THIẾT LẬP MÔ HÌNH TÍNH TOÁN TRƯỜNG GIÓ TRONG BÃO TRÊN BIỂN(*)

TS. Phan Văn Hoặc
Phân viện trưởng, Phân viện KTTV tại TP. Hồ Chí Minh
PTS. Vũ Văn Điển
Cục Dự báo khí tượng thủy văn
KS. Trương Trọng Xuân
Trung tâm khí tượng thủy văn biển

I. TỔNG QUAN

Gió bão là hiện tượng nguy hiểm đối với mọi hoạt động kinh tế và quân sự trên biển. Do đó, đặt vấn đề nghiên cứu cấu trúc trường gió trong bão ở vùng bão đổ bộ hoặc có ảnh hưởng đến ven biển nước ta là cần thiết. Hiện nay đã có nhiều công trình nghiên cứu về mối quan hệ giữa trường gió và trường áp mà về nguyên tắc có thể áp dụng cho các hình thế synop (hoàn lưu khí quyển).

Như đã biết, đặc điểm nổi bật của trường áp trong bão là khoảng cách (KC) tương đối ngắn, khoảng 100km áp suất có thể giảm hàng chục miliba (mb). Vùng trung tâm áp suất có thể giảm 60mb trên KC 100km và đôi khi giảm đến 20mb/20km và người ta đã quan trắc được ở tâm bão áp suất cực tiểu là 877mb, còn thường thường quan trắc được trị số áp suất khoảng 950 - 960mb đối với các tâm bão phát triển.

Phân tích số liệu khí áp quan trắc được ghi trên bản đồ synop khi có bão đã khẳng định tính bất đối xứng của phân bố gradien khí áp trong bão. Hiện tượng này được giải thích là do tác động của trường "dòng dẫn" mà trên đó bão chuyển động. Một đặc điểm kỳ dị nữa của bão là khu vực tâm bão với đường kính khoảng 5 - 10km thường được gọi là "mắt bão". Trong mắt bão ở các mực cao và trung bình hầu như không có mây, tốc độ gió yếu và thay đổi, ở mực dưới (thấp hơn 1000m) thường quan sát thấy mây, nhưng khối lượng ít hơn rất nhiều so với khu vực ngoài mắt bão.

Và theo phân tích số liệu bão tổ hợp của Gray W.M [1] thành phần hướng tâm của gió bão đạt trị số cực đại ở trong lớp biên trên mực đẳng áp 950mb. Dưới mực đẳng áp này ở trong KC từ 200 - 650km kể từ tâm bão, góc lệch "bê ta" tạo thành giữa vectơ gió bão và thành phần tiếp tuyến của nó thực tế hầu như không phụ thuộc vào KC tới tâm bão và dao động khoảng từ 15 - 25°.

(*) Giới thiệu tóm tắt nội dung cơ bản của nhánh đề tài KT03.04 "Thiết lập mô hình và xây dựng qui trình công nghệ tính toán trường gió trong bão" do TS. Phan Văn Hoặc chủ trì.

Ngược lại, trên mực đẳng áp này góc lệch "bê ta" lại phụ thuộc và tăng theo KC kể từ tâm bão.

Cũng theo phân tích số liệu bão tổ hợp, thành phần tiếp tuyến của gió bão đạt giá trị cực đại ở mực đẳng áp 850mb mà theo Gray W.M đó chính là đỉnh của lớp biên. Giá trị cực đại của thành phần gió tiếp tuyến nhận được ở độ cao tương đối lớn cũng có thể là do quan trắc được tiến hành ở trên đảo. Như đã biết gió đo ở trên đại dương chắc chắn phải lớn so với gió đo trên mặt đất. Ở các mực bên dưới, nhiều trường hợp gió bão hầu như đối xứng với trục quay, ít ra thì cũng ở trong vòng bán kính 300km kể từ tâm bão.

2. NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH

Để nghiên cứu mối quan hệ giữa trường gió và trường áp trong bão, phương trình gió gradien thường được sử dụng [2, 3, 4]. Theo số liệu khảo sát được, trường áp suất trong bão là trường đối xứng qua trục quay của toàn bộ hệ thống và tương tự, tốc độ gió tiếp tuyến cũng có tính chất đối xứng qua trục quay như thế. Hiện nay có nhiều công thức thực nghiệm liên quan đến phân bố trường áp và trường gió trong bão theo KC r kể từ tâm bão. Cần nói ngay rằng, trường gió bão trình bày ở đây là trường gió tiếp tuyến, nhưng do thành phần hướng tâm của gió bão nhỏ hơn nhiều so với thành phần tiếp tuyến của gió bão nên trong khi thiết lập mô hình gió bão thành phần này thường không tính đến.

Trong công trình [4] khi xây dựng mô hình thủy động của trường áp trong bão đã sử dụng mối quan hệ giữa tốc độ gió tiếp tuyến với KC r kể từ tâm bão. Theo các tác giả Palmer E. và Riel.H. (1957), mối quan hệ này được mô tả ở dạng sau:

$$U = A - B \ln\frac{r}{R_0} \quad (1)$$

trong đó:

R_0 - bán kính mắt bão,

A, B - các hằng số cần xác định.

Ở biên ngoài cùng của hoàn lưu xoáy bão cách tâm bão với bán kính R, giả thiết rằng phương trình (1) U = 0 khi đó ta có:

$$B = \frac{A}{\ln\left(\frac{r}{R_0}\right)} \quad (2)$$

Trong khu vực mắt bão, bán kính R_0 nhỏ hơn, theo các số liệu nhận được từ thám sát máy bay, tốc độ gió bão nhỏ khoảng 1 - 2m/s và có hướng thay đổi. Còn chính ở tâm bão, nơi áp suất đạt trị số cực tiểu, tốc độ gió bị triệt tiêu và thực tế hầu như bằng 0.

Phân tích (1) khi r = R_0 ta có U = A. Ở đây A chính là tốc độ gió cực đại của bão và thực tế quan trắc được ở lân cận bán kính mắt bão R_0. Đặt phương trình (1) vào phương trình gió gradien (đã được đơn giản hóa cho thành phần tiếp tuyến của gió bão) áp dụng cho mực 950mb. Sau khi phân tích phương trình và có một vài biến đổi đơn giản, nhận được biểu thức phân bố trường áp suất theo r và biểu thức quan hệ giữa A với các đại lượng vật lý khác, ta có:

$$A = k.\sqrt{P(R)-P(R_0)} \qquad (3)$$

trong đó:

$$K = \sqrt{\frac{3}{\rho}\ln\frac{R}{R_0}}$$

P(R) - áp suất của đường đẳng áp khép kín ngoài cùng cách tâm một khoảng R,

$P(R_0)$ - áp suất biên của mắt bão,

ρ - mật độ không khí

Nếu với R = 600km, R_0 = 15km và cho rằng tốc độ gió ở mực 950mb lớn hơn 10% so với gió trên mực biển, nhận được công thức tính gió bão cực đại trên mực biển sau đây:

$$U_{max} = A = 7{,}3\ \sqrt{P(R)-P(R_0)} \qquad (4)$$

Trong đó:

$$[U_{max}] = m/s;\ [P] = mb$$

Có nhiều công thức dạng như [4] dùng để tính gió cực đại trong bão theo áp suất ở tâm và ở vòng khép kín ngoài cùng của hoàn lưu bão [5].

Biểu thức thành phần gió hướng tâm của bão cũng được tìm kiếm tương tự như đối với thành phần gió tiếp tuyến.

$$V = a - b\ln\frac{r}{R_0} \qquad (5)$$

với góc lệch $\beta = 18^0$, a = 0,325A

Trong những công thức khác, ngược lại sự phân bố áp suất theo r lại được cho trước (xác nhận trên cơ sở thống kê thực nghiệm hay giả thiết nào đó). Sau đó cũng sử dụng phương trình gió gradien tương tự như trên để xác định biểu thức phân bố tốc độ gió theo r.

Trong công thức của Greg J. Holland [2] phân bố áp suất theo r được cho ở dạng sau:

$$P = Pc + (P(R) - Pc)\ \exp\ (-A/r\ **\ B) \qquad (6)$$

Trong đó:

Pc - áp suất tâm bão

P(R) - áp suất đường đẳng áp khép kín ngoài cùng,

P - áp suất cách tâm bão một khoảng r,

A, B - hằng số thực nghiệm.

Đặt (6) vào phương trình gió gradien sau những biến đổi và bỏ qua những thành phần nhỏ bé nhận được biểu thức phân bố tốc độ gió thành phần tiếp tuyến theo r.

$$U = Sqrt\ [AB(Pc - P(R)exp\ (-A/r\ **B)/\rho\ r**B] \qquad (7)$$

trong đó:

ρ - mật độ của không khí,

Từ (7) tìm được biểu thức gió cực đại sau:

$$U_{max} = Csqrt\ (P(R) - Pc) \qquad (8)$$

Trong đó:

$$C = sqrt\left(\frac{B}{\rho_c}\right)$$

Trong công trình [3] phân bố tốc độ gió theo r được đưa ra dạng sau:

$$U = 2U_{max}\ (r/R_0)\ exp\ [a(r/R_0)**b]\ /\ (1+\ (r/R_0)**2) \qquad (9)$$

Theo [6] Depperman (1947) cho rằng phân bố gió bão theo r có thể được xấp xỉ tốt bằng xoáy Rankine :

$$Ur = constant\ với\ r < R_0 \qquad (10)$$

$$Ur = constant\ với\ r \geq R_0 \qquad (11)$$

Công thức (10), (11) có nghĩa rằng trong phạm vi mắt bão, bão quay như một vật thể cứng, còn từ biên mắt bão trở ra bão bảo toàn mômen góc quay tương đối. Song không khí trong khi bị lôi cuốn hút theo đường xoắn ốc vào tâm bão ở lớp biên khí quyển đã mất đi khả năng bảo toàn mô men góc quay tương đối do ma sát bề mặt và do đó công thức (12) được biến đổi thành biểu thức sau:

$$Ur\ **\ C = D \qquad (12)$$

Trong đó: C < 1, C và D được xác định bằng thống kê thực nghiệm theo số liệu quan trắc về gió bão.

Theo Hughes (1952); Riehl (1954), (1963); Gray và Sea (1973) C nằm trong khoảng 0,4 - 0,6.

Sau khi tính được thành phần tiếp tuyến của gió bão, nếu bỏ qua thành phần hướng tâm, các thành phần gió bão U, V trong hệ tọa độ đề-các với trục OY từ nam đến bắc, trục OX từ tây đến đông được xác định nhờ phép chiếu

* Trong công thức (6), ký hiệu ** để chỉ phép toán nâng bậc, ví dụ A**C có nghĩa là A với bậc C.

thành phần gió tiếp tuyến (sau khi đã quay ngược chiều kim đồng hồ một góc 15 - 20°) lên các trục OX và OY tương ứng.

3. LỰA CHỌN MÔ HÌNH

Từ phân tích trên, lựa chọn các hàm phân bố gió theo khoảng cách r để nghiên cứu và áp dụng sau:

$$U = A - B \ln(r/R_0) \quad (13)$$

$$U/r = \text{constant với } r < R_0 \quad (14)$$

$$Ur ** C = D \text{ với } r \geq R_0 \quad (15)$$

Theo nhiều tác giả, constant trong biểu thức (14) có thể nhận giá trị sau:

$$\text{constant} = U_{max} / R_0$$

Khi đó biểu thức phân bố gió trong mắt bão có dạng sau:

$$U = (r/R_0)U_{max} \text{ với } r < R_0 \quad (16)$$

Tương tự, nếu cho $D = U_{max}R_0$, biểu thức phân bố gió trên biên mắt bão trở ra có dạng sau:

$$U = (R_0/r)^{**}C\ U_{max} \text{ với } r \geq R_0 \quad (17)$$

Công thức (17) hằng số mũ C lấy bằng 0,6; còn hệ số B trong công thức (13) được xác định theo công thức (2).

Các kết quả nghiên cứu liên quan tới [7] đã khẳng định việc xấp xỉ các thành phần gió tiếp tuyến trong bão bằng hàm LOG và hàm MŨ là đúng đắn và có hệ số tương quan cao nhất trong trường hợp có tính đến sự bất đối xứng của phân bố gió gây ra do bão di chuyển.

4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH

Để thiết lập mô hình tính toán gió bão trên vùng biển nước ta, chúng tôi xây dựng trên mạng lưới tính vuông 25 x 25 điểm nút với độ phân giải 05 độ không cố định mà di động sao cho tâm bão luôn luôn nằm ở giữa lưới.

Đặc điểm của mô hình là sử dụng hàm LOG và hàm MŨ để tính phân bố gió bão không phải theo KC vô hướng r kể từ tâm bão mà theo tọa độ của các điểm mút (x, y); nói một cách khác, mô hình có tính đến bất đối xứng của trường gió bão. Mô hình bao gồm các bước tính sau:

a - xác định tọa độ của mạng lưới di động,

b - khử bỏ khỏi tốc độ gió cực đại thành phần do bão di chuyển gây ra,

c - tính phân bố gió theo r với $r < R_0$

$$U = (r/R_0)U_{max}$$

d - tính phân bố gió theo r sử dụng hàm LOG

$$U = A - B \ln(r/R_0) \text{ với } r \geq R_0$$

e - tính phân bố gió theo r sử dụng hàm MŨ

$$U = (R_0/r)\ U_{max} \text{ với } r \geq R_0$$

g - tổ hợp các kết quả phân bố gió nhận được từ mục 4c, 4d theo trung bình số học.

h - tính phân bố gió bất đối xứng (bổ sung thêm thành phần do bão di chuyển gây ra).

i - Tính các thành phần U, V của gió bão bằng phép chiếu trường thành phần tiếp tuyến bất đối xứng của gió lên các trục OX, OY tương ứng ở hệ tọa độ đề-các.

5. TÍNH MODUN TỐC ĐỘ GIÓ VÀ HƯỚNG GIÓ TRONG BÃO

Để ứng dụng mô hình tính gió trong bão phục vụ cho bài toán tính sóng bão chỉ cần bổ sung và biến đổi đôi chỗ về kỹ thuật và lập trình có thể tính được mô-đun tốc độ gió và hướng gió.

Mô-đun tốc độ gió (C) được tính theo công thức:

$$C = \sqrt{U^2+V^2}$$

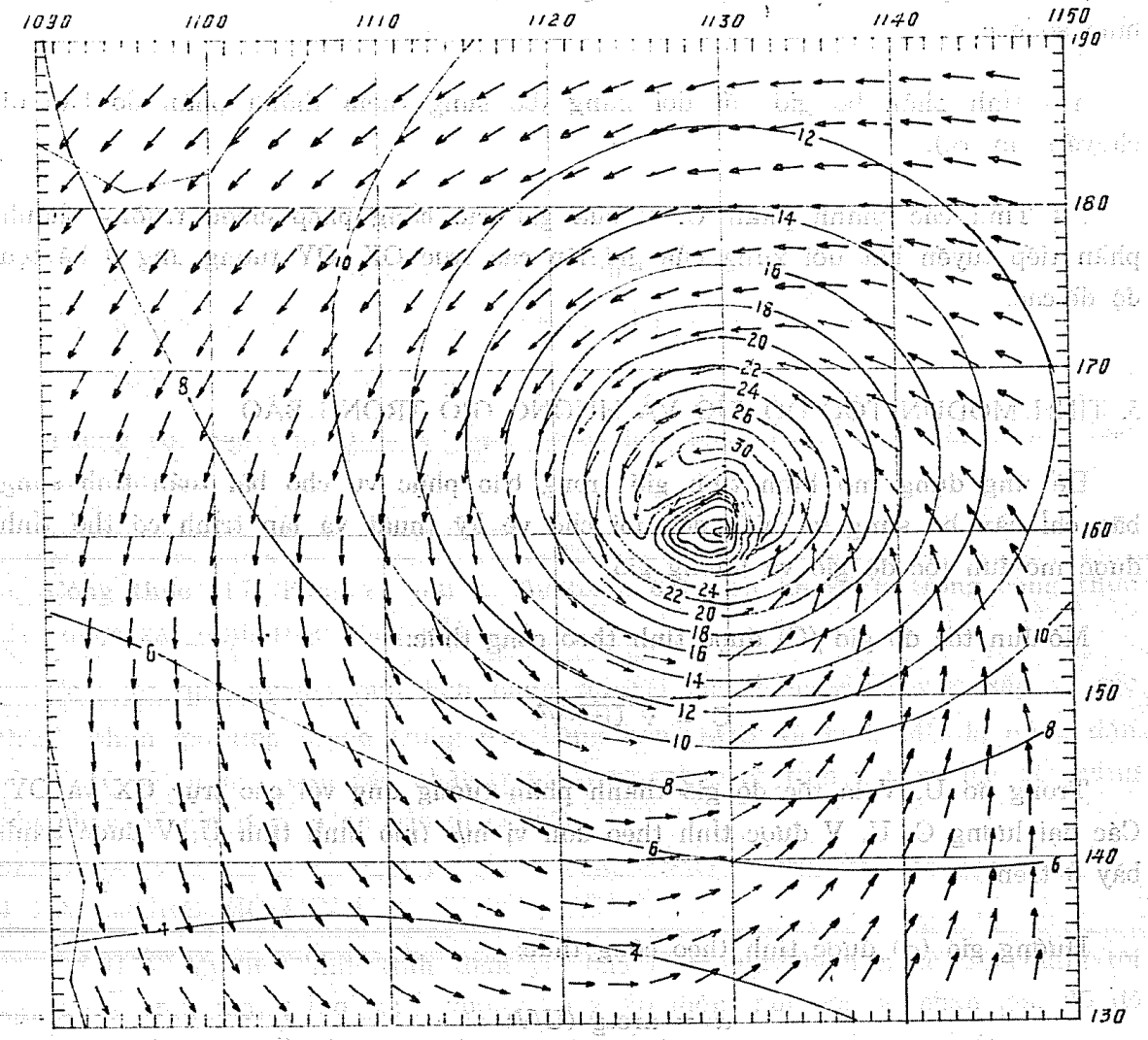
Trong đó U, V là tốc độ gió thành phần tương ứng với các trục OX và OY. Các đại lượng C, U, V được tính theo đơn vị m/s (mô hình tính U, V được trình bày ở trên).

Hướng gió (α) được tính theo công thức:

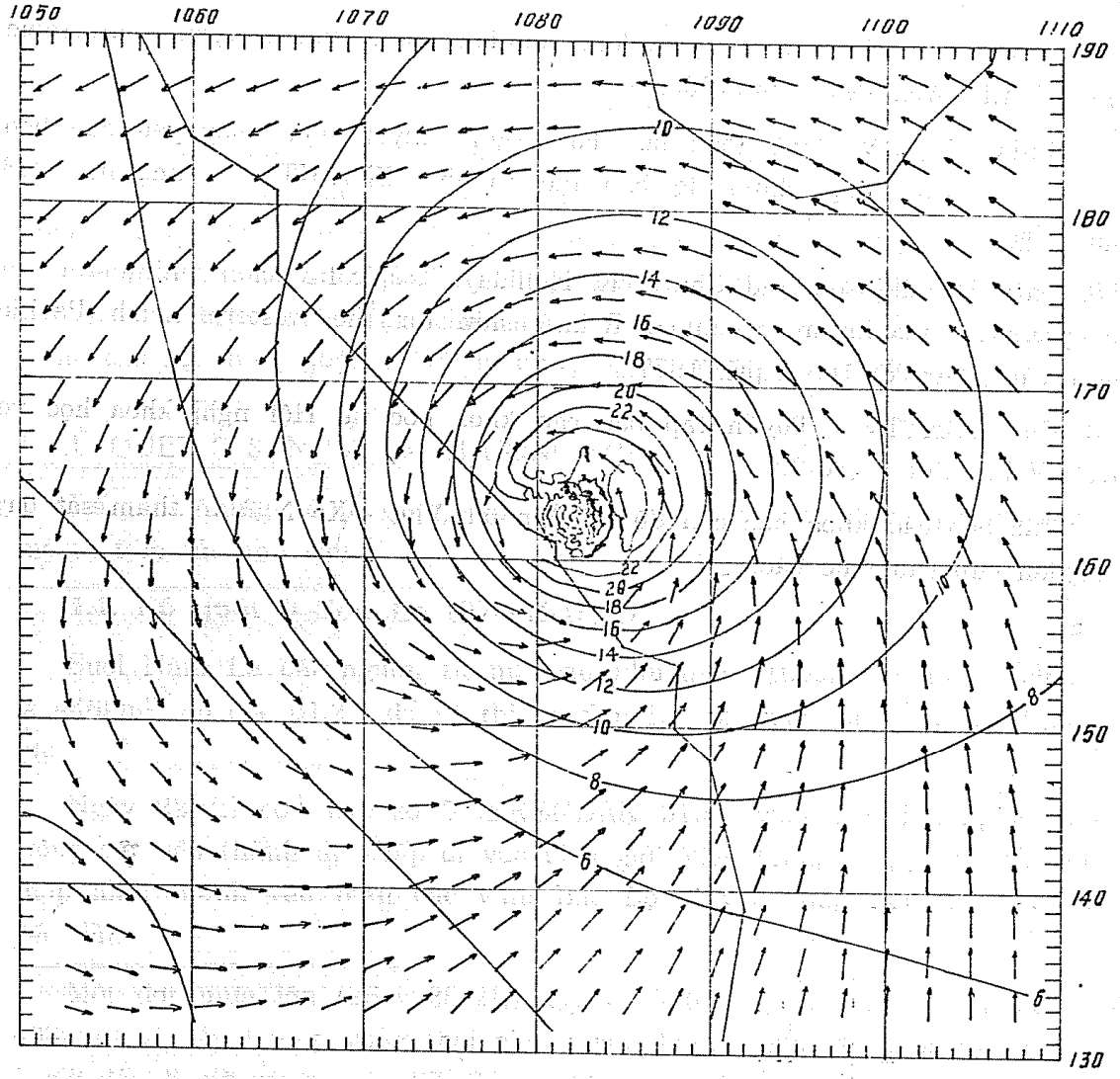
$$\alpha = \text{arctg}\ (U/V)$$

Hướng gió dùng theo mã luật khí tượng quốc tế và quy định số đo của góc α (tính bằng độ) là góc giới hạn bởi trục nam bắc ON. Trong đó, O là điểm quan trắc (tính toán) và cạnh OD, trong đó hướng gió theo chiều từ D tới O. Góc $\alpha = 0^o$ trùng với trục nam bắc và chiều dương (+) của góc thuận chiều kim đồng hồ. Khi đó, gió bắc $\alpha = 0^o$, đông $\alpha = 90^o$, nam = $\alpha = 180^o$ và gió tây $\alpha = 270^o$.

Mô hình tính toán trường thành phần gió U, V và tốc độ gió C trong bão đã được lập trình trên máy vi tính AT, sử dụng ngôn ngữ Fortran, kết hợp với ngôn ngữ Basic. Kết quả tính môdun tốc độ gió trong bão theo mô hình được thử nghiệm cho cơn bão ED vào lúc 18 giờ ngày 16-IX-1990 và lúc 12 giờ ngày 18-IX-1990 (hình 1, 2).



Hình 1. Bản đồ modun tốc độ (m/s) và đường dòng
Bão Ed, 18z ngày 16-IX-1990



Hình 2. Bản đồ modun tốc độ (m/s) và đường dòng
Bão Ed, 12z ngày 18-IX-1990

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Khain A.P. Sutuvin, G.G. Xoáy thuận nhiệt đới và tương tác của chúng với đại dương. NXB KTTV, 1983 (Tiếng Nga).

2. Holland Greg J. An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes Month. Wea. Rev. Vol 108. 1980.

3. Mark Demaria. Tropical Cyclone motion in a nondivergent barotropic model. Month. Wea Rev. July 1985.

4. Su-lay-kin V.V. Tính toán sự phát triển chuyển động, suy yếu của bão nhiệt đới và các sóng chính do bão tạo thành. NXB KTV, Leningrat, 1978 (Tiếng Nga).

5. Gary D. Alkinson and Charle R. Holliday. Tropical Cyclone minimum sea level pressure, maximum sustained Relationship for the western north Pacific Month.Wea.Rev.Vol 105, April 1977.

6. Cục DBKTTV - Tuyển tập báo cáo khoa học tại Hội nghị khoa học về DBKTTV lần thứ 3 (86-90).

7. Các báo cáo khoa học của đề tài hợp tác Việt - Xô N°3 về thám sát bay và nghiên cứu cấu trúc bão.