

# **ЛЕКЦІЯ № 8**

з навчальної дисципліни

## **“Аеродинаміка та динаміка польоту літака”**

Змістовий модуль 4.

**Аеродинамічні характеристики літака**

**Заняття 3.**

**Злітно-посадочна механізація.**

**Навчальна та виховна мета.** Вивчити призначення злітно-посадочної механізації і її вплив на аеродинамічні характеристики літака. Виховувати у курсантів навички самостійного аналізу аеродинамічних характеристик, відповідальність за отримання знань.

### **Навчальна література:**

Аэродинамика ЛА и гидравлика их систем / под ред. Ништа М. И. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1981.

## **Навчальні питання:**

**4.5. Злітно-посадочна механізація крила.**

**4.6. Вплив злітно-посадочної механізації крила на основні аеродинамічні характеристики літака.**

**4.7. Шляхи підвищення ефективності механізації крила.**

## ВСТУП

↑  $V$  сучасних літаків вимагає ↑  $\chi_{\max} = 40 \dots 70^\circ$ ; що в свою чергу ↓  $S_{\text{кр}}$

$$Y_a = C_{y_a} \frac{\rho V^2}{2} S$$

$$V_{\text{нос}} \updownarrow = \sqrt{\frac{2Y}{C_{y_a} \rho S_{\text{кр}}}} \updownarrow$$

Зменшення злітно-посадочної швидкості можливе за рахунок ↑  $C_{y_a}$

$$C_{y_a} = C_{y_a}^\alpha (\alpha - \alpha_0)$$

↑  $\alpha$  при зльоті та посадці обмежене довжиною стояків шасі, тому ↑  $C_{y_a}$  можливе за рахунок збільшення несучих властивостей  $C_{y_a}^\alpha$  (зміна геометрії ЛА) або за рахунок зміни  $\alpha_0$ .

**Засобом, що дозволяє поліпшити злітно-посадочні характеристики, є застосування потужної злітно-посадочної механізації.**

## 4.5. ЗЛІТНО-ПОСАДОЧНА МЕХАНІЗАЦІЯ КРИЛА

**Злітно-посадочна механізація крила** – це конструктивні елементи, які дають можливість

$\uparrow Y_a$  зльоту та посадки       $\downarrow K$  під час пробігу літака

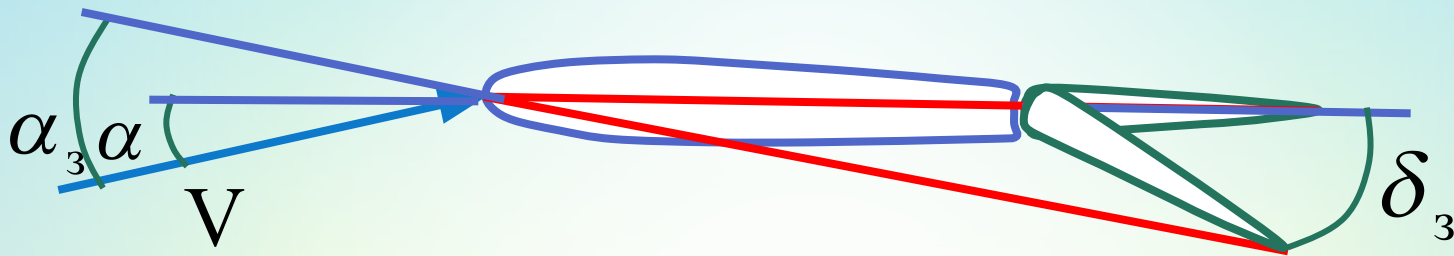
Розрізняють механізацію задньої і передньої крайок крила.

**До механізації задньої крайки відносять** закрилки (прості, висувні, щілинні, ежекторні), щитки (прості, висувні).

**До механізації передньої крайки відносять** передкрилки, носові щитки, поворотні носки.

## *а) Механізація задньої крайки крила*

**Закрилки** – це рухома профільована частина задньої поверхні крила, яка при необхідності може бути відхилена на певний кут  $\delta_3$  униз.



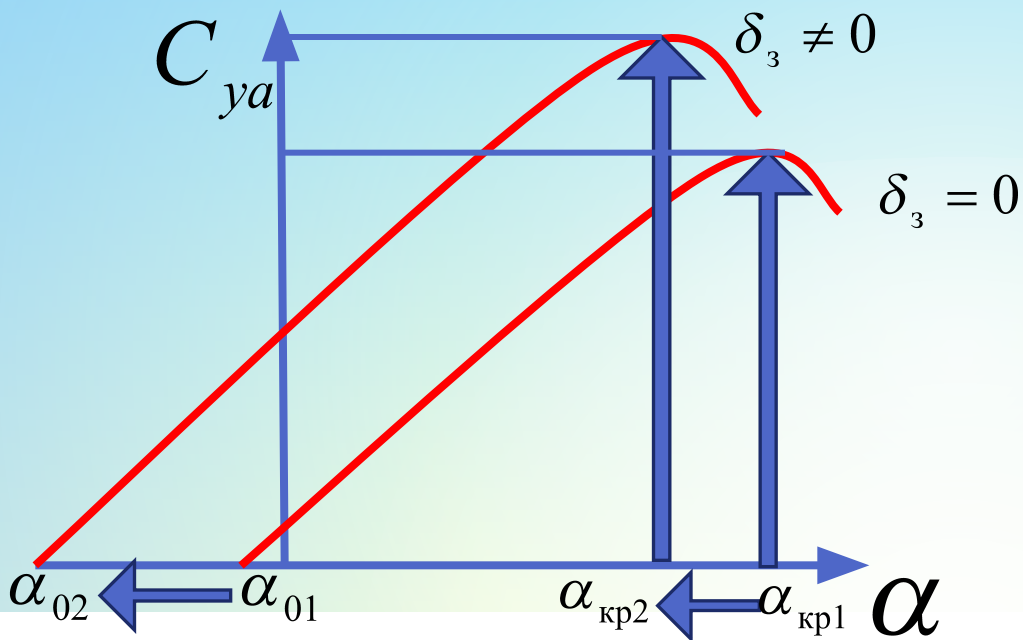
При випусканні закрилка зростає кривизна профілю крила, зростає різниця тисків на верхній та нижній поверхнях крила. При цьому досягається наступний ефект: при постійному куті атаки зростає коефіцієнт піднімальної сили крила. Несучі властивості крила залишаються незмінними. Приріст коефіцієнта піднімальної сили при відхиленні механізації задньої крайки крила дорівнює

$$\Delta C_{y_3} = C_y^\alpha \Delta \alpha_3$$





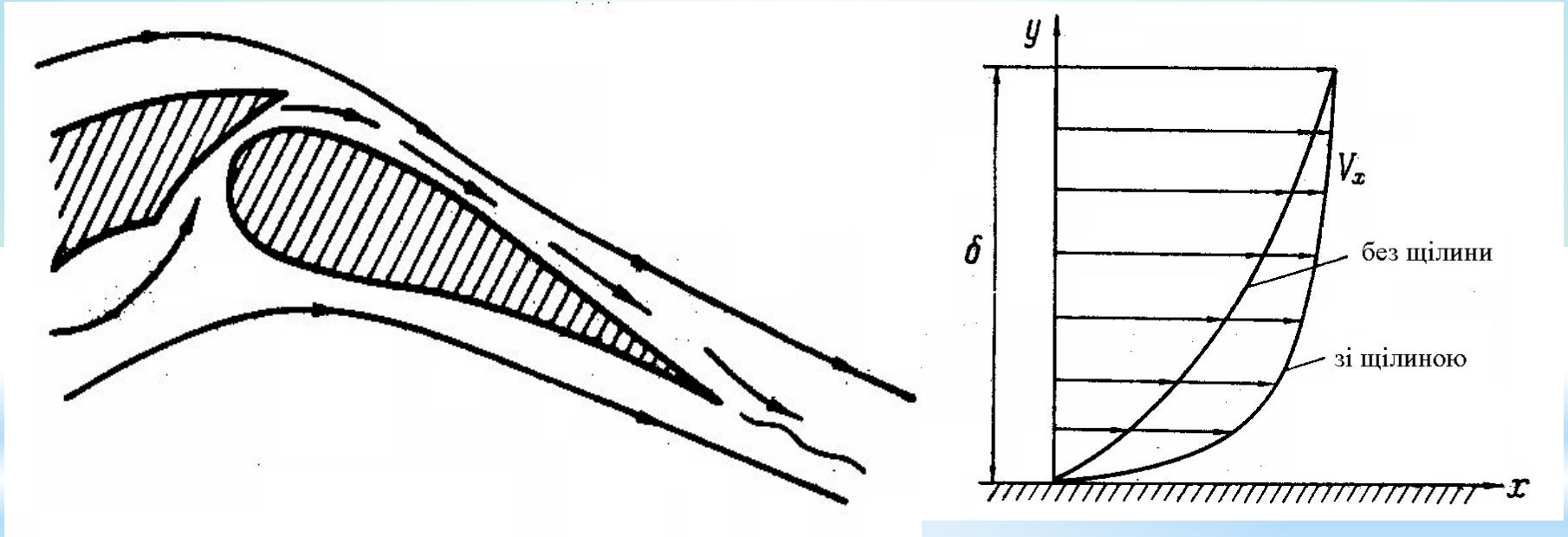
При відхиленні закріпка аеродинамічні характеристики крила змінюються так:



$$\delta_3 \neq 0 \rightarrow \alpha_0 \downarrow; \quad C_{y_{max}} \uparrow \quad C_{ya}^\alpha = \text{const}; \quad \alpha_{кр} \downarrow.$$



**Щілинні закрилки.** Мають профільовану щілину між основним крилом і передньою крайкою закрилка. При її проходженні повітря розганяється, на верхній поверхні крила розрідження зростає і спричиняє зріст максимального коефіцієнта піднімальної сили см. рис. . Однощілинний закрилок дає прирощення цього коефіцієнта на 20...50 %, багатощілинні закрилки – на 70...80 %.



Щілинний закрилок



Внаслідок застосування однощільного закрилка  $\delta_3$  можна збільшити до  $30^\circ$ . При необхідності відхилення закрилка на великі кути застосовують:

- закрилок щільний з дефлектором ( $\delta_3 = 35 \dots 40^\circ$ ),
- багатощільні закрилки ( $\delta_3 = 50 \dots 60^\circ$ ).

Закрылок Ил-76

<http://www.ksw2005.narod.ru>

25 7 2006





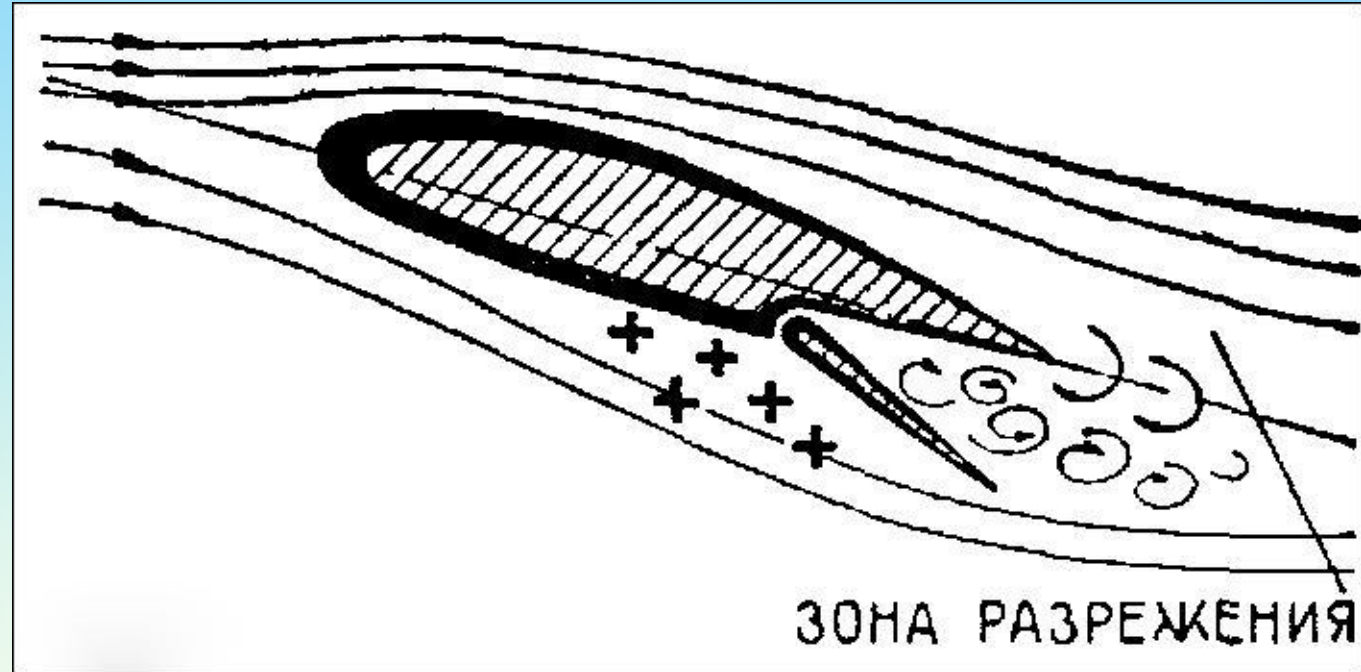


Висувний закрилок

**Висувні закрилки** . При відхиленні вниз водночас висуваються назад і збільшують площу крила, що приводить до додаткового зростання піднімальної сили і збільшення ефективності закрилків.

Одним з видів висувних закрилків, що характеризуються меншою відносною товщиною профілю і максимальним висуванням по хорді є закрилок Фаунера. Хорда закрилка Фаунера досягає 40 % хорди крила. Його ефективність більша, ніж у поворотних, однощільинних і висувних закрилків, але нижча, ніж у багатощільинних.

Щитки – це частина поверхні крила в його задній частині, що відхиляється, призначена для поліпшення аеродинамічних характеристик ЛА



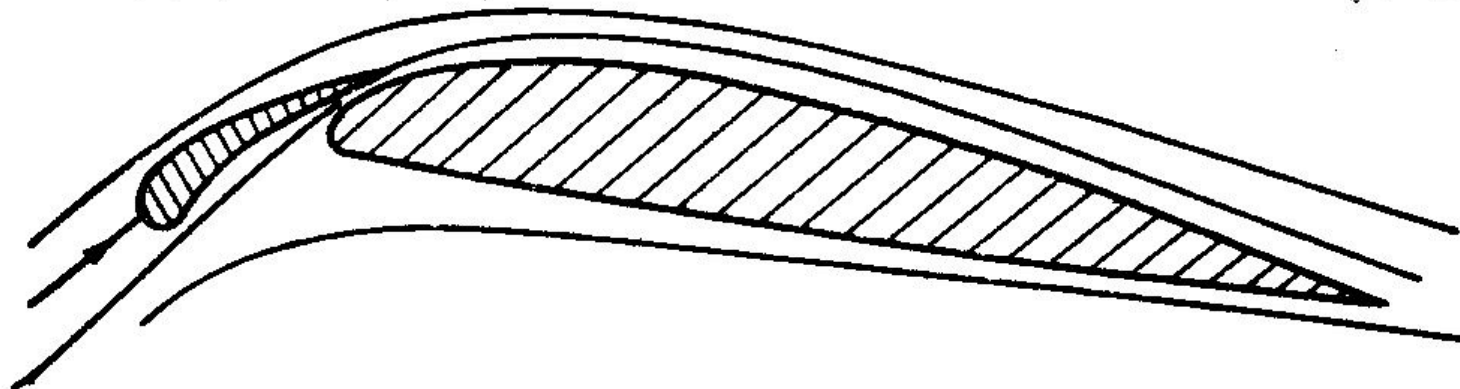
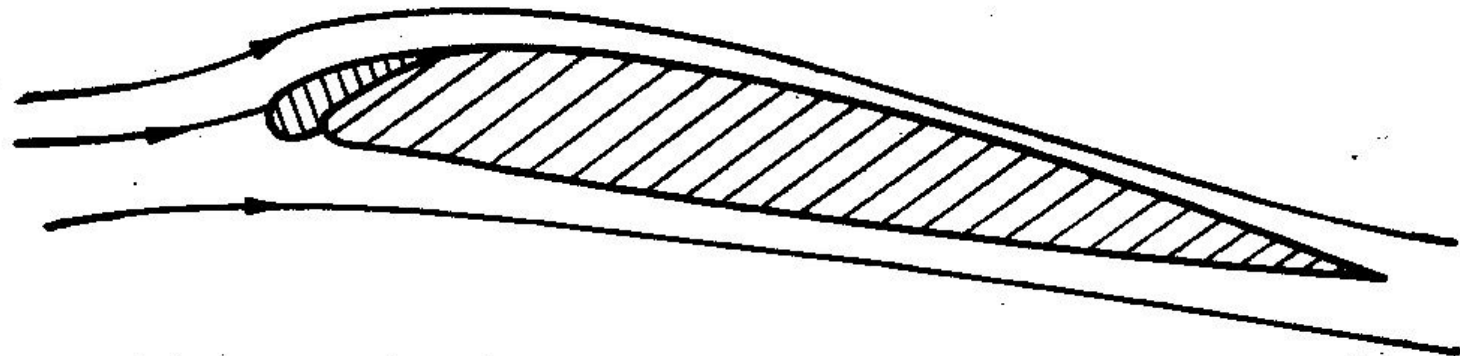
**Зростання піднімальної сили викликається гальмуванням потоку і підвищенням тиску на плоскій поверхні крила . Водночас розрідження, що утвориться між щитком і крилом, приводить до збільшення швидкості і падіння тиску на верхній поверхні крила. Слід зазначити, що відхилення щитка спричиняє значний ріст опору. Застосування повітряного щитка дозволяє при рівних  $\delta_{щ}$  одержати більший приріст піднімальної сили й уникнути зменшення  $\alpha_{кр.}$**



## *б) Механізація передньої крайки*

**Передкрилок** – це рухома профільована частина передньої крайки крила. У робочому положенні формує звужений щілинний канал вздовж розмаху крила на верхній поверхні його носової частини. При висуванні передкрилка повітря перетікає з нижньої поверхні крила на верхню, розганяється у каналі, що звужується і збільшує швидкість у межевому шарі. Це підвищує його стійкість до відриву, до того ж притискає повітря до верхньої поверхні крила.









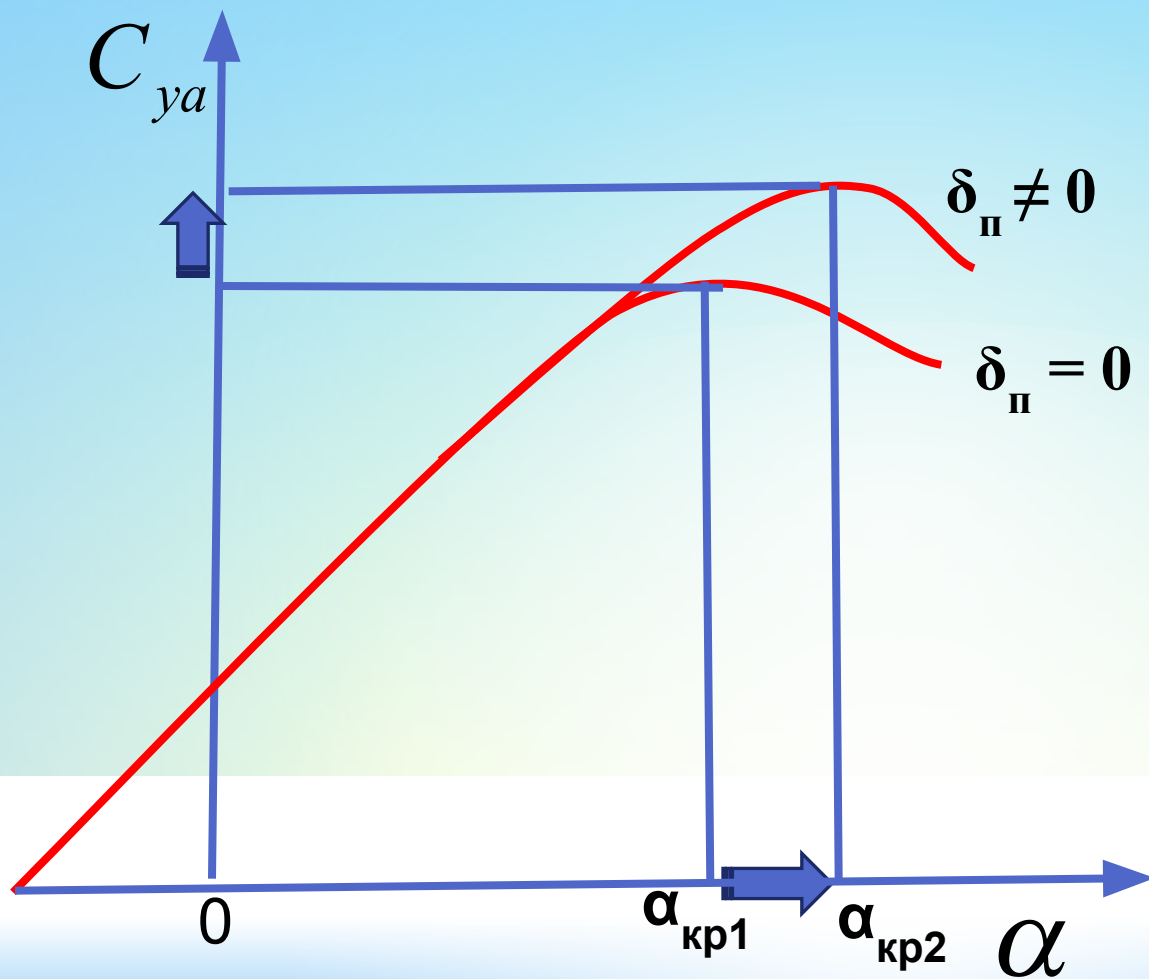








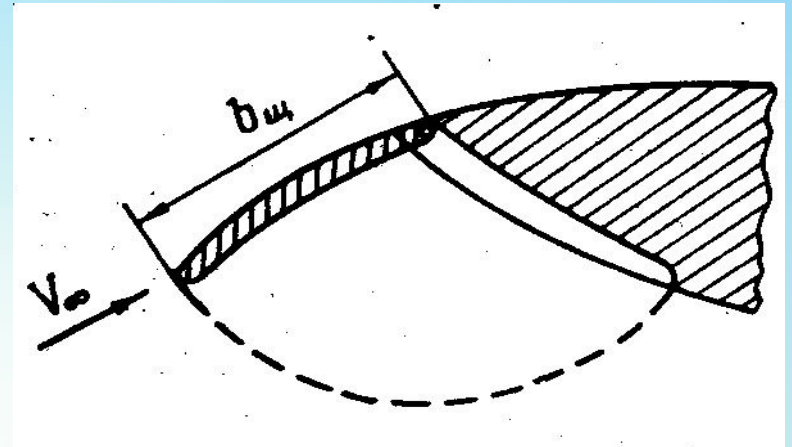
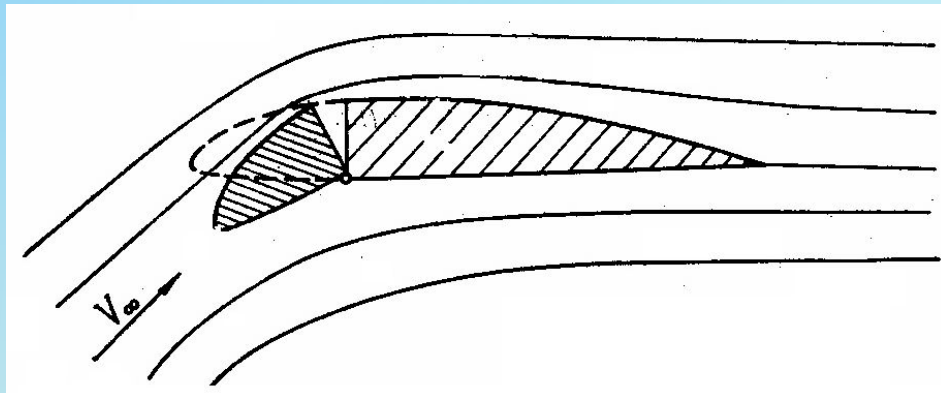




Потік, що проходить між крилом і передкрилком, перешкоджає виникненню відриву потоку. Застосування передкрилків дозволяє зтягнути початок відриву потоку на більші кути атаки, у результаті

чого  $\uparrow \alpha_{кр}$   $\uparrow C_{ya\max}$  при незмінному  $\alpha_0$  і  $C_y^a$

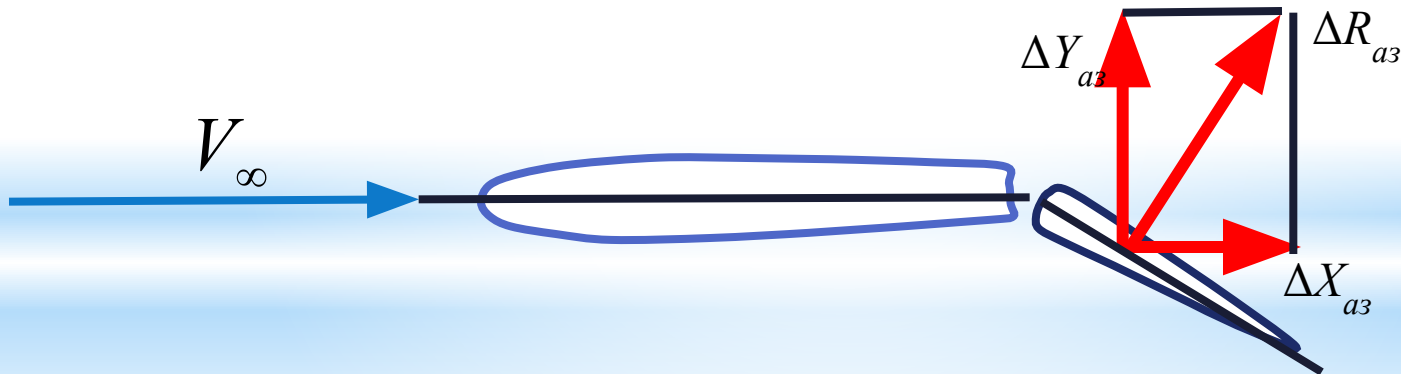
## Поворотні носки і носові щитки



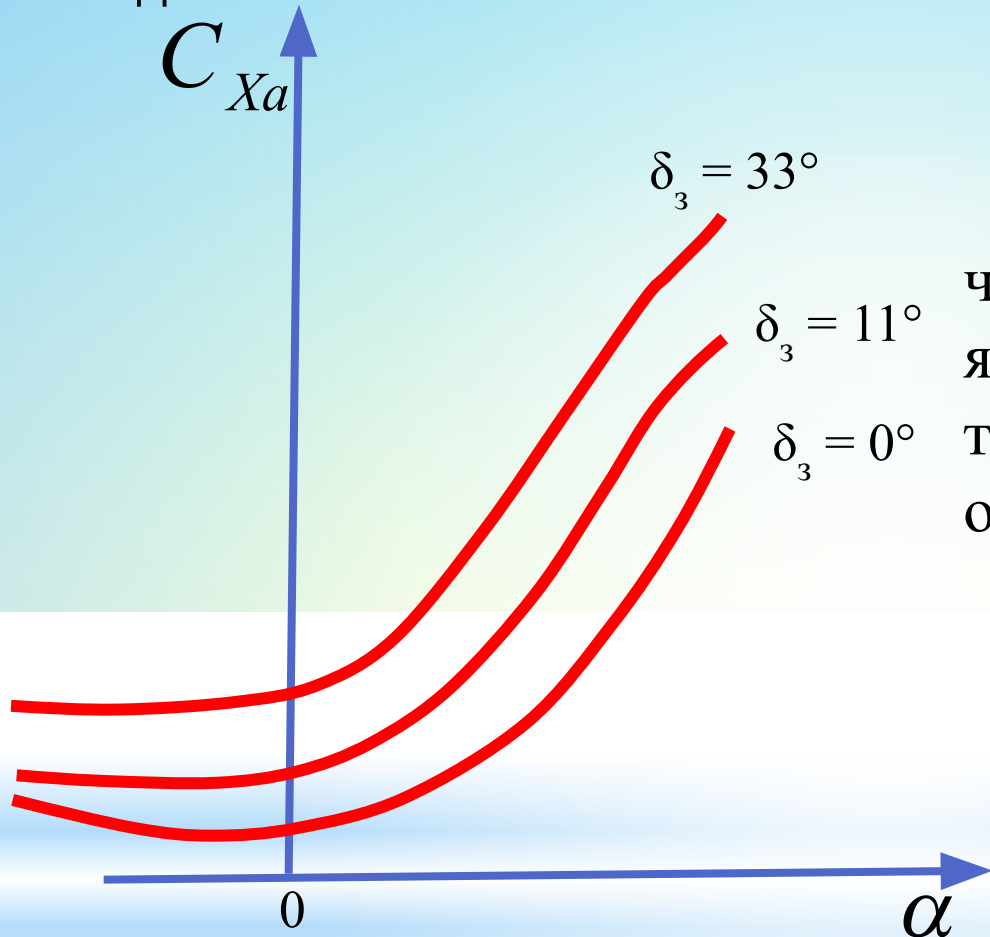
Застосування даних елементів запобігає передчасному відриву потоку,  $\uparrow \alpha_{кр}$ , а також  $\uparrow C_{y a \max}$ . Ефективність носового щитка менша, ніж передкрилка. Різновидом носового щитка є щиток Крюгера, який відрізняється формою носової частини, що забезпечує більш плавне обтікання.

## 4.6. ВПЛИВ ЗЛІТНО-ПОСАДОЧНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ КРИЛА НА ОСНОВНІ АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІТАКА

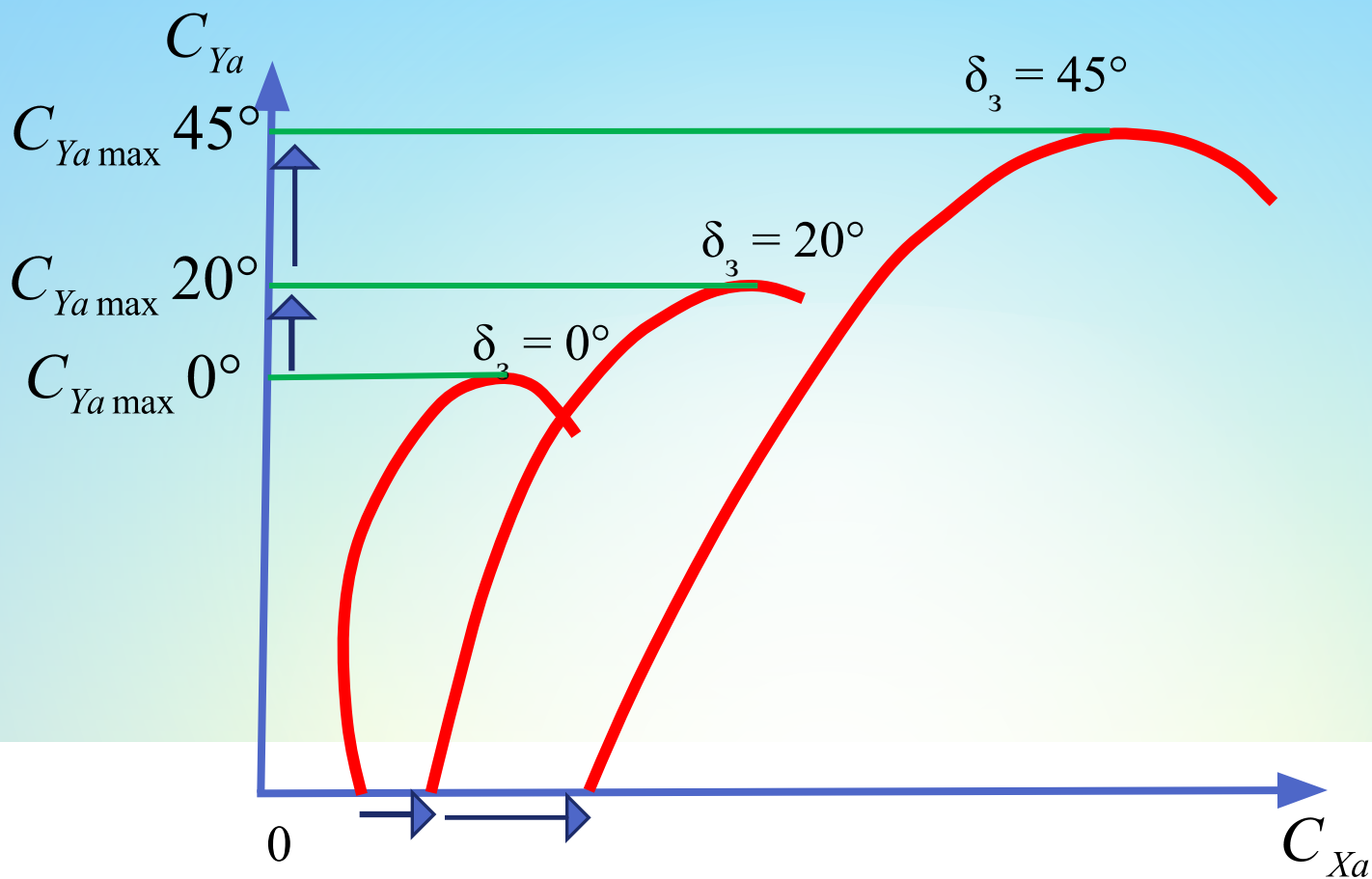
Відхилення злітно-посадочної механізації (ЗПМ) (закрилки, щитки) водночас зі збільшенням піднімальної сили приводить до значного зростання опору. На відхиленій поверхні механізації з'являється аеродинамічна сила, яка крім складової  $\Delta Y_a$ , має складову  $\Delta X_a$



Експериментальні дані показують, що залежність  $C_{xa}(\alpha)$  має такий вигляд:

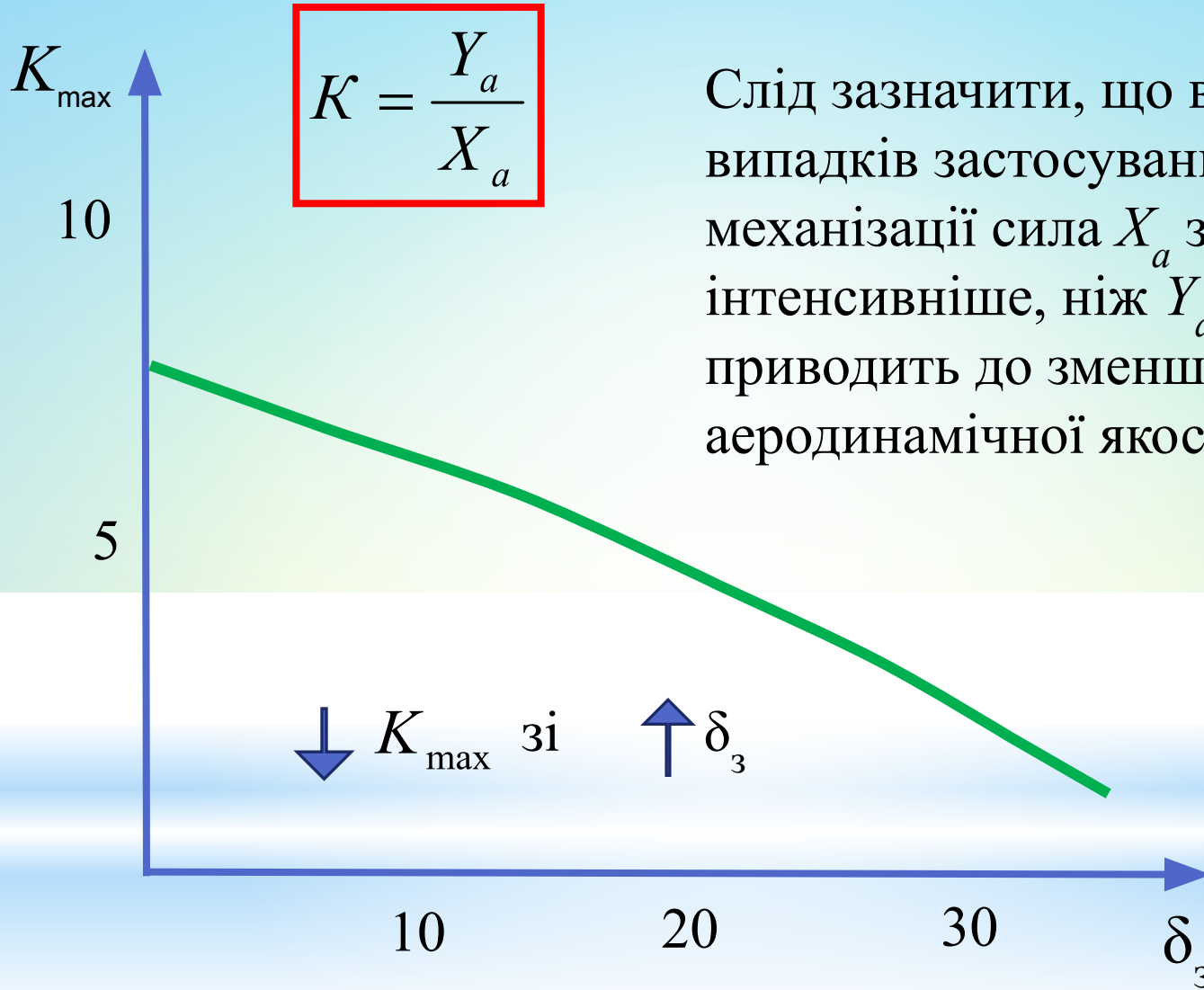


чим більше значення  $\delta_3$ , на яке відхиляється закриток, тим значніше збільшується опір.



Відхилення механізації приводить до зсуву поляри догори (вона стає несиметричною) і вправо, у бік великих значень опорів. Слід зазначити, що при зльоті сила опору уповільнює розбіг, тому  $\uparrow C_{y_a}$  при помірному  $\uparrow C_{x_a}$  досягається відхиленням механізації на половину від її посадочного значення.

## Максимальна аеродинамічна якість

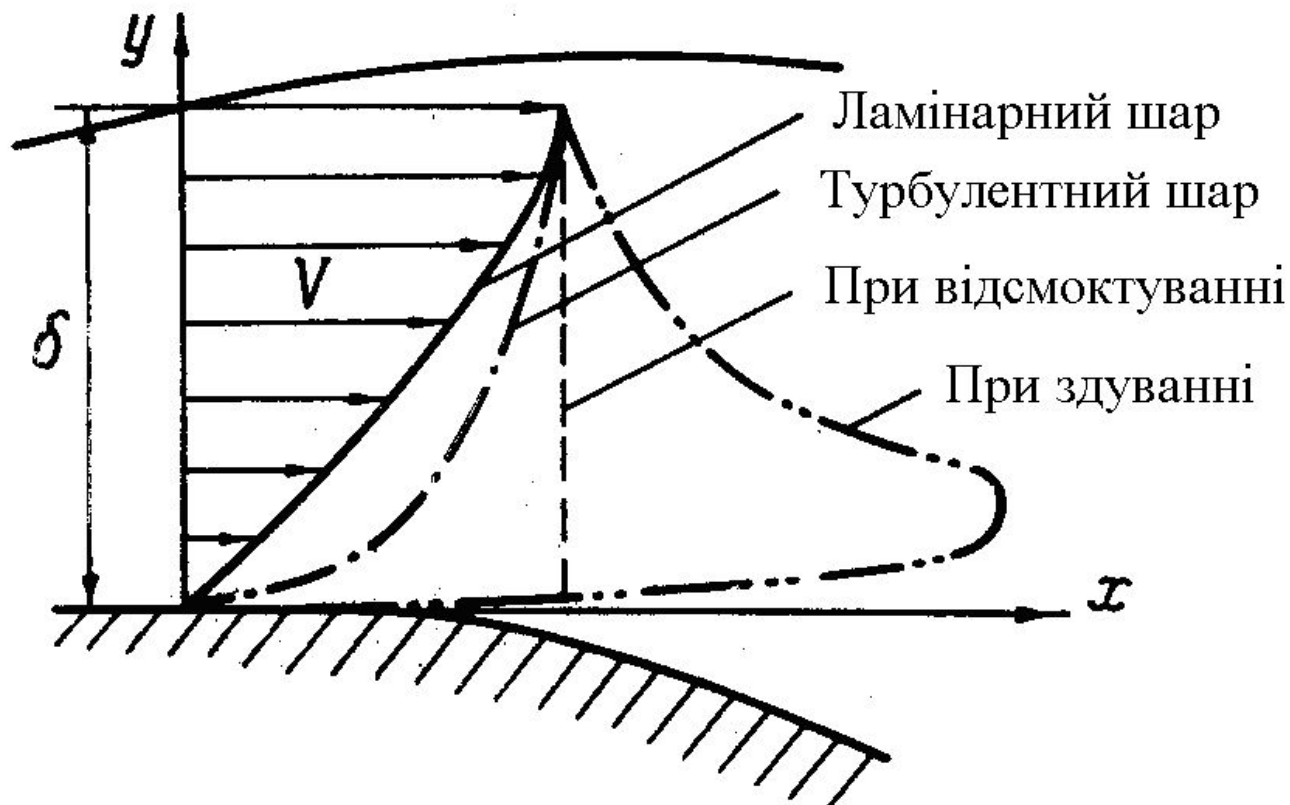


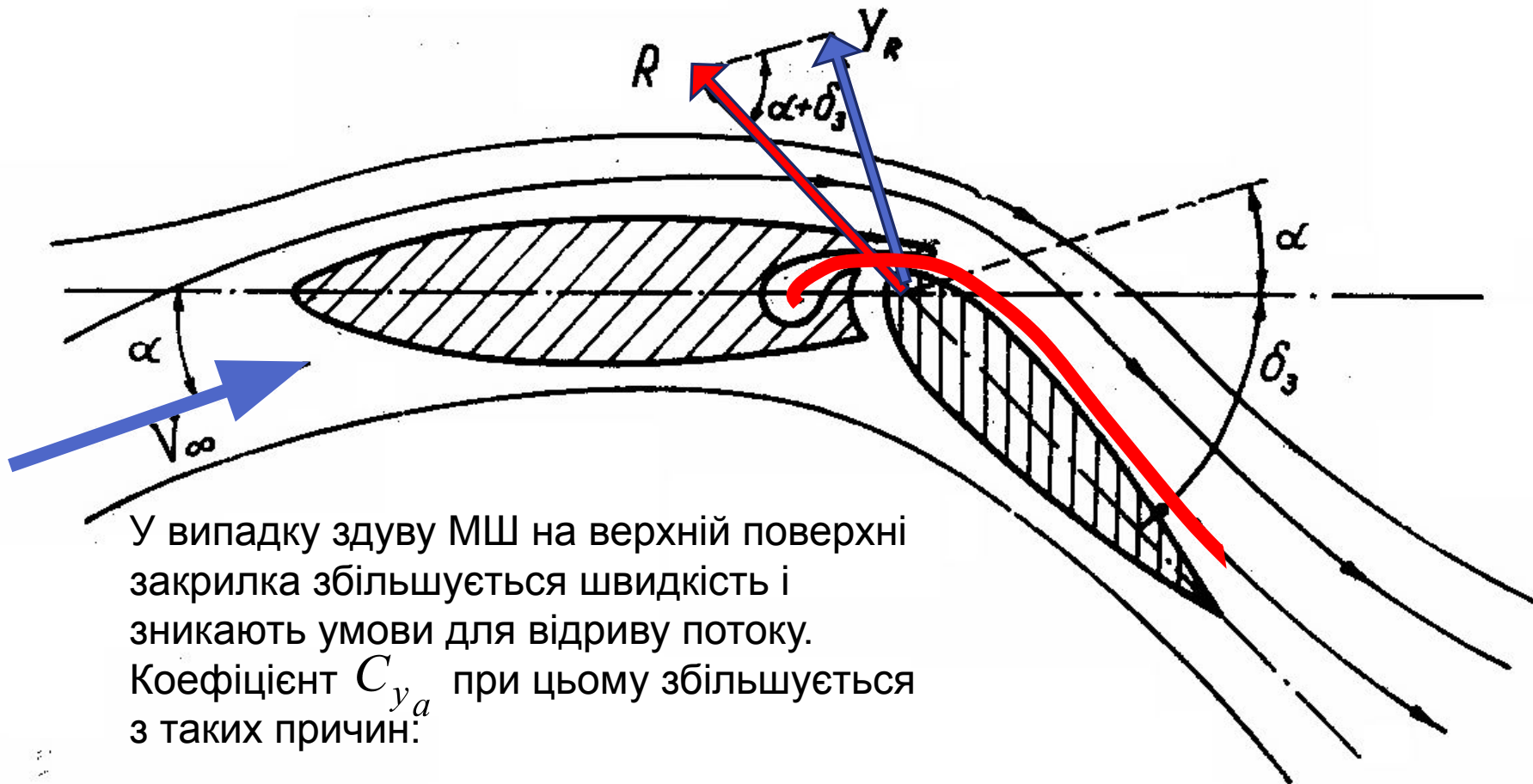
Слід зазначити, що в більшості випадків застосування механізації сила  $X_a$  зростає інтенсивніше, ніж  $Y_a$  літака. Це приводить до зменшення аеродинамічної якості.



## 4.7. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЗАЦІЇ КРИЛА

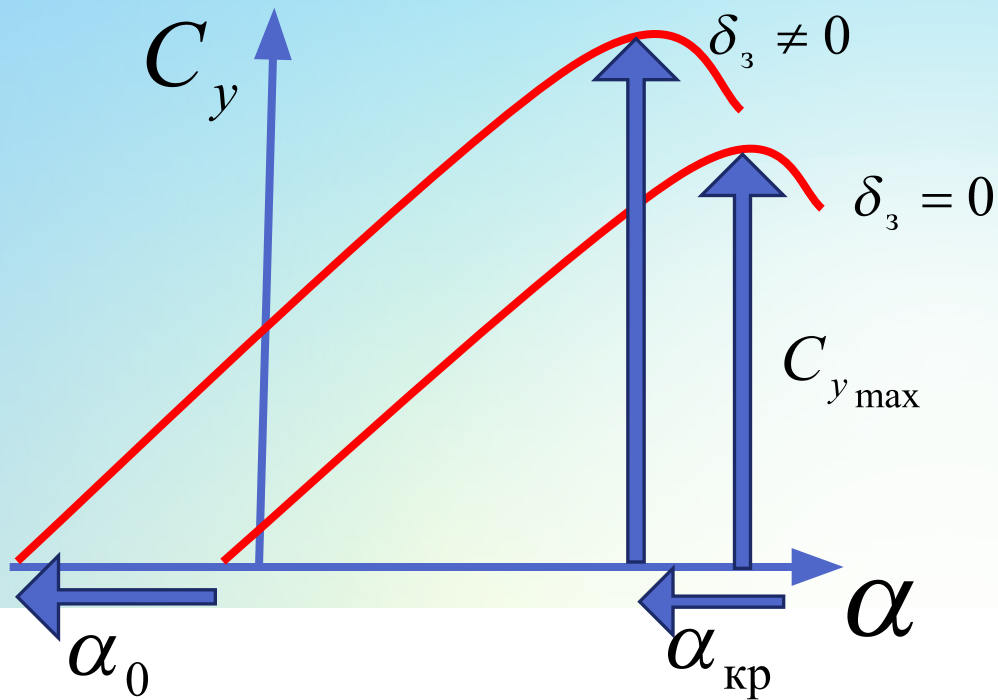
Ефективним способом запобігання відриву потоку і збільшення піднімальної сили крила з механізацією є керування межовим шаром. Воно зводиться до примусового збільшення швидкості в МШ і підвищенні його стійкості до відриву. Для цього використовують здув МШ.





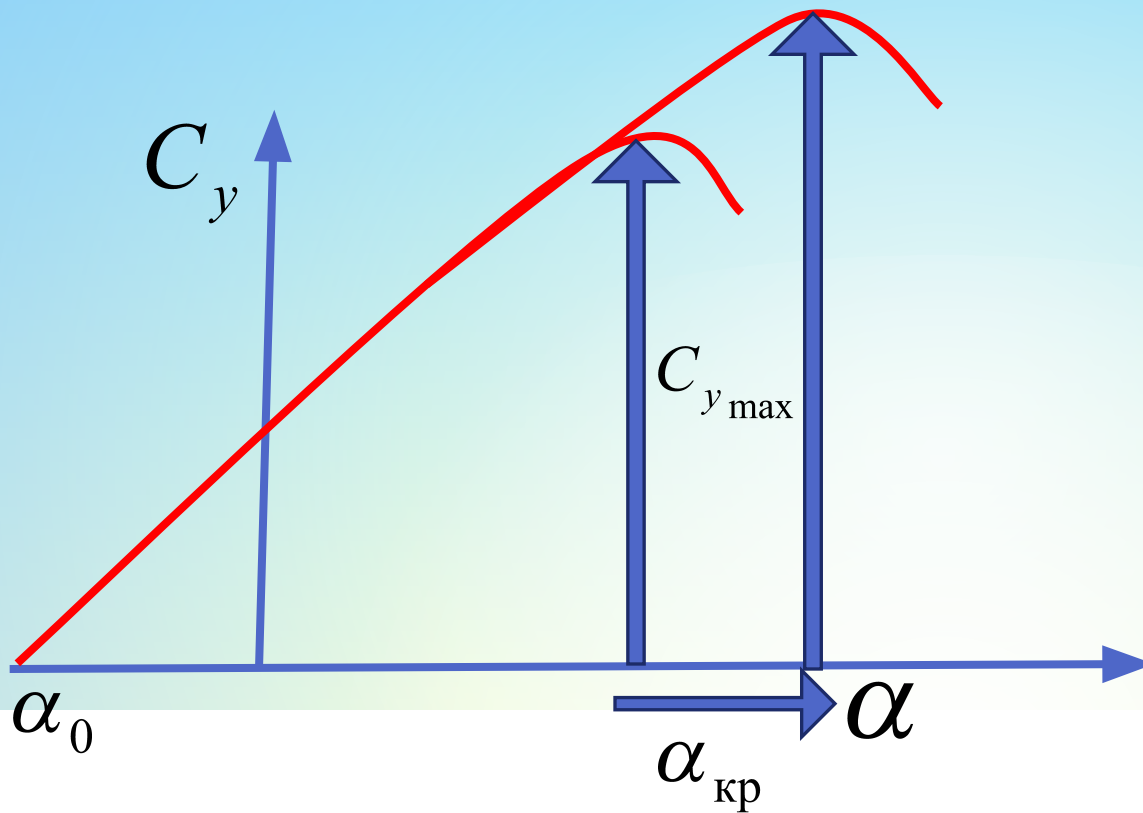
- зтягується зрив потоку, що дозволяє відхилити закрилок на більші кути;
- зменшується тиск на верхній поверхні крила за рахунок ежектування потоку від здуву МШ;
- підвищується тиск на нижній частині крила, тому що потік, що сходиться із задньої крайки, утворює аналог гладкого закрилка, що гальмує потік під крилом;

$C_{y_a}$



**ВИСНОВКИ:** 1) Відхилення закрилка при постійному куті атаки

$$\delta_3 \neq 0 \rightarrow \alpha_0 \downarrow; \quad C_{y_{\max}} \uparrow \quad C_{y_a}^\alpha = \text{const}; \quad \alpha_{\text{кр}} \downarrow.$$



2) Відхилення передкрилка збільшує  $\uparrow \alpha_{кр}$   $\uparrow C_{y \max}$

3) Відхилення механізації водночас з зростанням піднімальної сили приводить до значного зростання опору, обумовленого піднімальною силою, особливо при значних кутах її відхилення.