

## L C C N VÀ L C N Â N G

### I. I C NG

Ch ng này nghiên c u v l c do l u ch t tác d ng lên c th khi nó chuy n ng t ng i v i l u ch t. S c y Archimède và tr ng l c không xét n ây vì ó là l c t nh.

L u ch t trong tr ng h p này là có th có biên gi i c nh hay t do, h u h n hay vô h n. Ch ng này gi i h n trong ph m vi l u ch t chuy n ng không nén c.

N u s phân b ng su t quanh c th xác nh c theo m t h à m s i v i th i gian, ta có th có toàn b h th ng ph ng trình nghiên c u n nh, s chuy n ng và qu o c th . Trên nguyên t c ó là h th ng ph ng trình t ng h p các ph ng trình Euler v chuy n ng c a c th và các ph ng trình Navier-Stokes c a l u ch t th c. Nh ng gi i h th ng ph ng trình này r t khó kh n, ngay c tr ng h p c th có hình d ng n gi n trong l u chuy n t ng c ng r t khó.

Thông th ng ta ch mu n tìm c nh ng i l ng toàn th nh các h s l c và các h s quán tính do l u ch t t ng tác lên c th . Trong th c t ng i ta có th c tính c nh ng i l ng này mà không c n ph i gi i h th ng ph ng trình, ho c ng i ta có th xác nh t các k t qu th c nghi m.

Khi l u ch t th c không nén c ch y n ng qua c th , hay khi c th chuy n ng trong l u ch t c nh có hai lo i l c tác d ng lên b m t c th : l c do áp su t và l c do ng su t ma sát. i v i m t ph n t di n tích b m t, l c áp su t có ph ng pháp tuy n và l c ma sát có ph ng ti p tuy n.

Thành ph n c a t ng l c chi u trên ph ng chuy n ng c a c th g i là l c c n. Khi l y tích phân trên toàn b b m t c th ta có l c c n hình d ng.

N u c th chuy n ng t o ra trên b m t l u ch t, l c c n do nh h ng t o sóng g i là l c c n sóng.

iv i l u ch t trong chuy n ng nén c, t c là khi có sóng nén, thành ph n l c c n sóng t ng ng g i là l c c n sóng s c hay sóng nén.

iv i cánh h u h n (cánh 3 chi u không gian) thành ph n l c n âng t o nên m t thành ph n l c c n n a g i là l c c n c m ng hay l c c n xoáy.

Trong chuy n ng th ng tr c c a l u ch t lý t ng ( $\mu=0$ ) ch có áp l c hi n h u nên l c c n th ng b ng 0, tr tr ng h p l u tuy n t do.

## **II. L C C N**

Khi không có l c c n sóng và l c c n c m ng, thì l c c n toàn th là l c c n hình d ng, có th hoàn toàn do l c c n áp su t ho c hoàn toàn do l c c n ma sát, ho c t ng h p c hai tr ng h p ó tùy vào hình d ng c a v t th trong chuy n ng. S phát tri n và tách r i l p biên óng vai trò quan tr ng iv i l c c n ma sát, iv i vùng v t h u l u sau v t th (wake) và iv i c s phân b áp su t trên b m t c th và do ó có nh h ng n l c c n áp su t.

$$\text{H s l c c n c nh ngh a: } C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$$

A là di n tích tiêu bi u - th ng là di n tích b m t ma sát, di n tích chính di n hay di n tích bình i n c th .

H s l c c n  $C_D$  là m t hàm c a hình d ng c th , s Reynolds  $Re$ , s Mach  $M$ , và s Froude  $Fr$ , nhám b m t, r i dòng l u chuy n t do.

### **1. L c c n ma sát**

L c c m ma sát thu n túy x y ra trong tr ng h p l u ch t chuy n ng song song v i b m t t m ph ng. H s ma sát trung bình  $C_f$  hay h s l c c n  $C_D$  tùy vào i u ki n l p biên t ng hay r i - t c tùy vào s  $Re$ .

$$\text{Khi l p biên t ng, } C_f \text{ tùy vào } Re_{XL} \left( Re_{XL} = \frac{U_s \cdot X_L}{\nu} \right)$$

Khi l p biên r i,  $C_f$  tùy vào  $Re_{XL}$ , tùy v trí t i h n, tùy nhám b m t và r i dòng t do.

#### **+ T m ph ng**

*L p biên t ng* ( $Re_{XL} < 5 \cdot 10^5$ ) trên t m ph ng tr n

K t qu g n úng c a Karman là:

$$C_f = 1,292 \cdot Re_{XL}^{-1/2} \quad (8.1)$$

K t qu chính c a Blasius là:

$$C_f = 1,328 \operatorname{Re}_{XL}^{-1/2} \quad (8.2)$$

*L p biên r i trên t m ph ng*

Khi  $\operatorname{Re}_{XL}$  trong kho ng  $5 \cdot 10^5 \div 10^7$ :

K t qu g n úng c a ph ng pháp Larman – Blasius là:

$$C_f = 0,072 \operatorname{Re}_{XL}^{-1/5} \quad (8.3)$$

K t qu th c nghi m là:

$$C_f = 0,074 \operatorname{Re}_{XL}^{-1/5} \quad (8.4)$$

Khi  $\operatorname{Re}_{XL}$  trong kho ng  $10^7 \div 10^9$ , k t qu Schlichting là:

$$C_f = \frac{0,455}{(\log_{10} \operatorname{Re}_{XL})^{2,58}} \quad (8.5)$$

Schoenherr a ra công th c th c nghi m sau cho tr ng h p  $\operatorname{Re}_{xl} \text{ t } 10^6 - 10^{10}$

$$\frac{0,242}{\sqrt{C_f}} = \log_{10}(\operatorname{Re}_{XL} C_f) \quad (8.6)$$

### **+ C th d ng l u tuy n**

ây là lo i c th có d ng b m t không t o ra s tách r i biên. Vì có nh ng tr ng h p c th v i hình d ng nh t nh nh ng t o ra s tách r i l p s  $\operatorname{Re}$  th p hay khi s r i dòng t do th p mà l i không b tách r i l p biên s  $\operatorname{Re}$  cao hay r i dòng t do l n. Nh th c d ng l u tuy n là tùy i u k i n. L c c n c th d ng l u tuy n ch y u là do ma sát b m t

### ***L p biên t ng***

Khi ch s  $\operatorname{Re} = \frac{UC}{\nu} < 10^5$ , v i c là cung hay chi u dài, s tách r i l p biên x y ra tr

phi  $\frac{t}{c} < 0,1$ .

K t qu thí nghi m cho:

$$C_D = 2C_f \left[ 1 + \frac{t}{c} + \left( \frac{t}{c} \right)^2 \right] \quad \text{khi} \quad \begin{cases} \operatorname{Re} < 10^5 \\ \frac{t}{c} < 0,1 \end{cases} \quad (8.7)$$

ây t là b dày c th , c là chi u dài hay là dây cung c th ,  $C_f$  là h s ma sát trung bình c a t m ph ng dài c.

### ***L p biên r i***

s. Re l n h n tr s t i h n l p biên tr thành r i, l p biên không tách r i t s  $\frac{t}{c} < 0,4$ . Trong tr ãng h p này c ã th là d ãng l u tuy n, nh ãng Re th p h n tr s t i h n thì có h i n t ãng tách r i l p biên t ãng và c ã th có d ãng phi l u tuy n

K t qu thí nghi m cho:

$$C_D = 2C_f \left[ 1 + k \frac{t}{c} + 60 \left( \frac{t}{c} \right)^4 \right] \text{ khi } \begin{cases} Re_c > 10^7 \\ \frac{t}{c} < 0,4 \end{cases} \quad (8.8)$$

ây  $C_f$  là h s ma sát trung bình c a t m ph ãng dài c khi l p biên r i và h s k tùy vào v trí  $x_m$  c a i m có b dày t i a t.

$k=2$  khi  $x_m = 0.3$

$k=1,2$  khi  $x_m = 0.5$

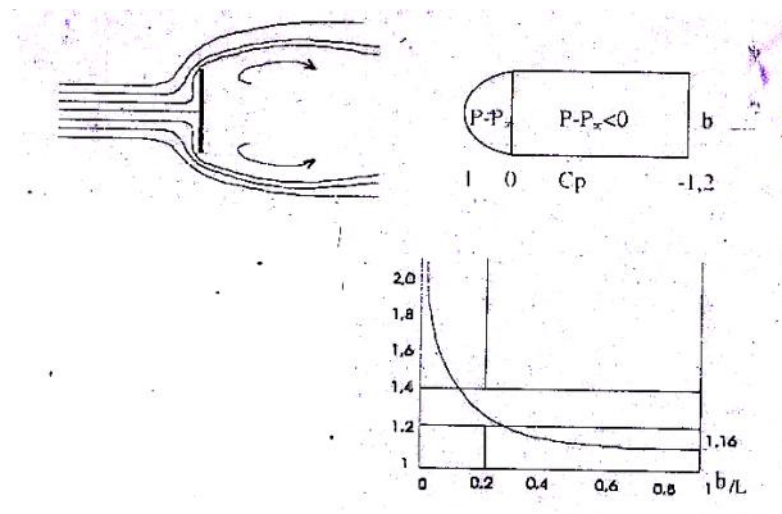
Khi  $Re_c$  trong kho ãng  $10^5 - 10^7$ , h s l c c n tùy thu c vào s phân b áp su t trên b m t c ã th và s b t n c a l p biên. Thông th ãng  $C_D$  trong kho ãng này l n h n  $C_D$  n u còn l p biên t ãng.

## 2. L c c n áp su t

L c c n áp su t thu n túy x y ra nh tr ãng h p t m ph ãng th ãng góc v i dòng chuy n ãng - L c ma sát th ãng góc v i ph ãng chuy n ãng nên không t o thành ph n l c c n ma sát. Nó ch ãnh h ãng n b dày l p biên và s phân b áp su t trên b m t t m ph ãng. Chính i u k i n l u ch t th c có ma sát làm l p biên tách r i sau t m ph ãng t o nên s khác bi t áp su t l ãng i a hai m t t m ph ãng.

H s l c c n thu n túy tùy vào hình d ãng t m ph ãng và s Reynolds.

N u t m ph ãng ch ãnh tr ãng b, dài vô h n, s phân b áp su t tiêu bi u nh sau



$$C_p = \frac{P - P_\infty}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} \quad (8.9)$$

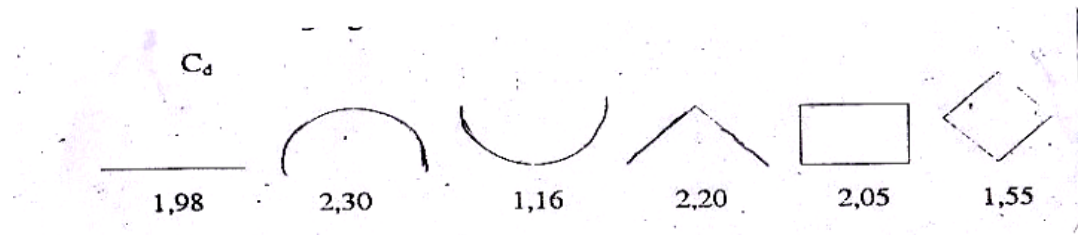
í v í t m ph ng ch nh t, h s l c c n  $C_D$  tùy vào s  $Re_b$  và t l hình h c  $\frac{b}{L}$ ,

Khi  $Re_b > 1000$ ,  $C_D = 1,16$  v í  $\frac{b}{L} = 0,4 \div 1$

í v í t m ph ng tròn, khi  $Re_b > 1000$ ,  $C_D = 1,12$

+ C th có d ng phi l u tuy n t c có hình d ng tách r í l p biên. L c c n ch yếu là do áp su t. Ngoài tr ng h p t m ph ng còn có các d ng bán tr , bán c u...

Sau ây là h s  $C_D$  c a m t s c th có chi u dài r t l n so v í kích th c b m t ngang



### 3. L c c n hình d ng

L c c n hình d ng là t ng h p l c c n ma sát và l c c n áp su t, và tùy thu c vào hình d ng v t th . Nh trong tr ng h p l c c n c a hình c u hay hình tr (v n t c l u ch t th ng góc v í tr c c a hình tr ).

#### + Hình tr

Khi  $Re_D < 0,5$  Lamb gi i ph ng trình Navier Stokes cho h s l c c n:

$$C_D = \frac{8\pi}{2Re_D - Re_D \ln(Re_D)} \quad (8.10)$$

#### + Hình c u

Khi  $Re_D < 0,1$  Stokes gi i ph ng trình Navier Stokes cho l c c n

$$F_D = 3\mu U_s \pi D \quad \text{t c} \quad C_D = \frac{24}{Re_D} \quad (8.11)$$

Oseen gi i thích chính xác h n cho

$$C_D = \frac{24}{Re_D} \left(1 + \frac{3}{16} Re_D\right) \quad \text{khi } Re_D < 1 \quad (8.12)$$

K t qu th c nghi m cho th y:

$$C_D = \frac{24}{Re_D} \left(1 + \frac{3}{16} Re_D\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{khi } Re_D < 100 \quad (8.13)$$

Ng i ta ng d ng k t qu c a Stokes (khi  $Re_D < 0,1$ ) o h s nh t ng h c l u ch t b ng thí nghi m r i t do n gi n.

Hình c u có kh i l ng riêng  $\rho_c$  , ng kính  $D$  r i trong l u ch t kh i l ng riêng  $\rho_e$  h s nh n m và t v n t c t i h n  $U_s$ .

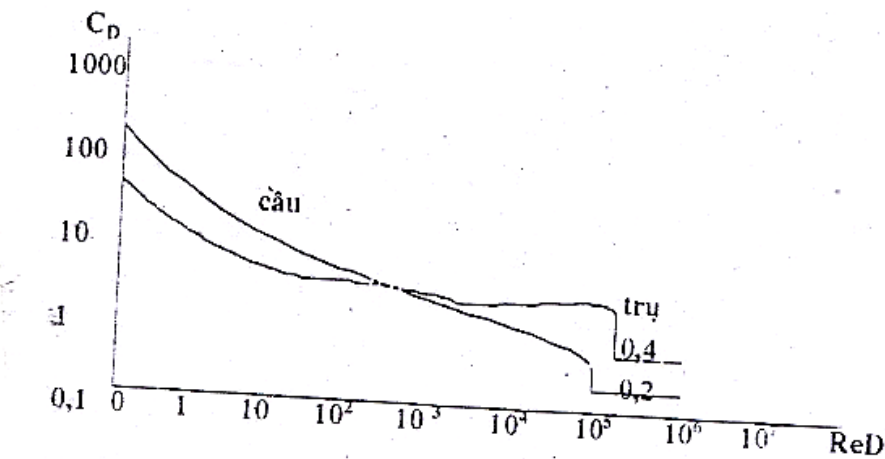
Cân b ng l c Archimede , tr ng l ng và l c c n cho:

$$\rho_e g \frac{\pi D^3}{6} + 3\mu U_s \pi D = \rho_c g \frac{\pi D^3}{6} \quad (8.14)$$

$$\mu = \frac{g D^2 (\rho_c - \rho_e)}{18} \quad (8.15)$$

Khi l u ch t trong ng tr ng kính  $D_c$  (không l n h n ng kính c u nhi u l n) thì v n t c  $U_m$  o c nh h n v n t c  $U_s$  c a hình c u r i t do trong l u ch t vô h n . Do ó ph i i u ch nh  $U_m$  có  $U_s$

$$U_s = \left(1 + 2,4 \frac{D_c}{D_t}\right) U_m \quad (8.16)$$



### + H s l c c n g i m s Reynolds t i h n

Khi  $Re_D > 10^3$  l p biên t ng tách r i kh i b m t hình c u hay tr t o vùng v t h u l u l n. H s l c c n không còn gi m khi  $Re_D$  t ng n a mà có tr s g n nh h ng (h i t ng m t t i ) cho n kho ng  $Re_D = 300.000$ , l p biên tr n n r i, b m tr l i b m t c th m t kho ng làm h u l u nh l i. K t qu là h s l u c n gi m t ng t (xem gi n  $C_D - Re_D$ ).

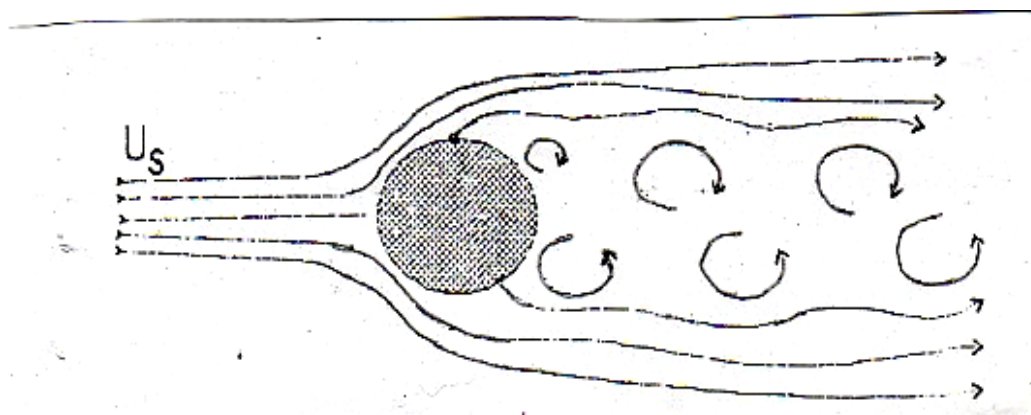
i v i hình tr  $Re_D$  t i h n là 500.000. i v i hình c u  $Re_D$  t i h n là 300.000

## L C C N VÀ L C N ÂNG

Khi b m t c th nhám hay dòng l u t do có r i áng k , s Reynolds t i h n có th nh h n, tr ng h p này h s  $C_D$  có th làm gi m s Reynolds t i h n nh h n 300.000 cho hình tr .

r i dòng l u t do trong h m gió tr c ây c xác nh b ng s Reynolds t i h n c a hình c u r t t r n (là s  $Re$  làm gi m h s  $C_D$  t ng t ). c àng l n thì  $Re_D$  t i h n c àng nh - h s  $C_D$  gi m t ng t  $R_D$  nh h n. Nay r i sòng t do c xác nh b ng phong t c k dâ y nóng (hotwire anemometer).

Khi l p biên tách r i, chúng t o ra nh ng xoáy trong vùng v t h u l u hình tr , các xoáy này c ti p t c phát sinh l n l t m i bên m t cái. Vì c này làm nh h ng n s phân b áp su t trên b m t tr , tính b t i x ng t o ra l c th ng góc v i ph ng chuy n ng c a l u ch t và này i chi u theo chu kì phát sinh xoáy. K t qu là s dao ng c a hình tr - là tỉ ng reo c a dâ y i n, c a lá thông.



K t qu th c nghi m cho th y s Strouhal  $S$  là m t hàm c a s Reynolds  $Re_d$

$$S = nd/U_s$$

V i n là chu k m i giây, d là kho ng cách gi a vùng tách r i l p biên.

Khi  $Re_d > 700$ ,  $S$  là m t h ng s c l p v i  $Re_d$

$$S = 0,21 \text{ cho hình tr ng kính } d$$

$$S = 0,18 \text{ cho t m ch nh t c nh } d$$

Khi  $Re_d < 700$ ,  $S$  gi m nhanh khi  $Re_d$  c àng nh .

$$S = 0,12 \text{ khi } Re_d = 50.$$

$$S = 0,17 \text{ khi } Re_d = 100$$

$$S = 0,20 \text{ khi } Re_d = 300.$$

### 4. L c c n sóng

Khi thuy n chuy n ng trên m t n c, sóng b m t c phát sinh m n n c và sau tàu thuy n. L c c n bao g m:

## L C C N VÀ L C N ÂNG

---

➤ L c c n do ma sát b m t.

➤ L c c n do sóng.

➤ L c c n do xoáy uôi

L c c n do xoáy uôi vùng v t h u l u tàu thủy n th ng chỉ m ph n t l nh và r t ít thay i v i s Reynolds.

H s l c c n toàn th  $C_D$  trong tr ng h p này tùy thu c vào c s Re và Fr.

$$C_D = f_n(Re, Fr)$$

i u ki n ng d ng ng l c h c òi h i tàu mô hình và tàu thủy n th c ph i cùng s Re và s Fr :

$$C_{Dm} = C_{Dt}$$

Nh ng không th t o i u ki n ó vì  $\left(\frac{L_m}{L_t}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{v_m}{v_t}$  không th th c hi n c tr phi

$$\frac{L_m}{L_t} = 1.$$

Froude gi thủy t:  $C_D = f_{n1}(Re) + f_{n2}(Fr)$

$$C_D = C_{Dms} + C_{Dsóng}$$

Trong ó l c c n do ma sát b m t c tính riêng theo gi thủy t tr ng l c ó b ng l c c n ma sát trên m t t m ph ng cùng chi u dài, cùng di n tích t và di chuy n cùng v n t c u.

Ph n l c c n còn l i g m c nh h ng sóng và xoáy uôi - c l p v i s Reynolds và c xác nh t mô hình cùng s Froude.

Mô hình tàu thủy n c thí nghi m trong i u ki n cùng s Froude.

H s  $C_{D \text{ mô hình}}$  tính c t l c c n toàn th o c c a mô hình. h s

$C_{D \text{ ma sát}}$  tính theo t m ph ng v i cùng i u ki n s  $Re_{\text{mô hình}}$  c a thí nghi m mô hình Froude, và t ó ta tìm c h s  $C_{D \text{ sóng}}$ . H s  $C_{D \text{ ma sát}}$  th c tính theo t m ph ng v i cùng i u ki n  $Re_{\text{th c}}$ , r i c ng v i  $C_{D \text{ sóng}}$  có  $C_{D \text{ th c}}$ .

$$C_{D \text{ mô hình}} = C_{D \text{ ma sát}} + C_{D \text{ sóng}}$$

( o  $F_D$  mô hình và tính  $C_D$ ) (Tính theo t m ph ng) (Thí nghi m cùng Froude)

$$C_{D \text{ th c}} \Leftarrow C_{D \text{ ma sát}} + (C_{D \text{ sóng}})_{\text{th c}}$$

(Tính theo ph ng) ( ng d ng Fr)

## III. L C N ÂNG

### 1. C s lý thủy t:



S phân bố ứng suất quanh có thể xác định được theo một hàm số ở vị trí bất kỳ, ta có thể có toàn bộ hệ thống phương trình nghiên cứu như, sự chuyển động và quá trình có thể. Trên nguyên tắc đó là hệ thống phương trình tổng hợp các phương trình Euler và chuyển động của chất và các phương trình Navier-Stokes của lưu chất thực. Nhưng giải hệ thống phương trình này rất khó khăn, ngay cả trường hợp chất có hình dạng đơn giản trong lưu chuyển cũng rất khó khăn.

Thông thường ta chỉ muốn tìm được những đại lượng toàn phần như các hệ số và các hệ số quán tính do lưu chất tác động lên chất. Trong thực tế thì ta có thể tính được những đại lượng này mà không cần phải giải hệ phương trình hoặc ngay cả ta có thể xác định các kết quả thực nghiệm.

Khi lưu chất không nén được chuyển động qua chất hay khi chất chuyển động trong lưu chất nhớt, có hai loại lực tác động lên bề mặt chất: lực do áp suất và lực do ứng suất ma sát. Ở vị trí mặt phân tích bất kỳ, lực áp suất có phương pháp tuyến và lực ma sát có phương tiếp tuyến.

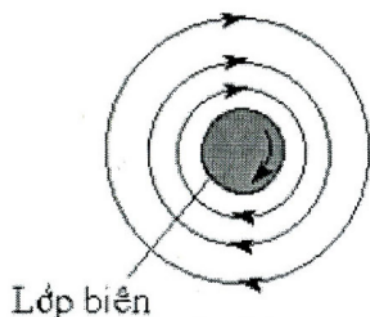
Thành phần tiếp tuyến lực chỉ xuất hiện trên phương tiếp tuyến góc của chuyển động là lực nâng. Khi lấy tích phân thành phần lực nâng trên toàn bộ bề mặt chất ta có lực nâng của chất.

## 2. Lực nâng:

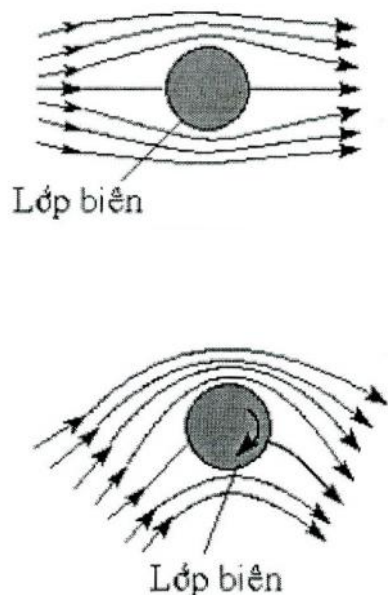
### 2.1 Lực nâng do xoáy:

Khi chuyển động của hình trụ trong lưu chất lý tưởng sẽ chỉ gặp thêm bề mặt xoáy tạo do quanh hình trụ. Lưu chất tạo ra lực nâng tác động lên hình trụ, đó là hiện tượng Magnus. Lưu chất thực cũng có hiện tượng đó.

Lực tác động vào hình trụ quay. Hiện tượng Magnus



Khi cánh trụ quay nó tạo ra trong khi chất lưu như bao quanh mặt chuyển động tròn không xoáy có công thức  $G = 2Sw$  (trong đó  $S$  và  $w$  là tỉ lệ diện tích và vận tốc quay của hình trụ)



Hình 8.1

Nh ư ợng hình tr ư ợng chuy ể n ể ợng t ể nh ể t ể n ( không quay) v ể i v ể n t ể c t ể ợng ể i  $V_0$  nh ể thì kh ể i ch ể t ể l ể u nh ể t ể bao quanh t ể o đ ể ợng ch ể y th ể ầ n h ể l ể p ể b ể n ngo ể i l ể p ể bi ể n c ể ợng không xo ể ắ y.

N ể u hình tr ư ợng quay và ể ợng th ể i chuy ể n ể ợng t ể nh ể t ể n thì hai đ ể ợng không xo ể ắ y bao quanh nó ể c h ể ợng l ể n nh ể ầ u và cho m ể t đ ể ợng ch ể y v ể ầ o t ể ợng h ể p. Trong đ ể ợng t ể ợng h ể p v ể n t ể c ch ể y c ể ầ ch ể t ể l ể u tr ể n hình tr ư ợng l ể n h ể n đ ể i hình tr ư ợng .

V ể i v ể y, theo ể nh ể lu ể t Bernoulli ể ầ p su ể t ch ể t ể l ể ợng ể ầ n tr ể n hình tr ư ợng s ể nh ể h ể n ể ầ n đ ể i. Trong các ể i u ki ể n nêu ra tr ể n hình 8.17, ể i u ó đ ể n t ể i s ể xu ể th ể i n m ể t l ể c th ể ợng ể ợng g ể i là l ể c n ể ầ n g (hi ể u ể ợng Magnus).

ể i v ể i hình tr ư ợng chuy ể n ể ợng v ể i v ể n t ể c  $U$  trong l ể u ch ể t có kh ể i l ể ợng ri ể ợng  $\rho$ . l ể c n ể ầ n g tr ể n m ể t ể n v ể ch ể i u dài hình tr ư ợng t ể ầ y v ể ầ o c ể ợng xo ể ắ y c ể ầ xo ể ắ y:

$$F_L = \rho U$$

H ể y đ ể i đ ể ợng vect ể r:

$$F_L = \rho U *$$

v ể i  $U$  là v ể n t ể c l ể u ch ể t.

Ph ể n t ể ầ t h ể nguyên cho th ể y h ể s ể l ể c n ể ầ n g  $C_L = F_L / (\frac{1}{2} \rho U^2 A)$  t ể ầ y v ể ầ o hình đ ể ợng c ể th ể , t ể ầ y v ể ầ o g ể c t ể i c ể v ể n t ể c l ể u ch ể t, t ể ầ y v ể ầ o s ể Reynolds  $Re$ , s ể Mach  $M$ , s ể Froude  $Fr$ .

ể nh ể lý c ể ầ Kutta-Joukowski v ể l ể c n ể ầ n g c ể ầ hình tr ư ợng c ể ể m ể ầ p đ ể ợng cho các đ ể ợng c ể ầ n g khác.

Lý t ể ợng không có xo ể ắ y

$$U + U_x = V_t$$

V ể n t ể c tr ể n l ể n, ể ầ p su ể t gi ể m.

có xo ể ắ y

$$U - U_x = V_d$$

V ể n t ể c đ ể i nh ể , ể ầ p su ể t l ể n h ể n.

Juokowski tìm ra ph ́ng pháp toán trong th ́ l u ́ bi ́n ́i vòng tròn thành nh ́ng đ ́ng cánh nâng khác nhau, nh ́ th ́ bi ́n ́i nh ́ng l ́ u tuy ́n quanh hình tr ́ thành nh ́ng l ́ u tuy ́n quanh cánh nâng và tính l ́ c nâng lý thuy ́t c ́a các cánh này.

́i v ́i cánh ph ́ng ( ́ong b ́ng không) khi góc t ́i nh ́ thì theo Juokowski:

$$C_L = 2 \sin$$

V ́i: ( ́ là góc t ́i gi ́a h ́ng t ́i th ́ t s ́ và h ́ng t ́i có l ́ c nâng b ́ng 0)

Khi cánh có ́ong khác không (cánh không ́i x ́ng), k ́t qu ́ t ́ng t ́ trên:

$$C_L = 2 \sin( - \theta_0)$$

V ́i:  $\theta_0$  là góc t ́i ́ cho l ́ c nâng b ́ng không.

Khi kh ́i ́ng, l ́ u ch ́t th ́ c chuy ́n ́ng quanh cánh t ́o nên m ́t xoáy do v ́i c ́ đ ́i ́i m ́ đ ́ng xa c ́nh sau c ́a cánh và ́oáy ó l ́i ́ng sau. m ́t xoáy ́ng c ́ l ́i xoáy ó t ́i p ́t c duy trì và ́i theo trên cánh, chính xoáy này t ́o ra l ́ c nâng trên cánh.

Khi cánh có b ́ dài h ́ u h ́n (cánh ba chi ́u) hay b ́ r ́ng thay ́i, các xoáy t ́o thành m ́t vòng xoáy kín hình ch ́nh t ́.

Xoáy ́ l ́i ́ng sau cánh g ́i là xoáy u ́ôi. Xoáy u ́ôi th ́ng t ́p trung ́ hai m ́i cánh (hai bên) và có th ́ phân b ́ su ́t sau cánh (khi l ́ c nâng trên các ph ́n t ́ khác nhau). Tác đ ́ng c ́a xoáy u ́ôi t ́o thành m ́t v ́n t ́ c ́i xu ́ng sau cánh và c ́ trên cánh n ́a. K ́t qu ́ là góc t ́i c ́a l ́ u ch ́t b ́ l ́ ch ́ h ́ng.

## 2.2. L ́ c c ́n c ́ m ́ng:

Khi t ́ s ́ãi cánh s ́ trên b ́ r ́ng c ́ (cung) c ́a cánh là:  $AR = s/c$  h ́ u h ́n, thành v ́n t ́ c ́i xu ́ng w do xoáy u ́ôi t ́o ra làm cho ph ́ng c ́a v ́n t ́ c ́  $U_t$  b ́ l ́ ch ́. L ́ c nâng c ́a cánh th ́ c s ́ th ́ng góc v ́i ph ́ng này – khi phân thành hai l ́ c, m ́t là l ́ c nâng th ́ng góc v ́i ph ́ng c ́a v ́n t ́ c ́  $U$ , và m ́t là l ́ c c ́n c ́ m ́ng trên ph ́ng  $U$ . thành ph ́n l ́ c c ́n trong tr ́ng h ́p này (cánh có s ́ h ́ u h ́n) t ́ng lên b ́i l ́ c c ́n c ́ m ́ng ó. Trong khi l ́ c nâng không thay ́i bao nhiêu.

L ́ c c ́n c ́ m ́ng này tùy thu ́c vào góc l ́ ch ́ càng l ́n khi l ́ c nâng càng l ́n.

H ́ s ́ l ́ c c ́n thông th ́ng ́ c chia ra m ́t thành ́ c l ́ p v ́i  $C_L$  và m ́t thành ph ́n ph ́ thu ́c  $C_L$ .

$$C_D = C_{D_0} + k.C_L^2$$

Nhi ́u lo ́i cách th ́ t k ́ cho b ́n  $C_L$ - $C_D$  r ́t ́ c b ́i t ́.

## 2.3. Cánh chong chóng:

Cánh chong chóng có d ng cánh nâng. v trí bán kính r, v n t c do chuy n ng quay là  $u = r \cdot \omega$ , v i là v n t c quay c a chong chóng. V n t c theo ph ng h ng tr c là  $V_a$ . V n t c t ng c ng  $V$ , t o m t góc  $\phi$  v i m t ph ng quay.



Hình 8.2 Máy bay tr c th ng

N u cánh nghiêng m t góc v i m t ph ng quay thì góc t i là:  $\alpha = -\phi$

v trí bán kính r, b r ng cánh là c, xét ph n t cánh t r n r+dr

Di n tích  $dA = c \cdot dr$  c a m i ph n t cánh.

L c do dòng l u ch t v n t c  $V_r$  tác d ng vào ph n t cánh  $dA$  g m có thành ph n l c nâng  $dF_L$  và thành ph n l c c n  $dF_D$ , t o thành t ng l c  $dF$ ,  $dF$  có th phân ra làm hai ph n:  $dF_a$  theo ph ng d c tr c và  $dF_q$  theo ph ng ti p tuy n.

$$dF_L = 1/2 \rho V_r^2 C_L dA = 1/2 \rho V_r^2 C_L C_{dr}$$

$$dF_D = 1/2 \rho V_r^2 C_D C_{dr}$$

Trong ó:  $C_D, C_L$  là h s l c nâng, l c c n t ng ng.

$$dF_a = dF_L \cos \phi - dF_D \sin \phi = 1/2 \rho V_r^2 C_{dr} [C_L \cos \phi - C_D \sin \phi]$$

$$dF_q = dF_L \sin \phi + dF_D \cos \phi = 1/2 \rho V_r^2 C_{dr} [C_L \sin \phi + C_D \cos \phi]$$

Moment quay do  $dF_q$  t o ra là :  $r \cdot dF_q$

$$dM = 1/2 \rho V_r^2 c \cdot r \cdot dr [C_L \sin \phi + C_D \cos \phi]$$

Ta có th vi t:

$$dM / dr = 1/2 \rho V_r^2 c \cdot r [C_L \sin \phi + C_D \cos \phi]$$

$$dF_a / dr = 1/2 \rho V_r^2 c [C_L \cos \phi - C_D \sin \phi]$$

N u tính  $dF_a/dr$  và  $dM/dr$  các v trí bán kính r r i v th  $dF_a/dr$  theo r, ta có th tích phân có l c  $F_a$ . khi tính cho n cánh thì:

$$F_a = n \int_{r_1}^{r_2} (dF_a / dr) dr$$

T ng t moment do n cánh t o ra là:

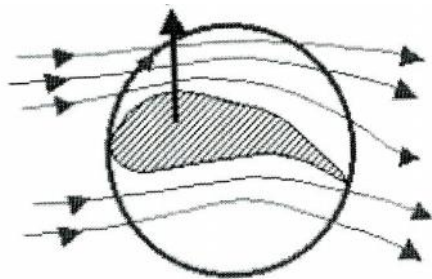
$$M_a = n \int_{r_1}^{r_2} (dM_a / dr) dr$$

T ố công su ấ t quay là  $P = M\omega$

V ậ t c ấ t c ấ t r ấ c  $V_a$  th ườ ng không thay ố i theo v ị trí bán kính r tr ườ ph ầ n ngoài m ề i c ầ nh, góc nghiêng ố c ầ v ậ t c ấ t ườ ố i gi ố m t ườ ng ra ngoài. Khi góc t ườ i  $\alpha$  ườ c ch ườ n h ườ ng hay thay ố i r ườ t ườ ít, thì góc nghiêng h ườ p lý c ầ a c ầ nh  $\theta$  ph ầ i l ườ n, v ị trí bán kính nh ầ bên trong v ầ  $\theta$  gi ố m d ườ n khi r ườ t ườ ng.

N ườ  $\omega$  l ườ n ườ  $U$  r ườ t l ườ n s ườ v ầ  $V_a$ , góc nghiêng c ầ nh  $\theta$  nh ầ và ít thay ố i v ị trí bán kính l ườ n.

#### 2.4. L ườ c n ườ ng c ầ nh m ầ y bay



Hình 8.3 xoáy ầ c ầ nh m ầ y bay

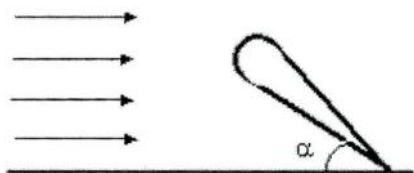
C ầ c ầ u h ườ nh thành l ườ c n ườ ng c ầ nh m ầ y bay c ầ ng gi ườ ng c ầ c ầ u h ườ nh thành l ườ c trong h ườ i u ườ ng Magnus. Song s ườ xu ầ t h ườ n chuy ườ n ườ ng tròn ườ c gi ườ i thích hoàn toàn b ầ i c ầ c nguyên nh ầ n khác.

Nh ườ h ườ nh d ườ ng không ườ i x ườ ng c ầ a c ầ nh (Hình 8.3) và m ườ p h ườ i ầ sau nh ầ n, do c ầ c quá tr ườ nh ầ m ườ t ườ tr ườ n x ầ y ra trong biên, ườ ng sau c ầ nh h ườ nh thành xoáy và ngoài ra còn m ầ t xoáy gi ườ i là xoáy l ườ y ầ. Xoáy l ườ y ầ c ầ Momen xung l ườ ng x ầ c ầ nh. Xong Momen xung l ườ ng c ầ a h ườ c ầ nh và không khí ph ầ i không ườ i (b ườ ng 0), do không c ầ Momen c ầ a ngo ườ i l ườ c tác d ườ ng vào h ườ. Vì v ầ y, cùng v ầ i xoáy h ườ nh thành

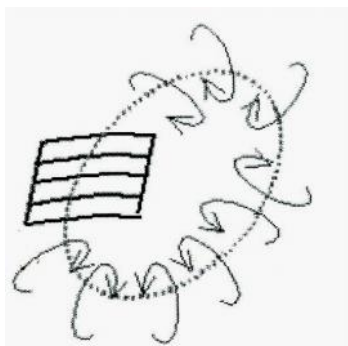
ườ ng sau c ầ nh ,c ầ n ph ầ i xu ầ t h ườ n m ầ t chuy ườ n ườ ng tròn nào ườ c ầ a không khí c ầ Momen xung l ườ ng gi ườ ng nh ầ c ầ a xoáy nh ườ ng ườ c chỉ u. Giukôpxki ầ ch ườ ng t ườ r ườ ng chuy ườ n ườ ng tròn c ầ a không khí xung quanh c ầ nh xu ầ t h ườ n cùng v ầ i s ườ h ườ nh thành xoáy.

Như chúng ta đã biết, xoáy sinh ra chuyển động tròn. Từ đó suy ra bản thân cánh phôi có coi như một xoáy nào đó chuyển động cùng với cánh. Giukôpxki giả định là xoáy liên hợp. Như trên xoáy chuyển động (tức là trên cánh) như đã chứng tỏ trên, phôi có tác động của lực Magnus mà với cánh nằm ngang (xem Hình 8.3) là lực nâng  $F_n$ ,  $F_n$  hướng lên theo nguyên tắc xác định hướng của lực Magnus. Như vậy có công thức phân bố vận tốc của dòng trên và dưới cánh. Trong chuyển động tròn (hình 8.3), vận tốc của không khí trên cánh lớn hơn dưới cánh, đó là nguyên nhân xuất hiện lực nâng.

Tóm lại trong chuyển động vòng quanh cánh, xuất hiện hai xoáy: xoáy lượn và xoáy liên hợp. Xoáy liên hợp tạo ra lực nâng, thêm vào vận tốc của nó trên mặt trên với chiều dài của cánh xác định bởi công thức bên dưới trong đó  $G$  ký hiệu của xoáy liên hợp. theo lý thuyết của Giukôpxki công thức của



xoáy vận tốc của cánh có hình trông nghiêng như trên hình bên để xác định bởi công thức:  $G = 1/2$  trong đó là chiều dài dây cung (khoảng cách từ mép trước đến mép sau cánh), là góc nghiêng.



Tất nhiên là vận tốc của cánh dài vô hạn, tức là xoáy liên hợp là một đường thẳng dài vô hạn. như vậy chiều dài của cánh máy bay là hữu hạn nên ta xuất hiện cái gì là hình vòng, làm cho xoáy liên hợp trở thành xoáy vòng hình bên và làm cho sự chuyển động vòng quanh cánh trở nên phức tạp hơn một chút.

Xoáy lượn và vận tốc hình thành thì bị tách ra khỏi cánh và dòng mang đi, vì thế của nó là xuất hiện một xoáy lượn mới và ngược lại vì nó cũng xuất hiện một xoáy liên hợp mới. Như vậy chuyển động tròn quanh cánh luôn có bộ toàn do sự tách ra của các xoáy lượn.

## 2.5. nguyên lý ARCHIMEDE:

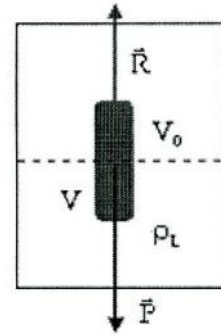
nghĩa là chúng ta biết qua chuyển động quay của trái đất quanh trục. Vậy ta có thể xem trên mặt đất là một vật đứng bất động trong lòng của nó.

Từ đó, chúng ta phát biểu nguyên lý Archimede như sau: Khi một vật chìm nhúng vào trong một chất lỏng, chất lỏng tác động lên vật một lực có độ lớn bằng

tr ng l c c a ph n ch t l u b v t chi m ch . L c này có ph ng tr ng v i ph ng tr ng v i ph ng tr ng l c c a v t nh ng ng c chi u v i tr ng l c vì v y ng i ta g i ó là l c y Archimede.

$$R = - Vg \quad (8.17)$$

Trong ó R là l c y Archimede tác d ng lên v t có th tích V (ph n tô m trong hình 8.3) b nhúng trong ch t l u có kh i l ng riêng là , g là gia t c tr ng tr ng t i n i ang xét,



d u – ch r ng l c Archimede là l c y, l c y Archimede có i m t t i tr ng tâm c a v t.

i u áng l u ý là không nên nh m l n l n c a l c y Archimede và l n c a tr ng l c. l n c a l c y Archimede c xác nh t (8.9) trong khi tr ng l c  $P = m_{VR}g = \rho_L V_0 g$  trong ó  $\rho_L$  là kh i l ng riêng c a v t r n ( $\rho_L \neq \rho$ ),  $V_0$  là th tích v t r n.

ch ng minh ta gi s v t c nhúng ng p trong ch t l ng. Ta chia v t thành nh ng hình l ng tr có ti t di n áy vô cùng nh

cho hai m t áy có th xem là song song. L c nén c a ch t l u lên các m t bên thì cân b ng l n nhau, còn hi u s l c nén lên các áy trên và áy d i là:  $R = V_k g$

Trong ó  $V_k$  th tích c a m t hình tr th K,  $\rho_L$  là kh i l ng riêng c a ch t l ng.

L c do ch t l ng tác d ng lên v t r n là:

$$R = \rho_L g V_k = \rho_L g V$$

Trong ch t khí, nh lu t Archimede c ng ch ng minh t ng t .

nh lu t Archimede s không còn úng n a môi tr ng không tr ng l ng, vì ó t t c các h ng u t ng ng v i nhau v ph ng di n v t lý.

### 3. Các ng d ng:

#### 3.1 Tàu bi n:





### 3.2 Tàu l n:



### 3.3 Máy bay tr c th ng:

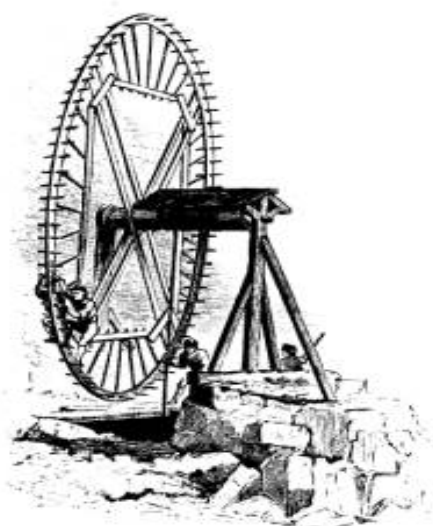


### 3.4 M t s ng d ng khác:

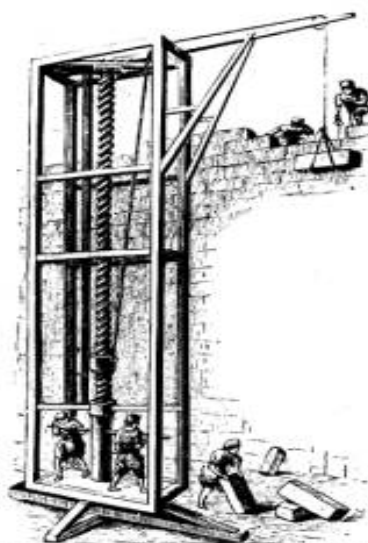




L'ascenseur du monastère  
Sainte-Catherine.



Un des premiers treuils : roue à aubes  
humaine.



Monte-charge à vis pour aider les ouvriers.



Monte-charge à contrepoids «homme  
assis».