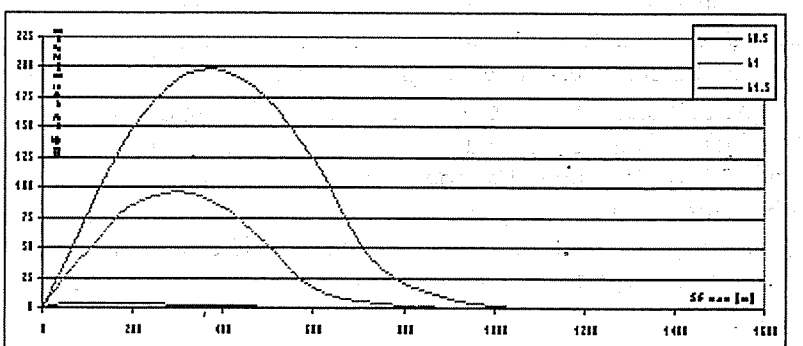
3. Lê Đình Quang. Về một cách tham số hoá lớp biên tà áp dừng của khí quyển. *Tạp chí cơ học* No 1, 1982.

4. Lê Đình Quang. Đặc trưng định lượng lớp biên hành tinh của khí quyển ở vùng vĩ độ thấp. Luận án phó tiến sĩ khoa học.

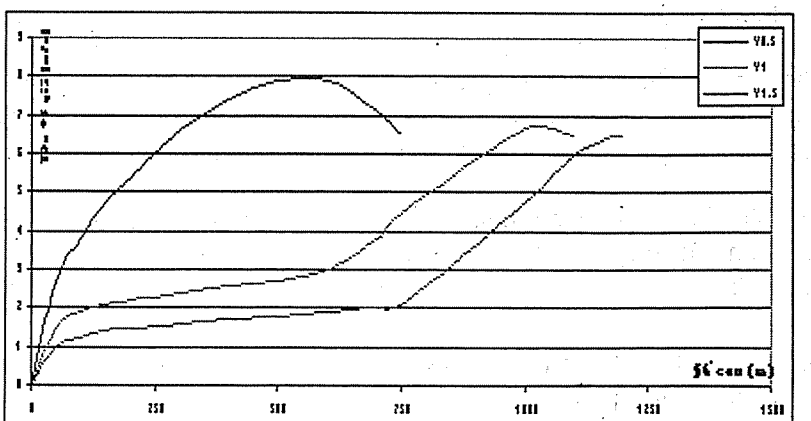
5. Vương Quốc Cường. Nghiên cứu phân bố gió và rối theo độ cao trong lớp biên khu vực Hà Nội. *Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tổng cục*- Hà Nội, 1999.



Hình1. Profin năng lượng rối với các chế độ phân tầng khác nhau



Hình 2. Profin hệ số rối với các chế độ phân tầng khác nhau



Hình3. Profin tốc độ gió với các chế độ phân tầng khác nhau