

ẢNH HƯỞNG CỦA HIỆU ỨNG TÀ ÁP BIÊN — KHÍ QUYỀN ĐẾN CẤU TRÚC CÁC LỚP BIÊN

LÊ NGỌC LÝ

MỞ ĐẦU

TRONG tất cả các công trình nghiên cứu tương tác Biên — Khí quyền hiện nay quá trình tương tác được nghiên cứu bằng các mô hình lớp biên chính áp (barotropic) [1, 2]. Trong tự nhiên tồn tại sự không đồng nhất nằm ngang của nhiệt độ không khí trong lớp biên Khí quyền và sự không đồng nhất nằm ngang của mật độ nước trong Biên. Sự không đồng nhất nằm ngang này ảnh hưởng đến toàn bộ cấu trúc các lớp biên Biên — Khí quyền.

Trong thực tế điều kiện chính áp ít được tuân thủ và trong nhiều trường hợp kết quả của các mô hình chính áp ít được thỏa mãn trong tự nhiên (đặc biệt ở vùng vĩ độ thấp) dù chỉ là gần đúng. Mặt khác các mô hình tà áp (baroclinic) tổng quát hơn các mô hình chính áp.

Chính vì vậy việc nghiên cứu các lớp biên tà áp, xây dựng các mô hình toán—lý của các lớp biên tà áp và việc đánh giá ảnh hưởng của hiệu ứng tà áp đến cấu trúc các lớp biên là vấn đề cần thiết và quan trọng.

Dưới đây trình bày kết quả tính toán các đặc trưng lớp biên Biên — Khí quyền theo mô hình tà áp nếu trong /1/ qua các trị số thí nghiệm.

BÀI TOÁN

Ở đây khảo sát các lớp biên tà áp của Biên và Khí quyền trên cơ sở sử dụng các giả thuyết khép kín hiện tại được chấp nhận.

Hệ các phương trình mô tả các quá trình tương tác hai lớp biên tà áp Biên—Khí quyền bao gồm các phương trình chuyển động, các phương trình cân bằng năng lượng rối, các biểu thức đối với cỡ mạch động rối, hệ số rối của lý thuyết rối bán kinh nghiệm, các biểu thức mô tả hiệu ứng tà áp của Khí quyền — Biên và các biểu thức tăng kết Biên — Khí quyền.

Hệ sau đây đối với sức căng rối không thứ nguyên có được từ [1].

$$\frac{d^2\eta_{ni}}{dz_{ni}^2} + \frac{\sigma_{ni}}{K_{ni}} = \Gamma_{xni}, \quad \frac{d^2\sigma_{ni}}{dz_{ni}^2} - \frac{\eta_{ni}}{K_{ni}} = \Gamma_{yni} \quad (1)$$

$$\frac{\eta_{ni}^2 + \sigma_{ni}^2}{K_{ni}} - K_{ni}R_i + \beta \frac{d}{dz_{ni}} K_{ni} \frac{db_{ni}}{dz_{ni}} = \frac{b_{ni}^2}{K_{ni}} \quad (2)$$

$$K_{ni} = l_{ni} \sqrt{b_{ni}} \quad (3)$$

$$l_{ni} = -2 \frac{\left(\frac{\eta_{ni} + \sigma_{ni}}{K_{ni}} \right)^2 - R_i}{\frac{d}{dz_{ni}} \left[\left(\frac{\eta_{ni} + \sigma_{ni}}{K_{ni}} \right)^2 - R_i \right]} \quad (4)$$

$$\mu = - \frac{g \kappa^2 P_0}{T_0 \rho_1 C_p \lambda v_{+1}^2} \quad (5)$$

$$v = \frac{g \kappa^4}{T_0 \lambda^2} (\gamma_n - \gamma_p) \quad (6)$$

$$R_i = \frac{\mu}{z_{ni}} + v \quad (7)$$

$$R_2 = \frac{g \kappa^4}{\lambda^2 \rho_2} \left[\frac{\Delta \rho_2}{\pi} \frac{m}{1 + m^2 (z_{n2} + z_{nc})^2} + \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\pi} \operatorname{arctgm}(z_{n2} - z_{nc}) + \frac{1}{2} (\Gamma_1 - \Gamma_2) \right] \quad (8)$$

$$\Gamma_{xn1} = \frac{\kappa^2}{\lambda^2} \frac{g}{\theta_1} \frac{\partial \theta_1}{\partial x}, \quad \Gamma_{yn1} = \frac{\kappa^2 g}{\lambda^2 \theta_1} \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial y} \quad (9)$$

$$\Gamma_{xn2} = - \frac{\kappa^2}{\lambda^2} \frac{g}{\rho_2} \frac{\partial \rho_2}{\partial x}, \quad \Gamma_{yn2} = - \frac{\kappa^2}{\lambda^2} \frac{g}{\rho_2} \frac{\partial \rho_2}{\partial y} \quad (10)$$

$$\eta_{ni} = K_{ni} \frac{du_{ni}}{dz_{ni}}, \quad \sigma_{ni} = K_{ni} \frac{dv_{ni}}{dz_{ni}} \quad (11)$$

Các điều kiện biên.

a) Khi $z_{ni} \rightarrow z_{oni}$

$$\eta_{n1}(z_{n1})|_{z_{on1}} = \eta_{n2}(z_{n2})|_{z_{on2}} = 1, \quad \sigma_{n1}(z_{n1})|_{z_{on1}} = \sigma_{n2}(z_{n2})|_{z_{on2}} = 0 \quad (12)$$

$$b_{ni}(z_{ni})|_{z_{oni}} = 1, \quad l_{ni}(z_{ni})|_{z_{oni}} = 0 \quad (13)$$

b) Khi $z_{ni} \rightarrow z_{i\infty}$

$$\eta_{ni}(z_{ni})|_{z_{i\infty}} = \sigma_{ni}(z_{ni})|_{z_{i\infty}} = 0 \quad (14)$$

$$b_{ni}(z_{ni})|_{z_{i\infty}} = 0 \quad (15)$$

Ở đây chỉ số $i = 1$ đối với các đặc trưng Khí quyển.

$i = 2$ đối với các đặc trưng Biên.

n — biểu thị đại lượng nào đó ở dạng không thứ nguyên.

x, y, z_i — Các trục tọa độ; Ox hướng theo sức căng tiếp tuyến trên mặt phân cách nước — Khí. Trục Z_i hướng lên trên đối với Khí quyển và hướng xuống đối với Biên.

u_{ni}, v_{ni} — Các thành phần của tốc độ gió và hải lưu gió.

G_i — Tốc độ gió địa chuyển và hải lưu địa chuyển.

K_{ni} — Các hệ số rối của các lớp biên Biên — Khí quyển.

b_{ni} — Năng lượng dòng rối của hai lớp biên.

v_{+i} — Tốc độ động lực của dòng không khí và nước.

Z_{oni} — Tham số gờ ghề của mặt phân cách hai môi trường nước — Khí.

ρ_1 — Mật độ không khí.

ρ_2 — Mật độ nước.

θ_1 — Nhiệt độ không khí.

l_{ni} — Các cỡ mạch động rối của Khí quyển và Biên.

g — Gia tốc trọng lực.

$\lambda = 2\omega \sin \varphi$ — Tham số Koriolis.

γ_a, γ_p - Gradien thẳng đứng đoạn nhiệt khô và gradien thẳng đứng thực tế của nhiệt độ ở phần trên lớp biên Khí quyển.

P_0 - Dòng nhiệt rơi trên bề mặt phân cách.

Z_{nc} - Độ sâu tầng nhảy vọt mật độ nước Biển.

Γ_1, Γ_2 - Các gradien thẳng đứng mật độ nước Biển của các tầng nước nằm dưới và trên tầng nhảy vọt mật độ nước Biển.

$\Delta\rho_2$ - Chênh lệch mật độ nước Biển ở giới hạn trên và dưới của tầng nhảy vọt mật độ.

m - Tham số điều chỉnh dạng phân bố mật độ nước Biển.

$\chi = 0,4; \beta = 0,54$ - Các hằng số vạn năng của lý thuyết rối bán kinh nghiệm.

μ - Tham số tầng kết Monhin - Obukhop.

ν - Tham số tầng kết Laikhtman.

Các ký hiệu còn lại là quen biết.

Hệ các phương trình (1) ÷ (11) và các điều kiện biên (12) ÷ (15) được giải số đi bằng cách lặp theo $K_{ni}(z_{ni})$. Xấp xỉ đầu tiên trong phép lặp được nhận $K_{ni}^{(0)}(z_{ni}) = z_{ni}$. Lịch phân các phương trình chuyển động (1), (2) và các phương trình cân bằng năng lượng rối (3) bằng phương pháp «progonki» ma trận và «progonki» đơn giản. «Lưới» lịch phân gồm 200 điểm có «bước» không đều cho mỗi lớp biên Khí quyển và Biển. Lịch phân Z_{ni} biến thiên trong khoảng 0 ÷ 2 cho mỗi Z_{ni} .

Thuật toán và sơ đồ khối giải bài toán tương tác hai lớp biên Biển - Khí quyển được nêu trong [2]. Chương trình được viết cho ngôn ngữ FORTRAN - IV và tính trên máy IBM 360/40.

Sau khi giải bài toán nêu trên có được phân bố các hàm vạn năng của hai lớp biên phụ thuộc vào các «tham số bên ngoài» - tham số tầng kết Khí quyển, các tham số tầng kết Biển và các tham số tả áp Γ_{xi}, Γ_{yi} . Dựa vào phân bố các hàm vạn năng:

$u_{ni}, \sigma_{ni}, K_{ni}, b_{ni}, \frac{d\eta_{ni}}{dz_{ni}}, \frac{d\sigma_{ni}}{dz_{ni}}$ và các thành phần của phương trình cân bằng năng lượng, theo các công thức nêu trong [1] tính được profin vạn năng tốc độ gió, hải lưu

gió, hệ số ma sát địa chuyển χ , góc lệch α_1 - góc giữa gió địa chuyển và sức căng tiếp tuyến trên mặt và toàn bộ các đặc trưng khác của hai lớp biên Biển - Khí quyển.

Các đặc trưng không thứ nguyên của hai lớp biên được đưa về các đặc trưng thứ nguyên nhờ các biểu thức sau [1]:

$$u_i = (-1)^{i+1} \chi G_{1u_{ni}}, \quad v_i = (-1)^{i+1} \chi G_{1v_{ni}} \quad (16)$$

$$z_i = z_{ni} L_i, \quad L_i = \frac{\chi^2 \chi_{G1}}{\lambda}$$

Ở đây L_i - Cơ độ dày các lớp biên Biển - Khí quyển.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Các số trị thí nghiệm được tiến hành cho vĩ độ $\varphi = 14^\circ N$, tầng kết Khí quyển $\mu = -8$, $\Gamma_1 = 10^{-6} g/cm^3/m$, $\Gamma_2 = 10^{-5} g/cm^3/m$; $Z_{nc} = 0,25$, $\Delta\rho_2 = 4,5 \cdot 10^{-3} g/cm^3$ và cho các trường hợp của tham số tả áp như sau:

$$1 - \Gamma_{x1} = 0, \quad \Gamma_{y1} = 0, \quad \Gamma_{x2} = 0, \quad \Gamma_{y2} = 0$$

$$2 - \Gamma_{x1} = 10, \quad \Gamma_{y1} = -10, \quad \Gamma_{x2} = 0, \quad \Gamma_{y2} = 0$$

$$3 - \Gamma_{x1} = 0, \quad \Gamma_{y1} = 0, \quad \Gamma_{x2} = 10, \quad \Gamma_{y2} = -10$$

Các giá trị Γ_{xi} , Γ_{yi} lựa chọn dựa trên số liệu đo đạc thực tế. Đối với vĩ độ $\varphi = 10^\circ \div 15^\circ$ giá trị $\Gamma_{x1} = \Gamma_{y1} = 10$ tương ứng với gradien nằm ngang của nhiệt độ không khí: $\sqrt{(\partial T/\partial x)^2 + (\partial T/\partial y)^2} = 0,15^\circ\text{C}/100\text{ km}$. Cũng đối với giới hạn vĩ độ trên $\Gamma_{x2} = \Gamma_{y2} = 10$ trong Biên tương ứng với gradien nằm ngang của mật độ nước Biển:

$$\sqrt{(\partial \rho_2/\partial x)^2 + (\partial \rho_2/\partial y)^2} = 8.10^{-2} \text{ g/cm}^3/100 \text{ km}$$

Kết quả của các số trị thí nghiệm được trình bày trong bảng 1 và các hình vẽ 1-4.

CÁC ĐẶC TRUNG CƠ BẢN CỦA HAI LỚP BIÊN BIÊN - KHÍ QUYỀN

Bảng 1.

$\mu = -8$; $\varphi = 14^\circ\text{N}$.

Z_0 cm	C_{10} m/s	C_0 cm/s	$\frac{C_0}{G_1} 10^3$	$\left(\frac{V+1}{C_{10}}\right)^2 10^3$	H_1 m	χ	$K_1 \frac{H_1}{100}$ m ² /s	$-\alpha_1$ độ	H_2 m	$K_2 \frac{H_2}{100}$ cm ² /s
$\Gamma_{x1} = 0, \quad \Gamma_{x2} = 0, \quad \Gamma_{y1} = 0, \quad \Gamma_{y2} = 0, \quad G_1 = 25\text{m/s}$										
0,020	23,6	87,2	3,5	0,69	1768	0,06	6,40	11,8	80	104,2
$\Gamma_{x1} = 10, \quad \Gamma_{y1} = -10, \quad \Gamma_{x2} = 0, \quad \Gamma_{y2} = 0, \quad G_1 = 20\text{m/s}$										
0,069	19,1	59,3	2,97	0,37	8376	0,05	9,14	-38,7	75	55,8
$\Gamma_{x1} = 0, \quad \Gamma_{y1} = 0, \quad \Gamma_{x2} = 10, \quad \Gamma_{y2} = -10; \quad G_1 = 20\text{m/s}$										
0,075	17,2	72,6	3,63	0,50	1737	0,05	3,75	0,06	313	147,7

Kết quả tính toán các đặc trưng cơ bản của hai lớp biên Biên - Khí quyền trình bày ở bảng 1 ứng với các tham số bên ngoài $\mu = -8$; $G_1 = 25\text{m/s}$, $G_1 = 20\text{m/s}$ và 3 trường hợp của Γ_{xi} và Γ_{yi} nêu trên. Ở đây C_{10} - tốc độ gió ở độ cao 10 trên Biên; C_0 - tốc độ hải lưu bề mặt; $C_A = \frac{C_0}{G_1} 10^3$ - Hệ số gió, $C_D = \left(\frac{V+1}{C_{10}}\right)^2 10^3$ - Hệ số ma sát;

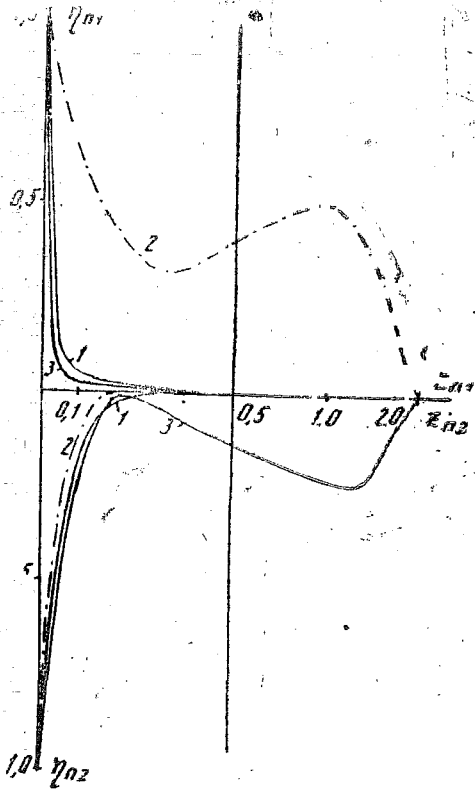
$K_1 \frac{H_1}{100}$, $K_2 \frac{H_2}{100}$ - Các hệ số rối của hai lớp biên ở độ cao 1% độ cao (độ sâu) lớp biên.

Bảng 1 cho thấy hiệu ứng tà áp của Khí quyền và Biên ảnh hưởng đến toàn bộ cấu trúc hai lớp biên. Điều vừa nói cũng thấy rõ qua các hình vẽ 1-4 đối với $\mu = -8$ tương ứng với 3 trường hợp khác nhau (số ghi bên đường biểu diễn chỉ số trường hợp tương ứng).

Hình vẽ 1 cho thấy profin sức căng rối của Khí quyền và Biên trong mô hình tà áp khác nhiều với kết quả của trường hợp chính áp. Trong lớp biên Khí quyền và Biên thành phần dọc sức căng rối giảm nhanh với độ cao, độ sâu như trường hợp chính áp, nhưng trong trường hợp tà áp sức căng rối có một cực đại ở độ cao và độ sâu lớn hơn - nghĩa là lớp biên Khí quyền và Biên trong trường hợp tà áp được kéo cao hơn và sâu hơn. Điều này thể hiện rõ trong bảng 1 khi độ cao lớp biên khí quyền ở trường hợp chính áp ứng với $G = 25\text{m/s}$ là 1786m, trong trường hợp tà áp độ cao này lên tới 8376m ứng với $G_1 = 20\text{m/s}$. Đối với lớp biên Biên kết quả nhận được tương tự như lớp biên Khí quyền.

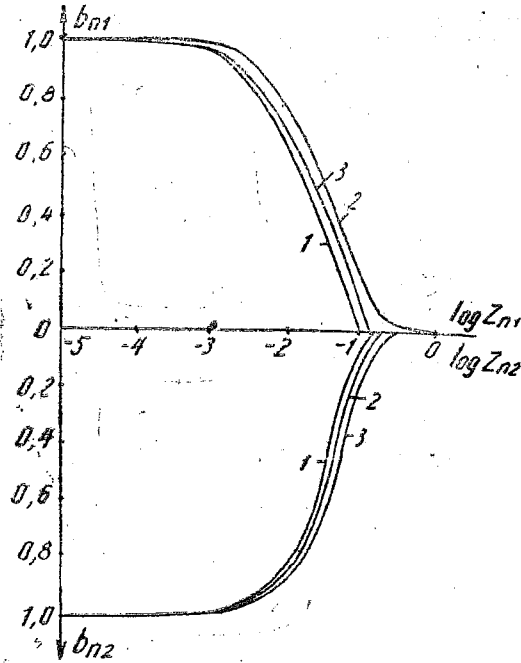
Hình 2 cho phân bố năng lượng rối của khí quyền và Biên theo độ cao, độ sâu. Từ hình vẽ thấy rằng, hiệu ứng tà áp làm tăng thêm năng lượng rối trong hai lớp biên Biên và Khí quyền.

Hình 3 biểu diễn profin hệ số rối Khí quyển ứng với ba trường hợp của hiệu ứng là áp nổi trên; Thấy rõ là hiệu ứng tà áp ảnh hưởng rất lớn đến hình dạng profin hệ số rối Khí quyển. Khi tồn tại hiệu ứng tà áp Khí quyển và không có hiệu ứng tà áp Biên (trường hợp 2) hệ số rối có hai cực đại. Tất nhiên sự khác biệt này so với trường hợp 1 (chính áp) càng lớn khi Γ_{x1} , Γ_{y1} càng lớn.



Hình 1

Phân bố thành phần sức căng rối thứ nguyên của khí quyển và biển



Hình 2

Phân bố năng lượng rối không thứ nguyên của khí quyển và biển

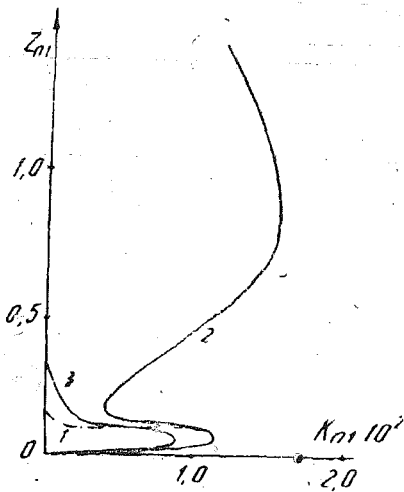
Trên hình 4 profin hệ số rối Biên là rất phức tạp (có 3 cực đại) trong trường hợp tồn tại hiệu ứng tà áp Biên (trường hợp 3). Hình 3, hình 4 thấy rõ độ cao và độ sâu các lớp rối Khí quyển - Biên tăng lên nhiều trong trường hợp tà áp. Thấy rằng ảnh hưởng này càng lớn (sự khác biệt giữa các trường hợp càng lớn) khi các giá trị số của Γ_{x1} , Γ_{y1} , Γ_{x2} , Γ_{y2} càng lớn.

Ở đây cũng cần thấy rằng gradien nằm ngang của nhiệt độ không khí $0,15^\circ\text{C}/100\text{km}$ ứng với $\Gamma_{x1} = \Gamma_{y1} = 10$ tại vĩ độ trong giới hạn $\varphi = 10^\circ \div 15^\circ$ là nhỏ; trong thực tế thường gặp những giá trị gradien nằm ngang của nhiệt độ không khí lớn hơn nhiều. Nghĩa là với một giá trị gradien nằm ngang nhiệt độ nhỏ ta vẫn có các giá trị Γ_{x1} , Γ_{y1} tương đối lớn vì ở vĩ độ thấp tham số λ trong (9), (10) là nhỏ.

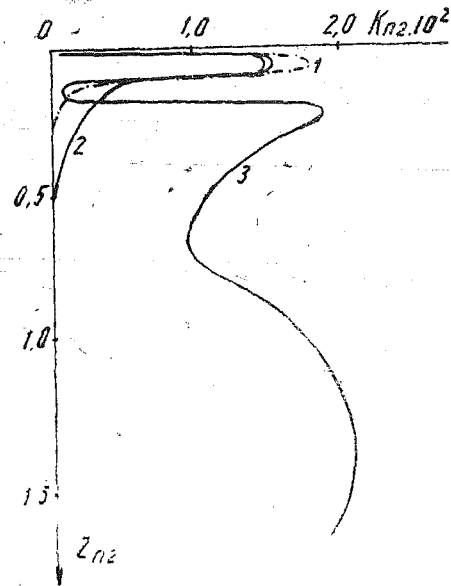
Tương tự như vậy có thể nói về hiệu ứng tà áp Biên. Cũng cần thấy rằng giá trị gradien nằm ngang của mật độ nước Biển; $8 \cdot 10^{-29}\text{g}/\text{cm}^3/100\text{km}$ là giá trị gradien trung bình trong thực tế. Trong tự nhiên cũng thường gặp các gradien nằm ngang của mật độ nước Biển có giá trị như vậy.

Vậy, ngay cả khi giá trị gradien nằm ngang của nhiệt độ không khí và mật độ nước Biển là nhỏ ở vùng vĩ độ thấp, ảnh hưởng của hiệu ứng tà áp đến cấu trúc các lớp biên Biển - Khí quyển là đáng kể, đặc biệt đối với các profin hệ số rối.

Thấy rằng, các trị số của các đặc trưng hai lớp biên qua các thí nghiệm số trị trong bảng 1 và các hình vẽ là chấp nhận được trong thực tế.



Hình 3
Phân bố hệ số rối khí quyển
theo độ cao



Hình 4
Phân bố hệ số rối của
biên theo độ sâu

KẾT LUẬN

— Hiệu ứng tà áp của Biên và Khí quyển ảnh hưởng đáng kể đến cấu trúc hai lớp biên, chẳng hạn ảnh hưởng lớn đến profin hệ số rối Khí quyển và Biên.

— Mô hình lý thuyết nêu trong [1] có thể sử dụng trong thực tế để tính toán các đặc trưng hai lớp biên tà áp Biên — Khí quyển trong sự tương tác, kể cả việc sử dụng để tính toán các đặc trưng lớp biên Khí quyển trên đất liền khi loại bỏ phần mô tả lớp biên Biên.

Địa chỉ:
Đài Khí Tượng Thủy Văn
Thành phố Hồ Chí Minh

Nhận ngày 13-6-1980

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. LÊ NGỌC LÝ. Mô hình lý thuyết của tương tác các lớp biên tà áp của Biên và Khí quyển. Tạp chí CƠ HỌC, số 1, 1980
2. LÊ NGỌC LÝ. Mô hình tương tác các lớp biên Biên — Khí quyển. Tập san Khí tượng Thủy văn — Tổng cục Khí tượng Thủy văn Hà nội — 1980.

SUMMARY

INFLUENCE OF AIR AND SEA BAROCLINIC EFFECTS ON THE STRUCTURE OF THE BOUNDARY LAYERS

The influence of Air and Sea baroclinic effects on the boundary structure is studied by various numerical experiments for different baroclinic parametres Γ_{xi} , Γ_{yi}

The result obtained in calculation show that the baroclinic effects have strong influence on the structure of both boundary layers, especially on the profiles of Air and Sea turbulence coefficients.