

XÁC ĐỊNH ĐỘ NHÁM Z_0 VÀ HỆ SỐ M TRONG CÔNG THỨC BIẾN ĐỔI GIÓ THEO QUI LUẬT LUỸ THỪA TẠI TRẠM HOÀI ĐỨC

PTS. Vương Quốc Cường

GS. Lê Đình Quang

Viện Khí tượng Thủy văn

I. Đặt vấn đề

Một trong những đặc trưng cơ bản nhất của lớp biên khí quyển nói chung, và của lớp sát đất nói riêng là profin tốc độ gió. Để tính profin gió có rất nhiều công thức thực nghiệm. Song về bản chất vật lý, gió phụ thuộc vào độ nhám của mặt đệm và tầng kết khí quyển mà chúng được xác định bằng nhiều cách khác nhau. Dưới đây chúng ta xem xét ý nghĩa của độ nhám Z_0 .

Độ nhám xác định qui mô đặc trưng của xoáy gần mặt hoạt động và cường độ phát sinh năng lượng xoáy trong miền. Tham số nhám ở mức độ lớn điều hành và trao đổi năng lượng giữa mặt hoạt động và khí quyển. Tham số nhám Z_0 có thứ nguyên là độ dài và chỉ phụ thuộc vào số Reynold Re_0 đối với mặt có độ cao trung bình gồ ghề h_0 . Nó được biểu thị dưới dạng [1].

$$Z_0 = h_0 \mathcal{J}_0(Re_0)$$

$$\text{Ở đây } Re_0 = \frac{V_*}{\nu}$$

V_* - tốc độ động lực,

ν - hệ số nhớt,

$\mathcal{J}_0(Re_0)$ - hàm vạn năng không thứ nguyên.

Khi $Re_0 \ll 1$, mặt đệm có thể xem như phẳng động lực và độ gồ ghề của nó hoàn toàn bị chìm trong lớp nhớt. Điều đó có nghĩa rằng đại lượng h_0 có được từ số các tham số xác định. Như thế hàm $\mathcal{J}_0$ dẫn đến như là $1/Re_0$ và biểu thức Z_0 có dạng:

$$Z_0 = \frac{m_0 \nu}{V_*}$$

m_0 - hằng số không thứ nguyên.

Kết quả này cũng đã khẳng định bằng các số liệu thực nghiệm.

Nikuratz (1933) đo dòng chảy của nước trong ống hình tròn, với điều kiện $Re_0 < 4$ ở trong miền độ cao $Z > 30h_0$, nhận được giá trị $m_0 \approx 0,1$.

Song chú ý rằng trong lớp sát đất của khí quyển không giống như trong kỹ thuật. Tình huống nói trên là không thực tế. Thực chất trong khí quyển giá trị tốc độ ma sát có bậc từ 10 đến 100cm/s. Vì vậy đối với không khí $\nu = 0,3\text{cm}^2/\text{s}$ thì nhận

được giá trị h_v không vượt quá 1-2 mm. Độ cao gồ ghề của đất thực tế thường đo được không nhỏ hơn cm.

Trường hợp giới hạn (mặt nhám hoàn toàn phẳng động lực) chỉ có khi $Re_0 \gg 1$ và là đặc trưng đối với khí tượng. Ở đây dòng chảy gần bề mặt được hình thành bởi tổng hợp các xoáy rối, chúng được sinh ra khi chảy bao độ gồ ghề riêng biệt. Hiển nhiên rằng profin tốc độ gió trung bình khi này sẽ không phụ thuộc vào hệ số nhớt động lực ν . Nói cách khác, với các giá trị lớn hơn của đối số hàm $\mathcal{N}_0$ cần phải tiến đến giá trị hằng số nào đấy. Ký hiệu giá trị này qua m_1 . Như vậy nhận được

$$Z_0 = m_1 h_0$$

Một số kết quả thực nghiệm xác định rằng với $Re_0 > 60$ thì m_1 nhận giá trị 0,03. Trong trường hợp đo đạc trong lớp biên khí quyển trên bề mặt cỏ, giá trị m_1 nhận được khoảng 0,1.

Trong thực hành tính toán giá trị Z_0 được dẫn ra ở bảng 1 [1].

Bảng 1. Giá trị Z_0 theo các dạng bề mặt

Dạng bề mặt	Z_0 (cm)
Mặt tuyết rất phẳng hay mặt băng	0,001
Tuyết phẳng trên cỏ thấp	0,005
Sa mạc	0,03
Mặt tuyết có bụi cây nhỏ	0,1
Thảm cỏ với độ cao 1,5cm	0,2
3cm	0,7
4,5cm khi $V_2 = 2m/s$	2,4
$V_2 = 6-8m/s$	1,7
Cỏ cao (60-70 cm) khi $V_2 = 1,5m/s$	9,0
$V_2 = 3,5m/s$	6,1
$V_2 = 6,2m/s$	3,7
Cây cao khoảng 10m	100
Công viên	50
Thành phố với nhà tầng cao	100

II. Bài toán

Một số kết quả nghiên cứu của nước ngoài cho thấy ban ngày tốc độ gió biểu thị tốt theo qui luật lũy thừa, còn ban đêm theo qui luật lôga.

Bài toán đặt ra là với số liệu quan trắc về gió và dựa trên công thức tính gió sát đất sau để tính Z_0 và m trong các công thức dưới đây:

$$V_z = V_{10}^* \frac{\ln Z - \ln Z_0}{\ln 10 - \ln Z_0} \quad (1)$$

$$\text{và} \quad V_z = V_{10} * (Z/10)^m \quad (2)$$

Hệ số m phụ thuộc vào rỗi, tầng kết khí quyển và điều kiện địa vật - lý địa phương.

Trong bài báo này chúng tôi xác định Z_0 và m cho các tháng 1,4,7,10 là các tháng đặc trưng theo mùa và năm nhằm xác định sự biến động về giá trị Z_0 và m theo tháng và năm theo số liệu quan trắc gió ở trạm Hoài Đức (Hà Nội) trên độ cao 2 và 10 mét theo máy Vaisala MILOS - 500.

1. Xác định điều kiện chọn số liệu để tính toán

- Khi lặng gió thì số liệu này không tham gia vào tính toán.
- Với giả thiết gió sát đất được xác định theo công thức (1). Vậy từ (1) ta có

$$V_2 / V_{10} = \frac{\ln 2 - \ln Z_0}{\ln 10 - \ln Z_0} \quad (3)$$

Vì Z_0 nhỏ hơn 1, từ (3) dễ dàng chứng minh được

$$V_2 / V_{10} > 0,3$$

Mặt khác $V_{10} > V_2$, vậy

$$1 > V_2 / V_{10} > 0,3 \quad (4)$$

Điều kiện (4) được sử dụng để chọn số liệu trong tính toán.

2. Cách xác định Z_0 và hệ số m

a) Xác định Z_0

Dựa trên phương pháp bình phương tối thiểu và công thức 1, chúng ta có:

Ký hiệu $a = \ln Z_0$

$$\delta_i = (V_z)_i - (V_{10})_i * \frac{\ln 2 - a}{\ln 10 - a} \quad (5)$$

Ở đây: δ_i - sai số giữa giá trị tốc độ gió thực đo ở độ cao Z với giá trị lý thuyết,

V_2 - tốc độ gió ở mức 2 mét,

V_{10} - tốc độ gió ở mức 10 mét,

Chỉ số i : biểu thị lần đo thứ i.

Lấy tổng theo i cả 2 vế (5) ta được

$$\sum \delta_i^2 = \sum [(V_z)_i - (V_{10})_i * \frac{\ln 2 - a}{\ln 10 - a}]^2 \quad (5')$$

Bài toán cần xác định a sao cho $\sum \delta_i^2$ là cực tiểu.

Sau khi đạo hàm theo a và sau vài phép biến đổi, ta có

$$a = \frac{\ln 2 * \sum [(V_{10})_i^2] - \ln 10 * \sum (V_2 * V_{10})_i}{\sum [(V_{10})_i^2] - \sum (V_2 * V_{10})_i} \quad (6)$$

Từ (6) ta có công thức để tính Z_0 :

$$Z_0 = \exp(a) \quad (7)$$

b) Xác định hệ số m

Từ công thức (2), với cách làm như trên ta có công thức để tính hệ số m như sau:

$$m = \frac{\sum \ln(V_2) - \sum \ln(V_{10})}{N * \ln(0,2)} \quad (8)$$

Ở đây N là độ dài chuỗi số liệu tính toán.

3. Tính toán

Để xác định Z_0 và hệ số m, chúng tôi đã sử dụng số liệu về gió đo tại trạm Hoài Đức bằng máy tự ghi Vaisala và có tính đến điều kiện không lặng gió và (4). Z_0 và hệ số m được tính cho các tháng đặc trưng mùa: tháng 1,4,7,10 và năm (bảng 2).

Bảng 2. Giá trị Z_0 và m theo tháng và năm

Tháng	1	4	7	10	Năm
Z_0	0,0085	0,016	0,0083	0,017	0,016
m	0,19	0,19	0,17	0,23	0,2

Nhận xét

Giá trị Z_0 thay đổi không đáng kể theo tháng. Giá trị này dao động trong khoảng 0,01 - 0,02.

Hệ số m cũng không thay đổi nhiều và dao động trong khoảng 0,17 - 0,23.

4. So sánh kết quả tính gió theo công thức (1) và (2) với thực đo

Trên cơ sở giá trị Z_0 và hệ số m tính được cho các tháng đặc trưng và cả năm chúng tôi tiến hành tính toán so sánh sai số giữa giá trị tốc độ gió thực đo ở mức 2 mét với giá trị tính theo công thức (1) và (2). Để so sánh chúng tôi lấy số liệu tháng 1 năm 1997 (số liệu độc lập).

Kết quả tính toán so sánh được thực hiện đối với 121 số liệu của tháng 1 năm 1997 ứng với các giá trị $Z_0 = 0,0085$; $m = 0,19$ (của tháng 1) và $Z_0 = 0,016$; $m = 0,2$ (năm).

a) Kết quả tính toán so sánh theo công thức (1) cho thấy:

Với $Z_0 = 0,0085$ (tháng 1)

Sai số trung bình là : 0,04 (m/giây)

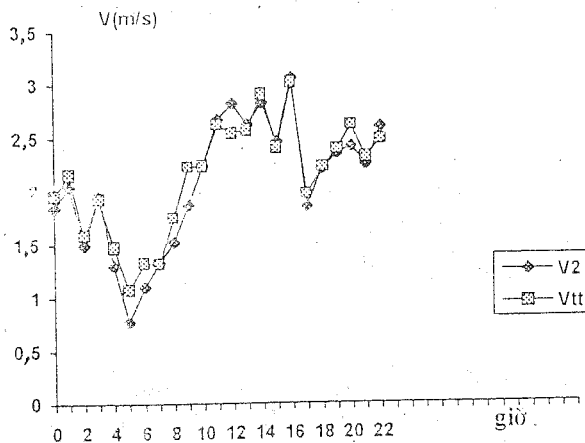
Độ lệch tiêu chuẩn : 0,36 (m/giây)

Với $Z_0 = 0,016$ (năm)

Sai số trung bình là: -0,03 (m/giây)

Độ lệch tiêu chuẩn : 0,34 (m/giây)

Ngoài ra để dễ hình dung sai số giữa tính toán và quan trắc, chúng tôi còn tính giá trị tốc độ gió trung bình theo giờ (quan trắc và theo công thức). Kết quả được biểu diễn trên hình 1.



Hình 1. Đồ thị giá trị tốc độ gió trung bình mức 2 mét : thực đo (V_2) và tính toán (V_{tt}).

b) Kết quả tính toán so sánh theo công thức (2) cho thấy:

Với $m = 0,16$ (tháng 1)

Sai số trung bình : - 0,05

Độ lệch tiêu chuẩn : 0,35 (m/giây)

Với $m = 0,2$ (năm)

Sai số trung bình : - 0,09

Độ lệch tiêu chuẩn : 0,35

III. Nhận xét và kết luận

Trên cơ sở tính toán Z_0 và hệ số m theo số liệu quan trắc ở trạm Hoài Đức, cho các tháng đặc trưng mùa và cả năm, chúng tôi có nhận xét sau:

- Giá trị Z_0 thay đổi không đáng kể theo tháng.
- Giá trị hệ số m cũng không thay đổi đáng kể theo tháng và có thể chấp nhận được khoảng 0,2
- Z_0 và m tính cho số liệu năm cho chuẩn sai nhỏ nhất.
 $\delta = 0,34$ (đối với công thức 1)
 $\delta = 0,35$ (đối với công thức 2)

Kết luận: Đối với trạm Hoài Đức có thể lấy $Z_0 = 0,016$; $m = 0,2$. Khi đó giá trị tính toán tốc độ gió theo công thức (1) và (2) cho giá trị gần với thực đo.

Tài liệu tham khảo

1. Zillitinkevic X.X. Động lực học lớp biên khí quyển. (Bản tiếng Nga).NXB KTTV, Leningrat, 1970.