

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRUNG LỚP SÁT ĐẤT TẠI TRẠM HOÀI ĐỨC

NCS. Nguyễn Lê Tâm

Viện Khí tượng Thủy văn

1. Mở đầu

Việc nghiên cứu gió và rối trong lớp sát đất tại trạm Hoài Đức đã được Vương Quốc Cường và Lê Đình Quang đề cập đến trong công trình "Nghiên cứu phân bố gió và rối theo độ cao trong lớp biên khí quyển của khu vực Hà Nội" [1]. Các tác giả đã đề xuất công thức tính profin gió trong lớp sát đất tại Trạm Hoài Đức theo quy luật hàm mũ và quy luật logarit trên cơ sở xác định hệ số nhám Z_0 và số mũ m qua các số liệu quan trắc thực nghiệm tại Hoài Đức. Để tiếp tục đi sâu nghiên cứu phân bố các đặc trưng khí tượng khác như: nhiệt độ và độ ẩm theo độ cao ở trạm Hoài Đức ta có thể sử dụng các số liệu quan trắc gradien nhiệt ẩm tại các mức 2m, 1,5m và 0,5m và gió ở các mực 10m và 2m của trạm khí tượng tự động MILOS 500, được lắp đặt xong tháng XI năm 1992 theo dự án "Tăng cường năng lực phục vụ khí tượng nông nghiệp" VIE 86-025. Việc xác định các đặc trưng này có thể giúp ích cho các nghiên cứu dự báo sương giá, sương mù hay một số bài toán ứng dụng khác cho khu vực này.

2. Phương pháp tính toán

Để tính toán, chúng tôi đã áp dụng phương pháp tính toán các thông lượng rối theo toán đồ [2]. Phương pháp này được coi là phù hợp với trạm Hoài Đức vì chỉ có số liệu gió ở các mức 2m và 10m còn số liệu nhiệt ẩm chỉ có ở 3 mức 0,5m, 1,5m và 2m. Ta sẽ sử dụng số liệu ở 2 mức được dùng để tính toán còn số liệu ở mức còn lại được sử dụng để kiểm nghiệm kết quả tính. Riêng về gió nếu đã biết giá trị độ nhám Z_0 thì chỉ cần số liệu ở một mức là có thể tính được thông lượng động lượng, mức còn lại được dùng để kiểm nghiệm kết quả tính. Cơ sở của phương pháp tính toán thông lượng rối nhờ toán đồ như sau:

Khi mặt đệm phẳng (điều này khá phù hợp với trạm Hoài Đức), đồng nhất bỏ qua tạm thời hiệu ứng phân tầng ẩm, các giá trị đo được của tốc độ gió, nhiệt độ thế vị và độ ẩm riêng cho lớp sát đất viết được ở dạng:

$$U_i = \frac{U_*}{\chi} \left[f_u \left(\frac{Z_i}{L} \right) - f_u \left(\frac{Z_0}{L} \right) \right] \quad (i = 1, 2, \dots, N_u) \quad (1)$$

$$\theta_j = \theta_0 + T_* \left[f_\theta \left(\frac{Z_j}{L} \right) - f_\theta \left(\frac{Z_0}{L} \right) \right] \quad (j = 1, 2, \dots, N_\theta) \quad (2)$$

$$q_k = q_0 + q_* \left[f_a \left(\frac{Z_k}{L} \right) - f_a \left(\frac{Z_0}{L} \right) \right] \quad (k = 1, 2, \dots, N_q) \quad (3)$$

Ở đây :

$$L = - \frac{(\tau / \rho)^{3/2}}{\chi \beta H / C_p \rho} = - \frac{U_*^2}{\chi^2 \beta T_*} \quad (4)$$

$$U_* = \sqrt{\tau / \zeta} \quad (5)$$

$$T_* = - \frac{H}{\chi C_p \rho U_*} \quad (6)$$

$$q_* = -E / \chi \rho U_* \quad (7)$$

U_i, θ_j, q_k - các giá trị đo được của tốc độ gió, nhiệt độ thế vị và độ ẩm riêng ở các độ cao Z_i, Z_j, Z_k ;

N_u, N_θ, N_q - số lượng các mực đo, trong trường hợp của chúng ta số lượng các mực đo gió, nhiệt độ, độ ẩm là bằng nhau và bằng 2.

U_* - quy mô tốc độ (tốc độ động lực),

T_* - quy mô nhiệt độ,

q_* - quy mô độ ẩm,

L - quy mô độ dài (Mônin Obukhốp),

τ - thông lượng động lượng (ứng suất ma sát rối),

H - thông lượng nhiệt rối,

E - thông lượng ẩm (ẩn nhiệt hoá hơi),

ρ - mật độ không khí,

C_p - nhiệt dung đẳng áp,

χ - hằng số Karman.

Nếu ta đặt $\zeta = \frac{Z}{L}$ thì các hàm $f_u(Z/L), f_\theta(Z/L), f_a(Z/L)$ có thể viết là $f_u(\zeta),$

$f_\theta(\zeta), f_a(\zeta)$. Các hàm $f_u(\zeta), f_\theta(\zeta), f_a(\zeta)$ coi là trùng nhau [3] và được xác định theo công thức:

$$f_u(\zeta) = f_\theta(\zeta) \quad (8)$$

$$f_u(\zeta) = f_\theta(\zeta) = \begin{cases} \ln \zeta + 9,9 \zeta \dots & \text{khi } 0 < \zeta \\ \ln |\zeta| + 1,45 \zeta \dots & \text{khi } -0,16 \leq \zeta \leq 0 \\ 0,25 + 1,25 \zeta^{-1/3} & \text{khi } \zeta < -0,16 \end{cases} \quad (9)$$

$\varepsilon < 0$ phân tầng không ổn định,

$\varepsilon > 0$ phân tầng ổn định,

$\varepsilon = 0$ phân tầng phiếm định.

Điều kiện chúng ta xem xét trường hợp, khi chúng ta có hiệu của u, θ và q ở các độ cao $z_2 = h_m, z_1 = nh_m$.

Ở đây n là số bất kỳ nhỏ hơn 1. Ta ký hiệu:

$$\Delta U = U_2 - U_1; \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1; \Delta q = q_2 - q_1 \quad (10)$$

Viết lại các công thức (1)-(3) cho các mức z_2 và z_1

$$\text{Đặt các hiệu số: } \Delta U = U_2 - U_1; \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1; \Delta q = q_2 - q_1 \quad (11)$$

sử dụng các biểu thức:

$$U_* = \sqrt{\tau / \zeta} \quad (12)$$

$$T_* = -\frac{H}{\chi C_p \rho U_*} \quad (13)$$

$$q_* = -E / \chi \rho U_* \quad (14)$$

$$\rightarrow -\frac{U_*^2}{\chi \beta(T, \rho)} = \frac{U_*^2}{\chi^2 \beta T_*} = L$$

$$L = -\frac{(\tau / \rho)^{3/2}}{\chi \beta H / C_p \rho} = \frac{U_*^2}{\chi^2 \beta T_*} \quad (15)$$

Có thể chỉ ra rằng quan hệ của các đại lượng quan tâm U_* , H và E với các thông số của (11) được viết dưới dạng các tỷ số sau:

$$U_* / \Delta U = F_u(B_\Delta, n)$$

$$-H / C_p \rho \Delta U \Delta \theta = F_\theta(B_\Delta, n)$$

$$-E / \rho \Delta u \Delta q = F_a(B_\Delta, n)$$

$$B_\Delta = h m \beta \Delta \theta / (\Delta u)^2 \quad (16)$$

Vế phải của (16) là các hàm tổng hợp F_u , F_θ và F_a đơn điệu biểu diễn qua các hàm f_u , f_θ và f_a . Như vậy, sử dụng các biểu thức (8), (9) có thể với n bất kỳ xây dựng được các toán đồ không thứ nguyên để xác định vế bên trái của (16) theo các giá trị của thông số B_Δ . Cần ghi nhận là nhờ: $f_a(\xi) = f_\theta(\xi)$ có thể viết:

$$E / \Delta q = H / C_p \Delta \theta \quad (17)$$

suy ra các hàm F_u và F_θ trùng nhau. Việc xây dựng các đồ thị hàm số F_u và $F_a = F_\theta$ với các n khác nhau về nguyên tắc là khó khăn. Chúng ta giới hạn ở đây bằng việc xem xét tỷ mỹ hơn các trường hợp của các độ cao tiêu chuẩn của lưới trạm khí tượng thủy văn là $z_1 = 0,5m$ và $z_2 = 2m$. Các toán đồ ứng với các độ cao trên để xác định U_* và H biểu diễn trên các hình 1 và 2, khi xây dựng chúng lấy $C_p = 0,24 \text{ Kal/r}^* 2p\pi$; $\zeta = 1,3 \cdot 10^3 \text{ l/m}^2$. Vì các giá trị H và U_* đã biết nên các giá trị E và L dễ dàng tìm theo các công thức (15) và (17) các toán đồ riêng biệt để xác định chúng không được đưa ra.

Như thấy rõ từ hình 1, tốc độ động lực U_* đơn điệu tăng theo sự tăng của hiệu tốc độ gió ΔU và sự giảm của hiệu nhiệt độ $\Delta \theta$ (nói một cách khác với sự tăng của tốc độ gió u (bất ổn định thủy tĩnh). Sự phụ thuộc của thông lượng rối nhiệt H vào các thông số Δu và $\Delta \theta$ được biểu hiện trên hình 2 có đặc trưng phức tạp hơn. Khi $\Delta \theta < 0$

(phân tầng bất ổn định) ở đây một lần nữa thấy sự tăng đơn điệu của H khi tăng ΔU và sự giảm $\Delta\theta$; nhưng khi $\Delta\theta > 0$ trong trường hợp các giá trị của ΔU đủ nhỏ (chính xác hơn, các giá trị của $\Delta\theta/(\Delta U)^2$ đủ lớn thì sự tăng của $\Delta\theta$ dẫn tới sự giảm đi của $|H|$). Điều này được giải thích bởi sự tắt đi của trao đổi rối do tác dụng của ổn định thủy tĩnh [2]. Hình 1 toán đồ để xác định tốc độ động lực U_* , hình 2 toán đồ để xác định thông lượng nhiệt rối H theo hiệu các giá trị nhiệt độ và tốc độ gió quan trắc được ở các độ cao 2m và 0,5m.

Theo các trục tọa độ đặt các giá trị $\Delta U = U_{z=2m} - U_{z=0,5m}$ và $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

Trên các mặt phẳng tọa độ đặt các đường đẳng giá trị U_* bằng m/s và các đường đẳng giá trị H bằng cal/cm².ph.

Sau khi xác định được các thông số rối: U_* ; T_* ; q_* ; L; H; E ta sẽ xác định được các hàm tổng hợp (vận năng không thứ nguyên) F_u , F_θ và F_q và các giá trị cần tính: U_j ; θ_j ; q_k ;

3. Số liệu và tính toán

Để tính toán các đặc trưng trong lớp sát đất như gió, nhiệt độ và độ ẩm theo độ cao ở trạm Hoài Đức ta có thể sử dụng các số liệu quan trắc gradien nhiệt ẩm tại các mức 2m; 1,5m và 0,5m và gió ở các mực 10m và 2m. Theo phương pháp ta phải có số liệu quan trắc gradien tốc độ gió, nhiệt độ và độ ẩm tại hai mức 2m và 0,5m. Như vậy, để áp dụng toán đồ trong tính toán ta thiếu số liệu tốc độ gió ở mực 0,5m. Để có số liệu này chúng tôi đã nội suy tốc độ gió từ mức 2m về 0,5m theo công thức loga với độ nhám Zo trung bình năm do các tác giả Vương Quốc Cường và Lê Đình Quang xác định cho trạm Hoài Đức (bằng 0,016) [1]. Số liệu được đưa vào xem xét là số liệu của tháng I các năm 1993, 1996 và tháng VII các năm 1993 và 1998 với tổng số là 632 số liệu.

Để đảm bảo điều kiện dừng, đồng nhất của bài toán, các số liệu được đưa vào tính toán phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

1) Hướng gió giữa hai mức 2m và 10m không lệch nhau quá 22°.

2) Tốc độ gió ở mức 2m phải lớn hơn 0 và nhỏ hơn tốc độ gió ở mức 10m.

Kết quả là có 555 số liệu (đạt khoảng 88%, trong đó tháng I năm 1993 đạt 99,3%, tháng I năm 1996 đạt 80,9%, tháng VII năm 1993 đạt 100%, tháng VII năm 1998 đạt 86,2%) đảm bảo tính đồng nhất theo điều kiện của bài toán. Các trường hợp có $\varepsilon > 0$ (phân tầng ổn định) và $\varepsilon \leq 0$ (không ổn định và cân bằng) được tách ra để tính riêng. Số lượng các trường hợp ổn định phân chia như sau: Tháng I năm 1996 có 20 trường hợp, tháng I năm 1993 có 2 trường hợp, tháng VII năm 1998 có 3 trường hợp, tháng VII năm 1993 không có trường hợp nào, tổng cộng là 25 trường hợp. Kết quả tính toán các thông lượng rối được trình bày trong bảng 1 (không ổn định và cân bằng) và bảng 5 (ổn định).

Việc nội suy các giá trị tốc độ gió từ mực 2m cho mực 10m, nhiệt độ, độ ẩm từ mức 0,5m và 2m cho mực 1,5m được tiến hành theo công thức:

$$U_{10} = U_2 + \frac{U_*}{\chi} \left[f \left(\frac{10}{L} \right) - f \left(\frac{2}{L} \right) \right] \quad (18)$$

$$\theta_{1,5} = \theta_{0,5} + T_* \left[f \left(\frac{1,5}{L} \right) - f \left(\frac{0,5}{L} \right) \right] \quad (19)$$

$$\theta_{1,5} = \theta_2 - T_* \left[f \left(\frac{2}{L} \right) - f \left(\frac{1,5}{L} \right) \right] \quad (20)$$

$$q_{1,5} = q_{0,5} + q_* \left[f \left(\frac{1,5}{L} \right) - f \left(\frac{0,5}{L} \right) \right] \quad (21)$$

$$q_{1,5} = q_2 - q_* \left[f \left(\frac{2}{L} \right) - f \left(\frac{1,5}{L} \right) \right] \quad (22)$$

Kết quả nội suy được trình bày trong bảng 2,3, 4 (không ổn định và cân bằng) và 5, 6, 7 (ổn định).

4. Một số nhận xét và kiến nghị

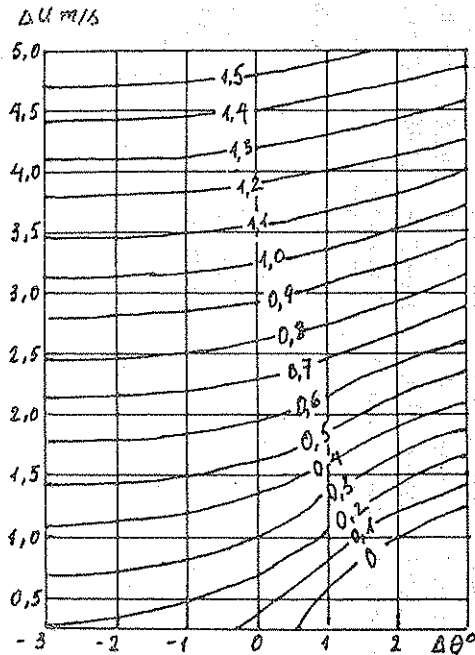
Giá trị Z_0 trung bình năm (bằng 0,016) do Vương Quốc Cường và Lê Đình Quang xác định cho trạm Hoài Đức là khá chính xác, đảm bảo cho các tính toán xác định các thông lượng rối tại trạm Hoài Đức. Giá trị Z_0 này nhỏ hơn nhiều so với giá trị Z_0 (lớn hơn 5m) tại tháp quan trắc lớp biên tại Viện Khí tượng Thủy văn [3].

Phương pháp tính toán các đặc trưng rối lớp sát đất có thể sử dụng để tính toán các đặc trưng lớp sát đất khi có các quan trắc gradien các yếu tố khí tượng giữa các mức 2m và 0,5m:

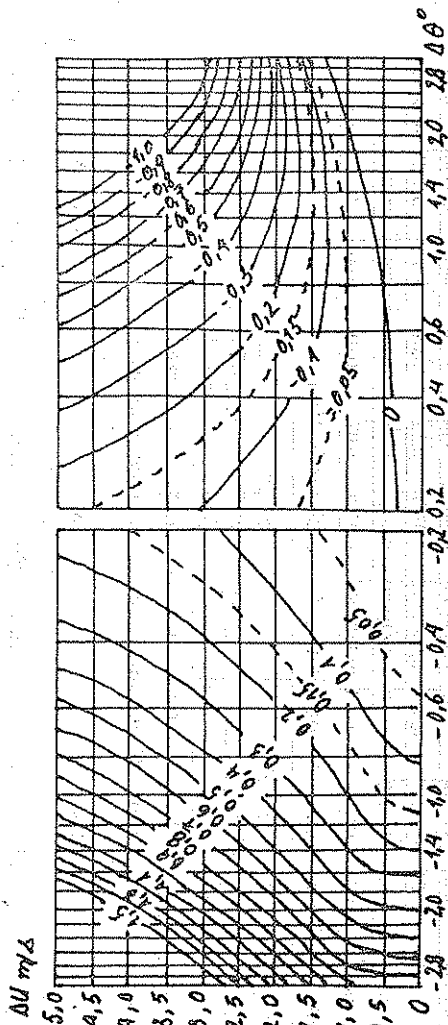
- Sai số nội suy nhiệt độ và độ ẩm riêng cho mức 1,5m từ 2m chính xác hơn từ mức 0,5m nhiều lần.

- Sai số nội suy tốc độ gió lớn hơn sai số nội suy nhiệt độ và độ ẩm riêng, điều này có thể giải thích được bởi sự ổn định của trường nhiệt độ và độ ẩm so với trường gió trong lớp sát đất.

- Sai số nội suy tốc độ gió khá lớn, sai số tuyệt đối trung bình 0,36m/s, lớn nhất lên đến 1,23 m/s đó là trường hợp tốc độ gió lớn hơn 7m/s, trường hợp ổn định là 1,17 khi tốc độ gió là 5,3m. Sai số tương đối trung bình về tốc độ gió là 12,6%, sai số tương đối lớn nhất trong một số trường hợp lên đến 120%, đó là những trường hợp tốc độ gió nhỏ hơn 0,5m/s. Điều này có thể giải thích bởi sai số tương đối của các máy đo gió khá lớn ở tốc độ nhỏ.



Hình 1. Toán đồ xác định tốc độ động lực theo các quan trắc gradien của tốc độ gió và nhiệt độ giữa các mức 0,5m và 2m



Hình 2. Toán đồ xác định thông lượng nhiệt rối thẳng đứng theo các quan trắc gradien của tốc độ gió và nhiệt độ giữa các mức 0,5m và 2m

Các số liệu bị loại ra do không đảm bảo điều kiện đồng nhất (tốc độ gió bằng 0 hoặc ở tầng dưới lớn hơn so với tầng trên) càng ngày càng lớn, điều đó cho thấy việc đảm bảo đo lường (thay ổ bi, bảo dưỡng, hiệu chuẩn máy gió...) làm chưa được tốt. Trường hợp số liệu tháng VII năm 1998 tỷ lệ số liệu đạt tốt hơn tháng I năm 1996 được giải thích bởi các máy đo gió này đã được bảo dưỡng trước đó (tháng V năm 1998), vì vậy cần lưu ý bảo đảm bảo đo lường học cho các thiết bị trong quan trắc khí tượng lớp biên đặc biệt là các máy đo gió.

Tài liệu tham khảo

1. Vương Quốc Cường, Lê Đình Quang. Xác định độ nhám Z_0 và hệ số m trong công thức biến đổi gió theo quy luật lũy thừa tại Trạm Hoài Đức. Tạp chí KTTV tháng 1 năm 1999.
2. Zilichinkevich. Động lực học lớp biên khí quyển. NXB KTTV, Leningrat, 1970.
3. Nguyễn Lê Tâm. Xác định một số đặc trưng lớp sát đất trên cơ sở số liệu của tháp khí tượng tại Viện Khí tượng Thủy văn. Tạp chí KTTV tháng 3 năm 2002.

Bảng 1. Kết quả tính các đặc trưng lớp đất tại trạm Hoà Hải Đức

Thời gian	U.		L		T.		q.		H		E							
	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min						
T1_93	0,2154	0,57	0,1	-11656,9	-1140,7	-52204,6	-0,001	-0,0005	-0,0045	-0,0042	0,184	-0,0436627	0,0273	0,2	0,01	0,0004	0,00629	-0,0184
T7_93	0,196	0,32	0,1	-12936,5	-208,45	-72937,5	-0,0018	-0,0003	-0,0154	-0,0243	0,017	-0,0609864	0,0367	0,25	0,01	0,0017	0,0047	-0,0012
T1_96	0,2142	0,5	0,08	-10360,4	-594,61	-176208	-0,0016	-0,0002	-0,0035	-0,0408	0	-0,0825989	0,0421	0,13	0,01	0,0035	0,01024	0
T7_98	0,2245	0,5	0,09	-13413,9	-1192,4	-80147,9	-0,001	-0,0003	-0,0023	-0,0574	-0,013	-0,1187193	0,0268	0,07	0,01	-0,005	-0,00087	-0,0105

Bảng 2. Kết quả nội suy tốc độ gió từ mức 2m cho mức 10m

Thời gian	U10t (nội suy từ 2m)		U10t-U10d	
	TB	max	min	TB
T7_93	2,60012	5,0872	0,59992	0,40679
T1_96	2,74697	7,1113	0,41799	0,3659
T7_98	3,23198	7,7115	0,36063	0,41585

Bảng 3. Kết quả nội suy nhiệt độ cho mức 1,5m từ các mức 0,5m và 2m

Thời gian	T1.5t (nội suy từ 0,5m)				T1.5t-T1.5d (nội suy từ 2m)				T1.5t-T1.5d				
	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB
T1_93	15,7212	25,699	6,29912	0,38866	1,5991	-0,2018	15,3336	25,7	5,00023025	0,0003	0,00128	0,000136	0,0003
T7_93	30,0202	35,699	12,5982	0,30468	0,6984	-0,2003	29,7161	35,5	12,4004609	0,0005	0,00438	7,44E-05	0,0005
T1_96	17,8313	26,4	11,8977	0,23368	0,3994	0,09801	17,598	26,2	11,7006139	0,0005	0,00101	5,49E-05	0,0005
T7_98	30,6565	37,399	12,5982	0,27745	0,5991	-0,2016	30,3793	37,1	12,4004609	0,0003	0,00066	7,2E-05	0,0003

Bảng 4. Kết quả nội suy độ ẩm riêng cho mức 1,5m từ các mức 0,5m và 2m

Thời gian	q1.5t (nội suy từ 0,5m)				q1.5t-q1.5d				q1.5t (nội suy từ 2m)				q1.5t-q1.5d			
	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB
T1_93	10,7648	17,425	4,08547	0,15092	0,5899	-0,6219	10,7306	18,63	4,0433349	0,1133	1,9991	-0,65411	0,1133			
T7_93	24,5624	27,277	8,81487	0,28111	0,6809	-0,285	24,3512	26,85	8,49766783	0,0699	0,32431	-0,40213	0,0699			
T1_96	13,4629	19,221	7,46367	0,32793	0,6918	-0,2096	13,1044	19,02	7,421421	-0,031	0,25082	-0,49838	-0,031			
T7_98	26,6059	30,316	8,77866	0,20659	0,9059	-1,1395	26,1242	29,6	8,49766783	-0,275	0,22945	-2,08044	-0,275			

Bảng 5. Kết quả tính các đặc trưng lớp đất tại trạm Hoài Đức (ổn định)

Thời gian	U.		L.		T*		q*		H.		E.						
	TB	max/min	TB	max/min	TB	max/min	TB	max/min	TB	max/min	TB	max/min					
T1-96	0,151	0,28	0,11	10424,3	51406,9	3087,3	0,00057	0,00073	0,00029	-0,0055	0,01678	-0,019	-0,01	0,0004	0,001892	-0,00107	
T1-93	0,175	0,25	0,1	4182,36	6119,11	2245,61	0,00136	0,00192	0,0008	0,27926	0,60937	-0,051	-0,035	-0,01	0,0072	0,014625	-0,0002
T7-98	0,29	0,44	0,14	20173,7	34093,6	6665,8	0,00083	0,00109	0,00057	-0,0583	-0,0354	-0,073	-0,0333	-0,01	0,006	0,007669	0,004107

Bảng 6. Kết quả nội suy tốc độ gió từ mức 2m cho mức 10m

Thời gian	U10t (nội suy từ 2m)			U10t-U10d		
	TB	max	min	Tb	max	min
T1-96	2,24502	4,12768	0,78879	0,20502	0,587	-0,5503
T1-93	2,70073	4,59781	0,80365	0,40073	0,4978	0,30365
T7-98	4,17005	6,47294	2,36746	0,83672	1,1729	0,26746

Bảng 7. Kết quả nội suy nhiệt độ cho mức 1,5m từ các mức 0,5m và 2m

Thời gian	T1,5t (nội suy từ 0,5m)			T1,5t-T1,5d			T1,5t (nội suy từ 2m)			T1,5t-T1,5d		
	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min
T1-96	19,9506	23,6003	17,8007	0,26063	0,50074	0,10059	19,69	23,3999	17,3	-0	-8E-05	-0,00021
T1-93	15,8245	22,0813	9,5676	-0,1255	0,0676	-0,3187	16,06	22,5994	9,5	0,1	0,1994	-0,00023
T7-98	31,5009	32,9009	29,2012	0,00091	0,1012	-0,1994	31,5	32,7998	29,1	-0	-2E-04	-0,00031

Bảng 8. Kết quả nội suy độ ẩm riêng cho mức 1,5m từ các mức 0,5m và 2m

Thời gian	q1,5t (nội suy từ 0,5m)			q1,5t-q1,5d			q1,5t (nội suy từ 2m)			q1,5t-q1,5d		
	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min
T1-96	11,9848	16,8567	7,63282	0,06893	0,37019	-0,2225	11,969	16,8496	7,531	0,05	0,8944	-0,32441
T1-93	12,0846	16,5699	7,5993	0,12828	0,26187	-0,0053	11,946	16,266	7,626	-0,01	0,0211	-0,04202
T7-98	25,0774	28,8239	22,0958	-0,0543	0,35247	-0,4314	24,562	28,2292	21,49	-0,57	0,0077	-1,0394