

XÁC ĐỊNH MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG LỚP SÁT ĐẤT TRÊN CƠ SỞ SỐ LIỆU CỦA THÁP KHÍ TƯỢNG TẠI VIỆN KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Nguyễn Lê Tâm

Vụ Khoa học Kỹ thuật - Tổng cục KTTV

1. Mở đầu

Xác định các đặc trưng lớp không khí sát mặt đất là bài toán luôn được các nhà nghiên cứu quan tâm bởi tính khoa học và ứng dụng của nó (dự báo sương mù, sương giá, tính toán chế độ gió phục vụ cất hạ cánh của máy bay, tính toán lan truyền nhiễm bẩn, tính toán thiết kế các công trình xây dựng cao tầng...). Lớp sát đất này có độ dày khoảng 10-100m và còn được gọi là lớp đệm. Ở đây theo quy luật, thường quan sát thấy gradien cực đại của các yếu tố khí tượng. Đặc điểm quan trọng của lớp sát đất làm ta tách nó ra khỏi lớp biên là tính gần như không thay đổi theo độ cao của các thông lượng rối. Mặc dù các quá trình trong lớp này quan hệ chặt chẽ với các quá trình trong toàn bộ lớp biên, nhưng thông thường để giải hàng loạt các bài toán quan trọng người ta chỉ cần lập những quan hệ bên trong giữa các yếu tố khí tượng và các đặc trưng của chuyển động rối chỉ trong lớp sát mặt đất [1]. Người ta có thể xác định các đặc trưng rối lớp sát đất theo hai phương pháp:

- Phương pháp trực tiếp tin cậy hơn cả. Nó dựa trên cơ sở xác định các giá trị xung gió theo phương thẳng đứng w' , theo phương ngang u' , xung nhiệt độ T' và xung độ ẩm riêng q' để tính toán các đặc trưng tương tác giữa khí quyển và mặt đệm là: thông lượng xung rối thẳng đứng của gió $\tau = -\rho w' u'$, của nhiệt độ $H = C_p \rho w' T'$ và của hơi nước $E = \rho w' q'$ sau đó tính toán các đặc trưng gió, nhiệt độ địa thế vị và độ ẩm theo độ cao bằng cách thay thế lấy trung bình hoá theo quần thể bằng lấy trung bình hoá theo thời gian [2]. Phương pháp dựa trên các thiết bị đo xung phức tạp, đắt tiền và sử dụng rộng rãi sẽ gặp khó khăn, vậy người ta tìm cách xác định chúng một cách gián tiếp.
- Phương pháp gián tiếp có thể áp dụng một cách rộng rãi. Để xác định các thông lượng người ta sử dụng các số liệu quan trắc gradien, tức là quan trắc các giá trị trung bình của tốc độ gió, nhiệt độ và độ ẩm ở các độ cao khác nhau trên mặt đất.

Trên cơ sở phương pháp này Viện KTTV đã đặt một tháp quan trắc khí tượng lớp sát mặt đất để nghiên cứu các đặc trưng lớp biên sát mặt đất tại khu vực Láng. Các thông số kỹ thuật và độ cao đặt các đầu đo của trạm được đưa ra trong bảng 1 và sơ đồ mặt bằng nơi đặt trạm được trình bày trong hình 1. Với mục đích đạt được tính đồng nhất của trường các yếu tố khí tượng người ta đặt đầu đo thấp nhất ở độ cao 20m để tránh ảnh hưởng của nhà cao tầng đến trường yếu tố khí tượng cần đo đạc.

2. Phương pháp tính toán

Để tính toán, chúng tôi đã áp dụng phương pháp tính toán các thông lượng rối trên cơ sở các số liệu quan trắc gradien đã được sử dụng để tính toán các đặc trưng lớp biên tại Viện khí tượng thực nghiệm Liên Xô cũ do Zilichinkevich đề xuất. Cơ sở của phương pháp như sau:

Trong trường hợp mặt đệm phẳng, đồng nhất, bỏ qua tạm thời hiệu ứng phản tăng âm, 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:

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

$$\theta_j = \theta_0 + T_* \left[f_\theta \left(\frac{Z_j}{L} \right) - f_\theta \left(\frac{Z_0}{L} \right) \right] \quad (j = 1, 2, \dots, No) \quad (2)$$

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

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 ;

Nu, No, Nq - 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 5.

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 Obukhôn),

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 $f_u(Z_i/L)$, $f_\theta(Z_j/L)$, $f_a(Z_k/L)$ 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 [1] 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.

Ở đây cần nhớ rằng các hệ số trong công thức (9) được điều chỉnh trên cơ sở số liệu thực nghiệm sao cho kết quả tính toán có sai số nhỏ nhất so với kết quả quan trắc. Với chuỗi số liệu các tháng VII, VIII, IX năm 2001, chúng tôi đã xác định các hệ số này có sự thay đổi chút ít như sau:

$$f_u(\zeta) = f_\theta(\zeta) = \begin{cases} \ln \zeta + 9,9\zeta \dots & \text{khi } 0 < \zeta \\ \ln|\zeta| + 1,45\zeta \dots & \text{khi } -0,16 \leq \zeta \leq 0 \\ 0,25 + 1,15\zeta^{-1/3} & \text{khi } \zeta < -0,16 \end{cases} \quad (10)$$

Khi nội suy các số liệu đo đạc trong lớp sát mặt đất của khí quyển, sự khác biệt giữa các gradien thẳng đứng của nhiệt độ thế vị và nhiệt độ tuyệt đối không đáng kể. Vì vậy, các hiệu của các giá trị θ ở các mức chúng ta xem xét có thể coi là đồng nhất với các độ lệch của các giá trị nhiệt độ tuyệt đối; hoặc là nhiệt độ đo bằng độ C.

Như vậy, ở trên có $N_u + N_\theta + N_q + 1$ phương trình liên hệ các ẩn số U_* , T_* , q_* , L , z_0 , θ_0 và q_0 . Nhiệm vụ của chúng ta là tìm 3 ẩn số đầu tiên từ các đại lượng này tương ứng xác định các thông lượng rối τ , H và E . Mặt khác, trong nhiều trường hợp, người ta muốn quan tâm cả các đại lượng như L , z_0 , θ_0 , và q_0 .

Giải hệ phương trình (1)-(7) khi L cố định bằng phương pháp bình phương tối thiểu, chúng ta nhận được biểu thức sau biểu diễn từng ẩn số thông qua các số liệu đo đạc và quy mô độ dài L :

$$\frac{U_*}{\chi} = \frac{N \sum_{n=1}^N U_n f_u(Z_n/L) - \sum_{n=1}^N U_n \sum_{n=1}^N f_u(Z_n/L)}{N \sum_{n=1}^N f_u^2(Z_n/L) - \left[\sum_{n=1}^N f_u(Z_n/L) \right]^2} \quad (11)$$

$$U_* = -\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [U_n - U_* f_u(Z_n/L)] = -\frac{U_*}{\chi} f_u(Z_n/L) \quad (12)$$

$$T_* = \frac{N \sum_{n=1}^N \theta_n f_\theta(Z_n/L) - \sum_{n=1}^N \theta_n \sum_{n=1}^N f_\theta(Z_n/L)}{N \sum_{n=1}^N f_\theta^2(Z_n/L) - \left[\sum_{n=1}^N f_\theta(Z_n/L) \right]^2} \quad (13)$$

$$\theta_* = -\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [\theta_n - \theta_* f_\theta(Z_n/L)] = \theta_o - T_* f_\theta(Z_n/L) \quad (14)$$

$$L = \frac{U_*^2}{\chi^2 \beta T_*} \quad (15)$$

$$q_* = \frac{N \sum_{n=1}^N q_n f_a(Z_n/L) - \sum_{n=1}^N q_n \sum_{n=1}^N f_a(Z_n/L)}{N \sum_{n=1}^N f_a^2(Z_n/L) - \left[\sum_{n=1}^N f_a(Z_n/L) \right]^2} \quad (16)$$

$$Q_* = -\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [q_n - q_* f_a(Z_n/L)] = q_o - q_* f_a(Z_n/L) \quad (17)$$

$$\varepsilon = \frac{Z}{L}$$

$$f_a\left(\frac{Z}{L}\right) = f_\theta\left(\frac{Z}{L}\right) = f_u\left(\frac{Z}{L}\right) = \begin{cases} \ln \zeta + 9,9\zeta & \text{khi } 0 < \zeta \\ \ln|\zeta| + 1,45\zeta & \text{khi } -0,16 \leq \zeta \leq 0 \\ 0,24 + 1,15\zeta^{-1/3} & \text{khi } \zeta < -0,16 \end{cases} \quad (18)$$

$$Z_o = |L| e^{-\chi U_*}; \quad \theta_o = \theta_* + T_* \frac{\chi U_*}{U_*}; \quad q_o = \theta_* + q_* \frac{\chi U_*}{U_*} \quad (19)$$

$$\chi = 0.4 \quad (20)$$

$$H = -T_* \chi C_p \zeta U_*; \quad E = -q_* \chi U_*$$

Như vậy, để tính toán được các đặc trưng rối theo phương pháp này ta phải có số liệu quan trắc ít nhất ở 3 mức.

3. Số liệu

Để tính toán các đặc trưng rối, chúng tôi đã sử dụng các số liệu quan trắc gradien của các yếu tố khí tượng đo được trong các tháng VII, VIII, IX năm 2001 ở 3 mức 20, 30 và 50m (bảng 1). Khi xem xét các số liệu quan trắc được mặc dù đã đặt các đầu đo ở mức thấp nhất là 20m nhưng vẫn thấy một số lần quan trắc (có tới 23% trường hợp) các số liệu không đảm bảo điều kiện đồng nhất của trường yếu tố khí tượng đo bài toán đặt ra. Để đảm bảo sự đồng nhất của trường khí tượng đưa vào tính toán, các số liệu trong một lần quan trắc phải đảm bảo các điều kiện sau:

- Không có giá trị tốc độ gió ở tầng dưới lớn hơn ở tầng trên.
- Hướng gió ở tầng 20m lệch so với hướng gió ở tầng 60m không quá 22° .

Nếu so sánh với các số liệu khí tượng ở Trạm khí tượng nông nghiệp Hoài Đức thì tỷ lệ số liệu đảm bảo được tính đồng nhất ở đây lên tới 99% (so với 87% của tháp khí tượng lớp biên tại Viện KTTV), điều này có thể giải thích bởi sự ảnh hưởng của các khối nhà cao tầng xung quanh Viện và dạng bề mặt của hai địa điểm là rất khác nhau. Những khối nhà cao tầng xung quanh tháp khí tượng lớp biên tại Viện KTTV chắc chắn sẽ ảnh hưởng nhiều tới sự đồng nhất của trường các yếu tố khí tượng.

Sau khi loại bỏ các số liệu không đảm bảo tính đồng nhất để xem xét tới sự ảnh hưởng ở các hướng khác nhau tới trường các yếu tố khí tượng chúng tôi chia số liệu theo hướng không bị chắn bởi các toà nhà cao tầng (từ khoảng 135⁰ đến hướng 225⁰) và bị chắn (các hướng còn lại).

Bảng 1. Các đầu đo của tháp khí tượng tại Viện Khí tượng Thủy văn

Tên đầu đo	Ký hiệu	Dải đo	Khoảng thời gian đo (s)	Độ cao đặt đầu đo (m)
Tốc độ gió	WS1	0...65 m/s	3	60
Hướng gió	WD1	0...360 ⁰	3	
Nhiệt độ không khí	TA1	- 40...60 ⁰ C	30	
Độ ẩm không khí	RH1	0,8...100%	30	
Tốc độ gió	WS2	0...65 m/s	3	50
Hướng gió	WD2	0...360 ⁰	3	
Nhiệt độ không khí	TA2	- 40...60 ⁰ C	30	
Độ ẩm không khí	RH2	0,8...100%	30	
Tốc độ gió	WS3	0...65 m/s	3	40
Hướng gió	WD3	0...360 ⁰	3	
Nhiệt độ không khí	TA3	- 40...60 ⁰ C	30	
Độ ẩm không khí	RH3	0,8...100%	30	
Tốc độ gió	WS3	0...65 m/s	3	30
Hướng gió	WD3	0...360 ⁰	3	
Nhiệt độ không khí	TA3	- 40...60 ⁰ C	30	
Độ ẩm không khí	RH3	0,8...100%	30	
Tốc độ gió	WS3	0...65 m/s	3	20
Hướng gió	WD3	0...360 ⁰	3	
Nhiệt độ không khí	TA3	- 40...60 ⁰ C	30	
Độ ẩm không khí	RH3	0,8...100%	30	
Áp suất không khí	PA1	800...1060hPa	60	20
Lượng mưa	PR1	0.2mm/xung	60	20
Bức xạ mặt trời	SR1	0...1500w/m ²	60	20

Như vậy, hướng bị chắn trong các tháng như sau: Tháng VII ca sáng: 85%, tháng VII ca chiều: 100%, tháng VIII ca sáng: 90%, tháng VIII ca chiều: 73%, tháng IX ca sáng: 96%, tháng IX ca chiều: 60%. Như vậy, hướng gió thịnh hành trong các tháng VII, VIII, IX là hướng bị chắn, bởi các toà nhà cao tầng xung quanh Viện KTTV.

Bảng 2. Tần suất hướng gió (%) các tháng VII, VIII, IX năm 2001

	0-45°	45-90°	90-135°	135-180°	180°-225°	225-270°	270-315°	315-360°
T7-sáng	12	9	37	15	0	6	9	12
T7-chiều	100	0	0	0	0	0	0	0
T8-sáng	35	18	10	10	0	5	9	13
T8-chiều	14	12	29	27	0	4	7	7
T9-sáng	35	7	4	2	2	0	24	26
T9-chiều	15	5	12	29	11	7	13	8

4. Tính toán

Chương trình tính được viết bằng ngôn ngữ Visual Foxpro với số liệu trung bình các ca sáng (6h30ph) và chiều (18h30ph) trùng với các ca thả máy thám không với mục đích kết hợp hai nguồn số liệu để tính toán các đặc trưng lớp biên phía trên (sẽ được đề cập đến trong một dịp khác). Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 3.

Trên cơ sở các đặc trưng rối có thể tính được profin các yếu tố khí tượng rối gió, nhiệt và ẩm cho hai mức còn lại là 20m và 60m, kết quả được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả tính toán các đặc trưng lớp sát đất

u _s (m/s)	u* (m/s)	T _s (°K)	θ* (°K)	q _s (g/m ³)	Q* (g/m ³)	L	Z _n (m)	q ₀ (g/m ³)	θ _n (°K)	Π (cal/ cm ² .ph)	E (cal/ cm ² .ph)
0,48	3,93	-0,25	299,5	-0,076	23,17	-181,4	7,5	22,92	298,7	15,97	0,0158
0,73	6,52	-0,35	302,3	-0,296	21,07	-296,6	8,6	20	301	33,9	
0,48	4,45	-0,24	298,8	-0,137	2,95	-187,5	5	21,45	297,9	15,9	0,029
0,53	4,85	-0,30	301,7	-0,24	21,14	-179,4	4,6	20,25	300,6	20,9	0,054
0,47	3,99	-0,25	298,1	-0,058	20,72	-170	6,1	20,52	297,2	15,76	0,012
0,47	4,06	-0,24	301,9	-0,196	19,4	-180	6	18,76	301,12	14,9	0,0397

Trên cơ sở các đặc trưng lớp biên tính toán được chúng tôi đã nội suy giá trị các yếu tố khí tượng ở các mức 40m từ 30m và 60m từ 50m, công thức nội suy như sau:

$$U_n = U_{n-1} + \frac{U_*}{\chi} \left[f\left(\frac{Z_n}{L}\right) - f\left(\frac{Z_{n-1}}{L}\right) \right] \quad (21)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + T_* \left[f\left(\frac{Z_n}{L}\right) - f\left(\frac{Z_{n-1}}{L}\right) \right] \quad (22)$$

$$q_n = q_{n-1} + q_* \left[f\left(\frac{Z_n}{L}\right) - f\left(\frac{Z_{n-1}}{L}\right) \right] \quad (n=1,2,\dots,5) \quad (23)$$

Bảng 4. Giá trị các yếu tố khí tượng ở mức 40m nội suy từ 30m

Yếu tố	Tháng VII		Tháng VIII		Tháng IX	
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều
U _{tính}	1,85	2,41	2,46	2,82	1,90	2,24
U _{đo}	1,93	2,68	2,34	2,7	2,1	2,1
ΔU	-0,07	-0,27	0,2	0,12	-0,2	0,14
θ _{tính}	27,06	30,23	26,4	29,27	25,55	29,5
θ _{đo}	27	30,1	26,37	29,28	25,57	29,44
$\Delta \theta$	0,06	0,13	0,03	-0,11	-0,02	0,06
q _{tính}	19,69	19,64	30,65	29,01	20,88	19,62
q _{đo}	19,8	19,8	30,8	30,6	21,3	19,8
Δq	-0,11	-0,16	-0,15	-1,6	-0,42	-0,18

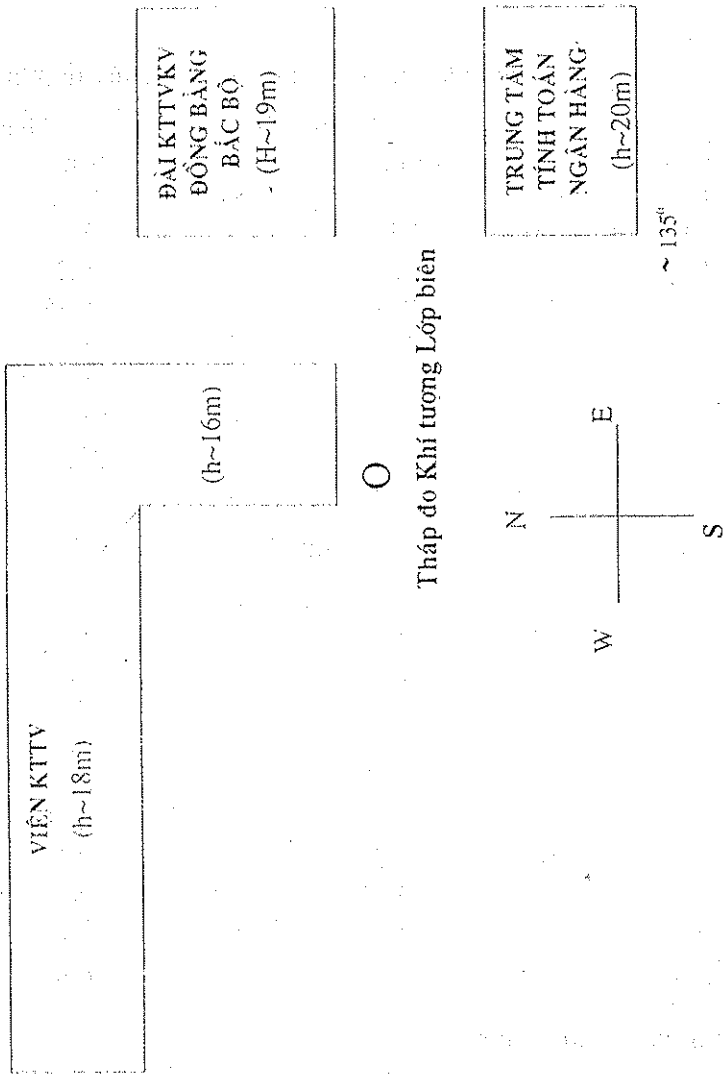
Bảng 5. Giá trị các yếu tố khí tượng ở mức 60m nội suy từ 50m

Yếu tố	Tháng VII		Tháng VIII		Tháng IX	
	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều	Sáng	Chiều
U _{tính}	2,22	3,3	2,65	2,99	2,44	2,43
U _{đo}	2,23	3,38	2,72	3,04	2,32	2,46
ΔU	-0,01	-0,08	-0,07	-0,05	0,12	-0,3
θ _{tính}	26,87	29,9	26,25	29,08	25,38	29,28
θ _{đo}	26,7	29,74	26,05	28,9	25,24	29,1
$\Delta \theta$	0,17	0,16	0,20	0,18	0,14	0,18
q _{tính}	20,7	19,97	30,7	30,17	20,7	19,98
q _{đo}	20,1	19,20	29,7	29	20,1	19,2
Δq	0,60	-0,77	1	1,17	0,60	0,78

5. Một số nhận xét và kiến nghị

Từ những tính toán trên chúng tôi có một số nhận xét và kiến nghị sau:

- Hoạt động của tháp khí tượng lớp biên tại Viện KTTV khá ổn định, số liệu quan trắc trong các tháng VII, VIII, IX là tin cậy được.
- Ưu điểm của phương pháp tính này so với phương pháp nội suy các yếu tố khí tượng trong lớp sát đất cố định theo quy luật lũy thừa hay loga là tính tới mọi sự phân tầng khí quyển mà chọn công thức nội suy phù hợp.
- Sai số giữa giá trị các yếu tố khí tượng tính toán với các giá trị thực đo không lớn. Sai số tuyệt đối lớn nhất về tốc độ gió là 0,27m/s, về nhiệt độ là 0,18^oC, về độ ẩm là 1,17g/m³. Kết quả này chứng tỏ phương pháp tính toán là thích hợp.
- Ảnh hưởng của các tòa nhà cao tầng xung quanh Viện KTTV đến các đặc trưng lớp biên đặc biệt là chế độ gió khá mạnh (trong các trường hợp tính toán giá trị Zo đều không nhỏ hơn 5m. trong khi đó đối với Trạm Khí tượng Nông nghiệp Hoài Đức [4] giá trị Zo trung bình năm là 0,016m).
- Cần tiếp tục quan trắc để xác định ảnh hưởng của môi trường xung quanh đến chế độ bức xạ nhiệt và phân bố các đặc trưng lớp biên sát đất theo mùa và năm phục vụ cho các ứng dụng khác.



Hình 1. Sơ đồ mặt bằng Tháp Khí tượng tại Viện KTTV

Tài liệu tham khảo

1. Atmospheric turbulence and air pollution modelling - A course held in Hague, 21-25 september, 1981. D. Reidel Publishing Company.
2. Laikhman - Vật lý lớp biên khí quyển. NXB KTTV, Leningrat, 1970.
3. Zilichinkevich - Động lực học lớp biên khí quyển. NXB KTTV, Leningrat, 1970.
4. 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 lý thừa tại Trạm Hoài Đức. Tạp chí KTTV tháng 1 năm 1999.