

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TỐC ĐỘ THĂNG CỦA BÓNG THĂM KHÔNG TRONG KHÔNG KHÍ TĨNH ĐỂ TÍNH TOÁN TỐC ĐỘ CHUYỂN ĐỘNG THĂNG ĐỨNG CỦA KHÔNG KHÍ

Đào Thị Loan, Hoàng Minh Toán, Nguyễn Thị Quyên

Đài Khí tượng cao không

*B*ài báo trình bày phương pháp tính toán tốc độ chuyển động thăng đứng của không khí qua việc ứng dụng mô hình tốc độ thăng của bóng thám không trong môi trường không khí tĩnh. Mô hình này đã được tác giả A. Gallice công bố trên tạp chí *Atmospheric Measurement Techniques*. Giá trị tốc độ chuyển động thăng đứng của không khí là hiệu của tốc độ thăng thực tế của quá trình quan trắc thám không vô tuyến và tốc độ thăng tính từ mô hình. Bên cạnh đó, bài báo còn trình bày kết quả ứng dụng mô hình và sử dụng số liệu của mạng lưới quan trắc thám không vô tuyến để tính được tốc độ chuyển động thăng đứng của không khí trên cao ở khu vực Việt Nam.

Từ khóa: bóng thám không, tốc độ thăng, không khí tĩnh, tốc độ chuyển động thăng đứng.

1. Mở đầu

Hiện nay ở Việt Nam có 2 nguồn số liệu gió trên cao có độ phân giải cao được thu thập từ thiết bị thám không vô tuyến và ra đa thời tiết Doppler. Trường gió từ ra đa thời tiết Doppler chỉ là gió thành phần tốc độ xuyên tâm nên cần có các nghiên cứu tính toán được thành phần tốc độ 3 chiều từ gió xuyên tâm phục vụ thuận tiện cho nhiều mục đích khai thác khác nhau. Một phương pháp phù hợp nhất với điều kiện nước ta là phương pháp biến phân với điều kiện ràng buộc phương trình bảo toàn đơn giản và nguồn số liệu tham khảo để so sánh thích hợp là số liệu gió thám không vô tuyến.

Số liệu gió thám không vô tuyến được thu thập từ việc quan trắc tại chỗ, có độ tin cậy cao nhưng lại chỉ cho ta giá trị trực tiếp của 2 thành phần tốc độ gió u, v. Giá trị tốc độ gió thành phần thăng đứng hay còn gọi là tốc độ gió thành phần w (tức tốc độ chuyển động thăng đứng của không khí) cần phải được tính toán gián tiếp qua tốc độ thăng của bóng thám không.

Gần đây các mô hình sử dụng dữ liệu bóng thám không vô tuyến đã được quan tâm hơn, sự chính xác của các mô hình này cũng cải thiện rất

đáng kể. Wang (2009) đề xuất một phương pháp có thể cho phép trích xuất tốc độ chuyển động thăng đứng không khí (từ số liệu thám không vô tuyến. Phương pháp của họ dựa trên việc phân tách tốc độ thăng của bóng thành hai thành phần, đó là thành phần đại diện cho tốc độ thăng của bóng trong môi trường không khí tĩnh và một thành phần nữa là chuyển động thăng đứng của không khí. Tốc độ thăng của bóng khi không có sự ảnh hưởng của chuyển động thăng đứng của không khí được tính toán bằng cách sử dụng mô hình và số liệu thám không vô tuyến. Sau đó tốc độ chuyển động thăng đứng của không khí thu được bằng cách lấy tốc độ thăng thực tế trừ đi tốc độ thăng của bóng trong môi trường không khí tĩnh. Wang và các cộng sự (2009) đã đưa ra những ưu điểm của phương pháp này so với các phương pháp khác và khai thác mô hình hướng đến mục đích tính được vận tốc chuyển động thăng đứng không khí. Mô hình sử dụng tốc độ thăng của bóng thám không trong môi trường không khí tĩnh của họ dựa trên phương trình bảo toàn mô men động lượng của bóng. Từ phương trình này, họ mô tả được tốc độ thăng của bóng trong môi trường không khí tĩnh như một hàm

của thể tích bóng và hệ số lực kéo. Sự thay đổi thể tích quả bóng theo độ cao được tính thông qua thể tích bóng ở mặt đất (trạng thái trước khi thả bóng) bằng cách giả định trạng thái cân bằng nhiệt không khí luôn được bảo toàn trong suốt thời gian bóng đi lên. Các giá trị của hệ số lực kéo mà nó không đổi ở độ cao trên 5 km và các giá trị thể tích bóng ở mặt đất được tối ưu hóa cho mỗi lần thả để hạn chế sự giảm tốc độ thăng của mô hình trong môi trường không khí tĩnh qua tốc độ thăng thực tế.

Hiện tại, các mô hình tính toán tốc độ thăng của bóng thám không vô tuyến trong môi trường không khí tĩnh vẫn đang phát triển. Ngoài phương pháp của Wang và các cộng sự (2009) còn có các phương pháp khác có tính đến cả các biến thiên của hệ số lực kéo bóng theo độ cao và sự mất cân bằng nhiệt giữa bóng và không khí xung quanh.

Phương pháp tính toán tốc độ chuyển động thăng đứng của không khí được trình bày trong bài báo này là phương pháp ứng dụng mô hình tính toán tốc độ thăng của bóng thám không vô tuyến mà A. Gallice và các cộng sự (2011) đã công bố trên tạp chí Atmospheric Measurement Techniques. Trong mô hình, ba giả thuyết chính được thực hiện. Thứ nhất, bóng được xấp xỉ bằng một bóng khí có hình dạng gần như hình cầu, sau đó được giả định tuân theo định luật khí lý tưởng. Xấp xỉ này muốn nói rằng hình dạng vật mang theo bóng không được giải quyết trong mô hình, mà ngụ ý rằng áp suất bên trong và bên ngoài của quả bóng được coi là bằng nhau. Trong việc tính toán ảnh hưởng của các luồng không khí xung quanh quả bóng và của các tải trọng mang theo, ta cần lưu ý rằng hình dạng quả bóng không nhất thiết phải tuân thủ một cách nghiêm ngặt là một hình cầu hoàn hảo. Thứ hai, người ta giả thiết rằng quá trình lan truyền bên trong quả bóng có thể được mô tả như sự khuếch tán. Giả định này không những bao gồm khuếch tán phân tử, mà còn là đối lưu và truyền nhiệt bức xạ. Ở đó cả hai loại đều được biểu diễn bởi định luật khuếch tán. Giả định này dẫn đến một điều là các ca thả ban đêm được tính toán chính xác hơn.

Thứ ba, sự phân bố nhiệt độ bên trong quả bóng được cho là đối xứng kiểu hình cầu. Sự thừa nhận xấp xỉ này là do trong thực tế hình dạng bóng cũng tựa như hình cầu. Mặc dù có những giả định như trên, nhưng các mô hình hiện tại cũng mong muốn đạt được độ chính xác hơn về dự báo quỹ đạo bay của bóng hình cầu và mô tả các đặc tính của tốc độ thăng đứng so với mô hình hiện có khác.

2. Cơ sở lý thuyết của mô hình tốc độ thăng của bóng thám không trong không khí tĩnh

2.1. Tốc độ thăng của bóng

Biểu diễn tốc độ thăng của bóng trong không khí tĩnh được dẫn ra từ cân cân giữa "lực nâng tự do"- F_{FL} , và lực kéo- F_D (J. Wang, 2009). Lực nâng tự do tương ứng với lực đẩy tổng cộng tác động lên quả bóng và được thể hiện như sự chênh lệch giữa lực nổi và tổng trọng lượng của quả bóng (N. Yajima et al., 2009)

$$F_{FL} = (\rho_a V - m_{tot})g \quad (1)$$

Trong đó:

ρ_a là mật độ khối không khí,

V là thể tích bóng,

m_{tot} là tổng trọng lượng bóng - hay được gọi là tổng trọng lượng bóng có mang theo máy đo, có cả lượng khí dùng để nâng bóng bay lên và tải trọng của bóng.

g là gia tốc trọng trường do trọng lực ở bề mặt trái đất gây ra.

Phương trình mô tả lực kéo trong môi trường không khí tĩnh:

$$F_D = \frac{1}{2} c_D \rho_a S v_z^2 \quad (2)$$

Trong đó:

c_D là hệ số lực kéo,

S là diện tích tham khảo

v_z là tốc độ thăng của bóng trong môi trường không khí tĩnh

Diện tích tham khảo có thể được chọn tùy ý, vì thế c_D là không phải là giá trị không đổi mà được xác định theo lực kéo. Trong nghiên cứu này, S được chọn là diện tích mặt cắt ngang của hình cầu có thể tích tương tự như thể tích của quả bóng. Lựa chọn này cho phép xác định chuẩn

xác diện tích tham khảo cho các đối tượng không phải hình cầu. Thuận lợi của phép chọn này là ở chỗ ngay từ đầu cũng như toàn bộ quá trình tính toán đều cho rằng bóng có dạng hình cầu và chỉ mô tả bởi hệ số lực kéo. Chú ý R là bán kính của thể tích khối cầu tương đương, S và V có thể được tính theo công thức πR^2 và $(4/3)\pi R^3$.

Từ phương trình (1) và (2) ta có thể mô tả v_z như sau:

$$v_z = \sqrt{\frac{8Rg}{3c_D} \left(1 - \frac{3m_{\text{tot}}}{4\pi\rho_a R^3}\right)} \quad (3)$$

Trong đó:

ρ_a là mật độ khối không khí trong khí quyển.

v_z là tốc độ thẳng của bóng trong môi trường không khí tĩnh.

Công thức (3) ở trên biểu diễn mối quan hệ cụ thể của giá trị tốc độ thẳng của bóng thám không vô tuyến trong quá trình bay vào khí quyển và mật độ khối không khí trong khí quyển.

V và S được thay thế bởi các biểu diễn tương ứng như là hàm của bán kính hình cầu có thể tích tương đương,

R gắn với công thức này gọi là "bán kính ảnh hưởng của bóng".

Giá trị v_z trong công thức (3) có thể tính được với điều kiện rằng: m_{tot} được biết trước, và ρ_a có thể được xác định bằng việc sử dụng mô hình dự báo thời tiết số trị (trong trường hợp phương trình (3) dùng để dự báo quỹ đạo bóng) hoặc sử dụng dữ liệu thám không vô tuyến ghi lại được trong quá trình bóng bay lên (trong trường hợp phương trình (3) dùng để dẫn ra chuyển động thẳng đứng không khí), thì việc tính toán v_z từ phương trình (3) vẫn yêu cầu phải biết R và c_D .

Bán kính ảnh hưởng của bóng mà được cho là hệ quả của việc giảm áp suất không khí xung quanh luôn tăng lên trong quá trình bóng bay lên. Nếu sự giãn nở thể tích bóng được cho là quá trình đoạn nhiệt thuần túy, thì sự sai khác về nhiệt độ giữa không khí xung quanh và nhiệt độ của bóng có thể tiếp tục tăng theo độ cao, sự giảm nhiệt độ môi trường này sẽ nhỏ hơn sự giảm đoạn nhiệt. Do đó, nhiệt lượng truyền từ không khí xung quanh vào trong bóng cũng cần

phải được tính toán nếu sự biến thiên của thể tích bóng theo độ cao được xác định theo đặc tính vật lý. Hiện nay, sự truyền nhiệt được giải quyết bằng việc giải phương trình khuếch tán nhiệt hướng tâm diễn ra bên trong quả bóng với điều kiện biên Dirichlet tại bề mặt bóng.

2.2. Sự khuếch tán nhiệt phía trong quả bóng

Sự biến động của bán kính ảnh hưởng của bóng (R) theo độ cao là kết quả của cả quá trình giãn nở đoạn nhiệt và sự truyền nhiệt từ không khí xung quanh vào trong quả bóng. Thông lượng nhiệt ở bề mặt quả bóng được giả thiết là lan truyền vào phía trong thể tích quả bóng bởi quá trình khuếch tán.

$T_b(r,t)$ là sự phân bố của nhiệt độ phía trong quả bóng được giả định là hình cầu đối xứng và vì thế nó tuân theo phương trình khuếch tán nhiệt hướng tâm

$$\frac{\partial T_b}{\partial t} = \frac{\langle D \rangle}{R^2} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial T_b}{\partial r} \right) \quad (4)$$

Ở đây $D = k/\rho_b c_p$ là hệ số khuếch tán nhiệt phân tử trung bình được tính trung bình trên cả thể tích bóng, $r \in [0,1]$ ngụ ý rằng hệ tọa độ hướng tâm không chiều của bán kính ảnh hưởng của bóng (R) và t liên quan đến thời gian. Việc chuẩn hóa hệ tọa độ hướng tâm với R làm đơn giản mô hình thẳng lên của bóng thám không. Việc mô tả hệ số khuếch tán nhiệt phân tử trung bình, k , liên quan tới sự dẫn nhiệt của chất khí nâng bóng, mà được biết là hàm của T_b , ρ_b là mật độ khối khí nâng bóng, đã được dẫn ra từ T_b và áp suất sử dụng định luật khí lý tưởng, c_p nhiệt dung đẳng áp riêng của khí nâng bóng, mà đã dẫn ra ở đây là hằng số. Liên quan đến điều kiện biên, nhiệt độ chất khí nâng bóng ở bề mặt bóng được giả thiết là tương đối đồng nhất với nhiệt độ không khí xung quanh, nghĩa là $T_b(r=1) = T_a$. Ở tâm bóng, thông lượng nhiệt được áp bằng 0 do tính chất đối xứng, nghĩa là $(\partial T_b / \partial r)_{r=0} = 0$.

2.3. Hệ số lực kéo

Trong công thức (3), để tính được giá trị v_z cần phải xác định được hệ số lực kéo. Ta cần xem xét hệ số lực kéo trong 2 trường hợp hình

dạng bóng thám không: là hình cầu và hình tựa cầu.

Hệ số lực kéo khi bóng là hình cầu:

Như đã chỉ ra bởi nhiều nghiên cứu thực nghiệm, chẳng hạn như K. Son (2010), hệ số lực kéo của một hình cầu chủ yếu là hàm của hai đại lượng không thứ nguyên, cụ thể là số Reynolds Re và mật độ nhiễu động dòng tự do Tu . Số Reynolds là tỷ số của năng lượng quán tính $Q_a v_z^2$ và năng lượng nhớt $\mu v_z / R$ với μ là độ nhớt động lực của chất lỏng. Do đó $Re = Q_a v_z^2 / \mu$ định lượng tầm quan trọng tương đối của hai loại năng lượng trong điều kiện dòng nhất định. Trong trường hợp của bóng thám không, bán kính ảnh hưởng điển hình được đặt hàng nhà sản xuất là 1m ở mặt đất và tốc độ thẳng trung bình được đặt hàng là 5 m/s, số Reynolds giảm từ khoảng $8-9 \times 10^5$ tại mặt đất đến khoảng $6-9 \times 10^4$ tại độ cao 30 km.

Đối với một quả bóng bay lên trong khí quyển tự do, sự thay đổi động lực tuần tự như sau: chiều cao tăng $\rightarrow$ mật độ không khí giảm $\rightarrow$ số Re giảm $\rightarrow$ lớp biên chuyển từ trạng thái nhiễu động sang laminar $\rightarrow$ dòng thẳng ở bề mặt của quả bóng tăng ở lớp phân tách tầng biên $\rightarrow$ hệ số lực kéo tăng.

Cường độ nhiễu động dòng tự do Tu được định nghĩa là tỷ số giữa độ lệch chuẩn của biến động tốc độ không khí xung quanh và biến động tốc độ trung bình của không khí xung quanh (Son, 2010). Trái với Re , Tu hoàn toàn là một đặc tính của chất lỏng. Khi cường độ nhiễu động dòng tự do tăng lên, số Reynolds quan trắc được chuyển sang giá trị thấp hơn (Son, 2010).

Hệ số lực kéo khi bóng là hình tựa cầu:

Đối với một hình tựa cầu, hệ số lực kéo phụ thuộc vào Re có tính chất tương đồng một cách định lượng với hình cầu khi cả hai hình dạng là tương tự nhau (Loth, 2008). Đặc biệt, hệ số lực kéo của một hình tựa cầu cũng là hàm của Re và Tu . Hệ số lực kéo của hình tựa cầu cũng phụ thuộc theo nguyên tắc của dạng hình cầu. Nguyên tắc này được đo bằng tỉ lệ E , được định nghĩa là tỷ lệ của chiều dài trục đối xứng dọc và trục đối xứng ngang của hình tựa cầu. Loth

(2008) cho rằng hệ số lực kéo của một hình tựa cầu dẹt có $E = 0,5$ bằng khoảng 2 lần hệ số lực kéo của hình cầu có thể tích tương đương khi $2 \times 10^3 < Re < 3 \times 10^5$ và giá trị Tu không đáng kể.

3. Kết quả ứng dụng mô hình tốc độ thẳng của bóng để tính toán chuyển động thẳng đứng của không khí

3.1. Mô tả các bước tính toán

Theo A. Gallice và các cộng sự, tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí bằng hiệu của giá trị tốc độ thẳng thực tế đo được qua quá trình thám không vô tuyến và tốc độ thẳng của bóng thám không trong môi trường không khí tĩnh đã tính được. Từ kết quả tính toán tốc độ thẳng của bóng trong môi trường không khí tĩnh được trình bày chỉ ra rằng: giá trị tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí tính được có sai số trong tầng đối lưu là 0.5 m/s và 0.2 m/s trong tầng bình lưu. Thêm vào đó, kết quả nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng tốc độ chuyển động thẳng đứng không khí mà tính được từ bóng thám không phù hợp với sự biến động vận tốc khí quyển quy mô nhỏ liên quan đến sóng trọng trường, nhiễu loạn cơ học, hoặc các chuyển động của không khí quy mô nhỏ trong quá trình thực nghiệm trong tầng đối lưu ở khu vực vĩ độ trung bình có địa hình ổn định. Như vậy, để tính được tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí (tốc độ gió thành phần thẳng đứng w), ta cần thực hiện 2 bước chính:

Bước 1: Tính tốc độ thẳng của bóng thám không trong môi trường không khí tĩnh.

Bước 2: Tính tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí.

Toàn bộ quá trình tính toán được mô tả qua sơ đồ ở hình 1.

Mô tả bước 1:

Mô hình tính toán sự thẳng lên của bóng thám không được phát triển trong công trình nghiên cứu này với mục đích xác định tốc độ thẳng của bóng thám không vô tuyến trong môi trường không khí tĩnh là một hàm của thời gian. Bước thời gian của mô hình được biểu thị bởi Δt ở dưới đây và sự gia tăng tương ứng với độ cao bóng là Δz ; hai yếu tố này liên quan với nhau

thông qua các mối quan hệ: $\Delta z = v_z \Delta t + O(\Delta t^2)$.

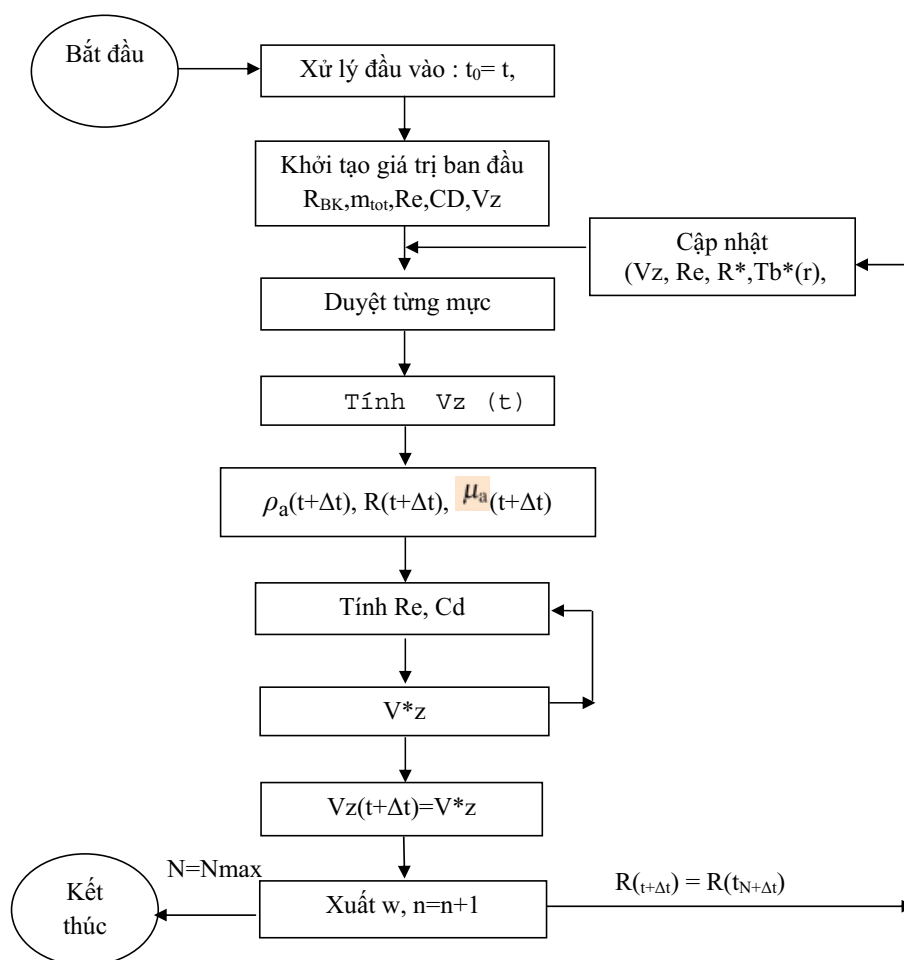
Mô hình tính toán được chia ra 2 phần:

- Tính toán bán kính ảnh hưởng của bóng và sự phân bố nhiệt độ trong vùng bán kính ở thời điểm $t + \Delta t$ khi biết được giá trị của nó ở thời điểm t ;

- Xác định một cách đồng thời hệ số lực kéo và tốc độ thăng của bóng trong môi trường không khí tĩnh ở thời điểm $t + \Delta t$ từ phương trình (3).

Để tăng độ chính xác của việc tính toán bán kính ảnh hưởng của bóng, phần 1 sử dụng các

bước tiệm cận để tính toán bán kính ảnh hưởng của bóng ở các thời điểm trung gian giữa t và $t + \Delta t$. Thời điểm trung gian được tính toán bằng cách sử dụng bước cận thời gian $t, \delta t$, được chọn là phần cố định của đặc tính thời gian trong quá trình khuếch tán. Điều này đảm bảo rằng phương trình (4) được giải quyết bằng cách sử dụng bước thời gian được chuẩn hóa không thay đổi, $\delta t / \tau$, trong suốt quá trình bóng bay lên. Trong các thảo luận, đặt $\{t_n\} n=1, \dots, N$ là tập hợp chuỗi thời gian trung gian giữa t và $t + \Delta t$, trong đó $t_n = t + n\delta t$ và N là số lượng các bước lặp trung gian.



Hình 1. Sơ đồ khối tính toán tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí

Mô tả bước 2:

Tính tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí qua tốc độ thăng của bóng thám không trong môi trường không khí tĩnh và tốc độ thăng thực tế của bóng thu thập được từ quá trình thám không (số liệu quan trắc thám không vô tuyến).

3.2. Số liệu đầu vào và kết quả tính toán

Trong sơ đồ tính toán ở trên, số liệu đầu vào bao gồm: Thời gian (giây), độ cao (m), nhiệt độ (°C), áp suất (mb) được trích xuất từ tập số liệu quan trắc thám không vô tuyến của mạng lưới trạm thám không vô tuyến ở Việt Nam. Ngoài ra bổ sung thêm số liệu bán kính ban đầu của bóng

trước khi thả (m) và trọng lượng ban đầu của bóng trước khi thả (kg) thu thập được từ kết quả đo thực nghiệm.

Ví dụ minh họa trích xuất kết quả tính toán với quan trắc thám không vô tuyến obs 23:48:17

(giờ quốc tế) ngày 16/02/2017 trạm Hà Nội có:

- Bán kính ban đầu của bóng (trước khi thả): 0,7309 m

- Trọng lượng ban đầu của bóng (trước khi thả): 0,759 kg

Bảng 1. Số liệu đầu vào tính tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí với quan trắc thám không vô tuyến trạm Hà Nội obs 23:48:17 (giờ quốc tế) ngày 16 /02/2017 (trong lớp khí quyển 5 km bên dưới

H (m)	P (mb)	T (°C)	Tb*(°C)	R* (m)
6	1019,60	19,5	19,4973	0,7336
100	1008,51	18,5	19,4943	0,7337
200	996,86	17,5	19,4913	0,7364
300	985,28	17,0	19,4883	0,7366
400	973,84	16,8	19,4853	0,7393
500	962,49	16,1	19,4822	0,7395
600	951,24	15,5	19,4791	0,7422
700	940,12	14,8	19,4759	0,7424
800	929,09	14,1	19,4727	0,7452
900	918,16	13,3	19,4695	0,7454
1000	907,32	14,0	19,4662	0,7481
1100	896,65	13,7	19,4629	0,7483
1200	886,08	13,5	19,4595	0,7511
1300	875,63	12,9	19,4561	0,7513
1400	865,25	12,1	19,4527	0,7541
1500	855,01	12,3	19,4492	0,7543
1600	844,88	11,5	19,4457	0,7571
1700	834,82	10,6	19,4422	0,7573
1800	824,89	9,7	19,4385	0,7601
1900	815,00	8,8	19,4349	0,7604
2000	805,20	8,0	19,4312	0,7632
2100	795,52	7,2	19,4275	0,7634
2200	785,94	6,6	19,4237	0,7663
2300	776,45	8,0	19,4198	0,7666
2400	767,07	7,5	19,4160	0,7694
2500	757,81	7,9	19,4120	0,7697
2600	748,67	7,3	19,4080	0,7726
2700	739,59	7,0	19,4040	0,7728
2800	730,64	7,7	19,3999	0,7757
2900	721,84	9,9	19,3958	0,7759
3000	713,17	9,9	19,3916	0,7788
3100	704,61	9,3	19,3874	0,7791
3200	696,14	9,1	19,3831	0,7820
3300	687,74	8,7	19,3788	0,7822
3400	679,46	8,3	19,3744	0,7852
3500	671,26	7,8	19,3699	0,7854
3600	663,15	7,1	19,3654	0,7884

3700	655,10	6,4	19,3609	0,7886
3800	647,13	5,7	19,3562	0,7916
3900	639,24	5,1	19,3516	0,7918
4000	631,44	4,5	19,3468	0,7949
4100	623,70	3,8	19,3420	0,7951
4200	616,04	2,9	19,3372	0,7982
4300	608,44	1,9	19,3323	0,7984
4400	600,94	1,0	19,3273	0,8015
4500	593,46	0,0	19,3223	0,8018
4600	586,08	-0,9	19,3172	0,8049
4700	578,76	-1,9	19,3120	0,8051
4800	571,51	-2,9	19,3068	0,8083
4900	564,33	-3,7	19,3015	0,8086
5000	557,20	-4,6	19,2961	0,8117

Bảng 2. Kết quả tính tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí W (m/s) với quan trắc thám không vô tuyến trạm Hà Nội obs 23:48:17 (giờ quốc tế) ngày 16 /02/2017 (trong lớp khí quyển 5 km bên dưới)

Kinh độ	Vĩ độ	H (m)	Vz (m/s)	Asc (m/s)	W(m/s)
105,8072	21,0209	6	4,263	3,760	-0,503
105,8063	21,0207	100	4,272	4,000	-0,272
105,8059	21,0213	200	4,280	4,167	-0,113
105,8055	21,0223	300	4,288	4,348	0,060
105,8052	21,0236	400	4,297	4,167	-0,130
105,8052	21,0250	500	4,305	4,762	0,457
105,8055	21,0265	600	4,314	4,762	0,448
105,8057	21,0282	700	4,322	4,545	0,223
105,8059	21,0300	800	4,331	4,545	0,214
105,8059	21,0317	900	4,339	4,762	0,423
105,8060	21,0335	1000	4,348	4,762	0,414
105,8064	21,0358	1100	4,356	4,762	0,406
105,8060	21,0378	1200	4,365	4,762	0,397
105,8070	21,0395	1300	4,374	4,545	0,171
105,8086	21,0409	1400	4,383	5,000	0,617
105,8009	21,0421	1500	4,391	4,762	0,371
105,8094	21,0430	1600	4,400	5,000	0,600
105,8097	21,0438	1700	4,409	5,263	0,854
105,8099	21,0444	1800	4,418	5,263	0,845
105,8101	21,0448	1900	4,427	5,000	0,573
105,8104	21,0451	2000	4,436	5,000	0,564
105,8107	21,0454	2100	4,445	5,000	0,555
105,8116	21,0456	2200	4,454	5,000	0,546
105,8124	21,0454	2300	4,463	5,263	0,800
105,8129	21,0452	2400	4,472	5,000	0,528
105,8135	21,0454	2500	4,481	5,000	0,519
105,8138	21,0455	2600	4,490	5,263	0,773
105,8143	21,0458	2700	4,499	5,000	0,501
105,8145	21,0460	2800	4,508	5,000	0,492

105,8147	21,0461	2900	4,517	5,263	0,746
105,8150	21,0459	3000	4,526	5,263	0,737
105,8154	21,0457	3100	4,536	5,556	1,020
105,8157	21,0457	3200	4,545	5,263	0,718
105,8161	21,0458	3300	4,554	5,556	1,002
105,8167	21,0462	3400	4,563	5,556	0,993
105,8171	21,0466	3500	4,573	5,556	0,983
105,8174	21,0470	3600	4,582	5,556	0,974
105,8179	21,0474	3700	4,591	5,556	0,965
105,8186	21,0475	3800	4,601	5,556	0,955
105,8195	21,0477	3900	4,610	5,263	0,653
105,8205	21,0479	4000	4,620	5,882	1,262
105,8217	21,0481	4100	4,629	5,556	0,927
105,8229	21,0482	4200	4,639	5,556	0,917
105,8243	21,0481	4300	4,649	5,882	1,233
105,8257	21,0481	4400	4,658	5,882	1,224
105,8270	21,0480	4500	4,668	5,556	0,888
105,8284	21,0481	4600	4,678	5,556	0,878
105,8297	21,0480	4700	4,688	5,263	0,575
105,8311	21,0480	4800	4,698	5,000	0,302
105,8327	21,0480	4900	4,708	5,556	0,848
105,8344	21,0482	5000	4,718	5,263	0,545

Trong bảng 1:

H (m): Độ cao của các tầng khí quyển.

P (mb): Áp suất của khí quyển ở các độ cao khác nhau ứng với H (m).

T (°C): Nhiệt độ của khí quyển ở các độ cao khác nhau ứng với H (m).

Tb*(°C): Nhiệt độ bên trong bóng thám không.

R*(m): Bán kính ảnh hưởng của bóng (bán kính bóng tăng lên theo độ cao khi bóng bay vào khí quyển).

Trong bảng 2:

V_z (m/s): Tốc độ thẳng của bóng thám không trong không khí tĩnh (tính từ mô hình).

Asc (m/s): Tốc độ thẳng thực tế của bóng thám không trong môi trường có sự chuyển động thẳng đứng của không khí (thu thập từ số liệu quan trắc thám không vô tuyến).

W (m/s): Tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí tính được qua giá trị V_z (m/s) và Asc(m/s). Giá trị này mang dấu dương (hoặc âm) hàm ý tại đó có chuyển động thẳng hoặc giáng (chuyển động không khí hướng lên trên hoặc xuống tác động vào bóng thám không làm cho tốc độ thẳng của bóng thám không tăng hoặc giảm).

4. Kết luận

Bài báo này đã trình bày được 2 nội dung chính, đó là: (1) mô tả mô hình tốc độ thẳng của bóng thám không trong không khí tĩnh và (2) kết quả ứng dụng mô hình tốc độ thẳng để tính được tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí trên lãnh thổ Việt Nam.

Cho đến nay, có rất ít mô hình tính toán được tốc độ thẳng của bóng thám không vô tuyến trong khí quyển (I. Engel, 2009, J. Wang, 2009). Trong bài báo này đã sử dụng mô hình của tác giả A. Gallice và các cộng sự công bố là mô hình có nhiều cải tiến so với các mô hình trước đây. Mô hình tốc độ thẳng này đã dẫn ra phương trình cân bằng giữa lực nâng tự do và lực kéo. Tốc độ thẳng của bóng trong môi trường không khí tĩnh phụ thuộc vào ba yếu tố: mật độ khối không khí, hệ số lực kéo của bóng và bán kính ảnh hưởng của bóng. Mật độ khối không khí được giả thiết là biết trước từ nhiệt độ không khí và áp suất đo được trong suốt ca quan trắc thám không vô tuyến. Bán kính ảnh hưởng của bóng, được xác định là bán kính của hình cầu có thể tích tương đương với quả bóng, được tính toán tại mỗi bước của mô hình trong ba giai đoạn: (i) giai đoạn đầu tiên bóng giãn nở đoạn nhiệt; (ii) sau đó lượng

nhiệt khuếch tán từ không khí xung quanh vào bóng xảy ra tại áp suất không đổi trong khi giả thiết loại khí bơm vào bóng là khí không nén; và (iii) cuối cùng sự phân bố của nhiệt độ và bán kính của bóng được hiệu chỉnh để tính toán sự giãn nở của khối khí được bơm vào bóng nhắc đến ở bước (ii). Tuy trong mô hình này không tính đến ảnh hưởng của bức xạ mặt trời nhưng vẫn có thể áp dụng phù hợp với những ca quan trắc thám không vô tuyến ban ngày vì có tính đến ảnh hưởng của quá trình khuếch tán.

Các ứng dụng tiềm năng của mô hình tốc độ thăng bao gồm dự báo quỹ đạo bay của bóng thám không, tính toán tốc độ chuyển động thẳng đứng

của không khí. Tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí (tốc độ gió thành phần w) được tính qua tốc độ thăng của bóng thám không trong môi trường không khí tĩnh và tốc độ thăng thực tế của bóng thu thập được từ quan trắc thám không vô tuyến. Tốc độ chuyển động thẳng đứng được tính theo phương pháp này có sai số là 0,5 m/s trong tầng đối lưu và 0, 2 m/s trong tầng bình lưu.

Giá trị tốc độ chuyển động thẳng đứng của không khí (tốc độ gió thành phần w) này là nguồn số liệu duy nhất có thể được sử dụng để tham khảo, so sánh khi đánh giá tốc độ gió thành phần thẳng đứng tính được từ tốc độ gió xuyên tâm của radar thời tiết Doppler.

Tài liệu tham khảo

1. A. Gallice, F. G. Wienhold, C. R. Hoyle, F. Immler and T. Peter (2011), *Modeling the ascent of sounding balloons: derivation of the vertical air motion*, *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 2235–2253.
2. E. Loth (2008), *Drag of non-spherical solid particles of regular and irregular shape*, *Powder Technol.*, 182, 342–353, 2008.
3. I. Engel (2009), *Trajectory Modelling of Match Balloon Soundings for Cirrus Cloud Characterisation*, *Master's thesis*, Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
4. J. Wang, Bian, Jianchun, Brown, O. William, Cole, Harold, Grubišić, Vanda, Young, Kate (2009), *Vertical air motion from T-REX radiosonde and dropsonde data*, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 26, 928–942.
5. K. Son, J. Choi, W. Jeon, and H. Choi (2010), *Effect of free-stream turbulence on the flow over a sphere*, *Phys. Fluids*, 22, 045101, doi:10.1063/1.3371804, 2010.
6. N. Yajima, T. Imamura, N. Izutsu and T. Abe (2009), *Scientific Ballooning*, Springer, Berlin; ISBN: 978-0-387-09725-1.

APPLYING THE MODEL OF THE ASCENT OF SOUNDING BALLOONS IN STILL AIR TO CALCULATE THE VERTICAL AIR MOTION

Dao Thi Loan, Hoang Minh Toan, Nguyen Thi Quyen

Aerological Meteorological Observatory

The paper presents method of calculation the vertical air velocity by applying the model of the ascent of sounding balloons in still air. This model was published by A. Gallice in the Atmospheric Measurement Techniques journal. Values of the vertical air velocity is obtained by subtracting the ascent rate of the balloon in still air calculated by the model from the actual ascent rate of sounding observations. In addition, the paper presents the results of applying the model and using the radiosounding data to calculate the vertical air velocity in the free atmosphere in Vietnam.

Key words: sounding balloon, ascent rate, still air, vertical air velocity.