

# ЛЕКЦІЯ №9

## «НЕБЕЗПЕЧНІ ЗОВНІШНІ УМОВИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ»

### Навчальна та виховна мета:

- ❑ ознайомити курсантів із статистичними даними та особливостями прояву найбільш небезпечних зовнішніх умов, що зустрічаються при експлуатації авіаційної техніки в умовах України, навести їх загальноприйнятну класифікацію;
- ❑ показати зв'язок зовнішніх умов із станом безпеки польотів;
- ❑ сформувати у курсантів знання щодо особливостей виконання кількісної оцінки впливу небезпечних зовнішніх умов на стан безпеки польотів літальних апаратів, а також розуміння необхідності їх врахування при плануванні дій авіації.

### Навчальні питання:

1. Несприятливі зовнішні умови та статистичні дані про їх вплив на безпеку польотів.
2. Методика оцінки впливу атмосферної турбулентності на безпеку польотів.

### Навчальна література:

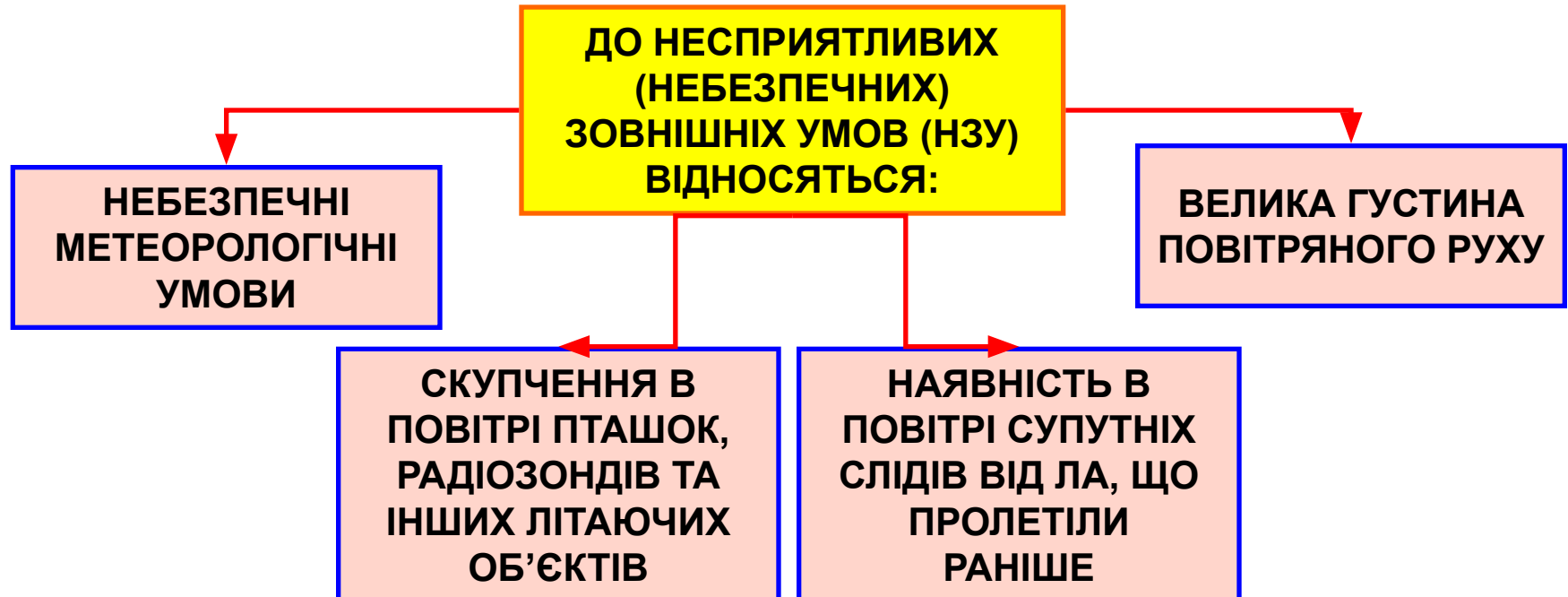
- [1] Безопасность полётов летательных аппаратов. / Под ред. Лысенко Н.Н. — К.: КВВАИУ, 1989. — С.101-121
- [2] Летательные аппараты и безопасность полетов. /Под ред. Дьяченко А.А. — М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1987. — С.563-579
- [4] Володко А. М. Безопасность полётов вертолётов. — М.: Транспорт, 1981. — С.160-163

# ПИТАННЯ 1 НЕСПРИЯТЛИВІ ЗОВНІШНІ УМОВИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ

Згідно з ПЗАП-2012 несприятливі зовнішні умови - це зовнішні фактори зумовлені дією на літальний апарат небезпечних, непрогнозованих, неконтрольованих явищ природи, а також зіткнення з птахами та іншими тілами в атмосфері.

або

Під несприятливими зовнішніми умовами розуміються такі події або явища у навколишньому середовищі, які створюють загрозу безпеці польотів унаслідок того, що вони виходять за рамки допустимих умов або для ЛА або для льотного екіпажу



**В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ХАРАКТЕРУ  
ВПЛИВУ НА ЛА ТА ЕКІПАЖ, НЗУ  
РОЗДІЛЯЮТЬСЯ НА ГРУПИ:**



**умови, що призводять до зміни сил та моментів, що діють на ЛА (атмосферна турбулентність, супутній слід тощо).**

**умови, що створюють небезпеку руйнування конструкції ЛА і можливість травмування членів екіпажу (скупчення пташок, грозові розряди, статична електрика тощо)**

**умови, що затрудняють візуальне орієнтування екіпажу в просторі і його дії в пілотуванні ЛА (туман, політ над водною поверхнею, над сніжною рівниною, в умовах сильної задимленості та запиленості повітря, в тумані тощо)**

**На долю НЗУ припадає приблизно від 6 до 10% усіх авіаційних подій у військовій та цивільній авіації.**

**За статистикою ІСАО кількість авіаційних подій де однією з причиною є зовнішні умови доходить до 20% і більше.**



**ОСНОВНИМИ ПРИЧИНАМИ АП  
ТА ІНЦИДЕНТІВ В РЕЗУЛЬТАТІ ДІЇ  
НА ЛА НЗУ Є:**

**недостатнє дослідження  
явищ природи, які  
складають загрозу БзП**

**низький рівень  
прогнозування дії  
атмосферних явищ**

**незнання або невиконання о/с  
рекомендацій з запобігання АП із-за  
дії зовнішніх факторів**

# 1.1 НЕБЕЗПЕЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

## АТМОСФЕРНА ТУРБУЛЕНТНІСТЬ

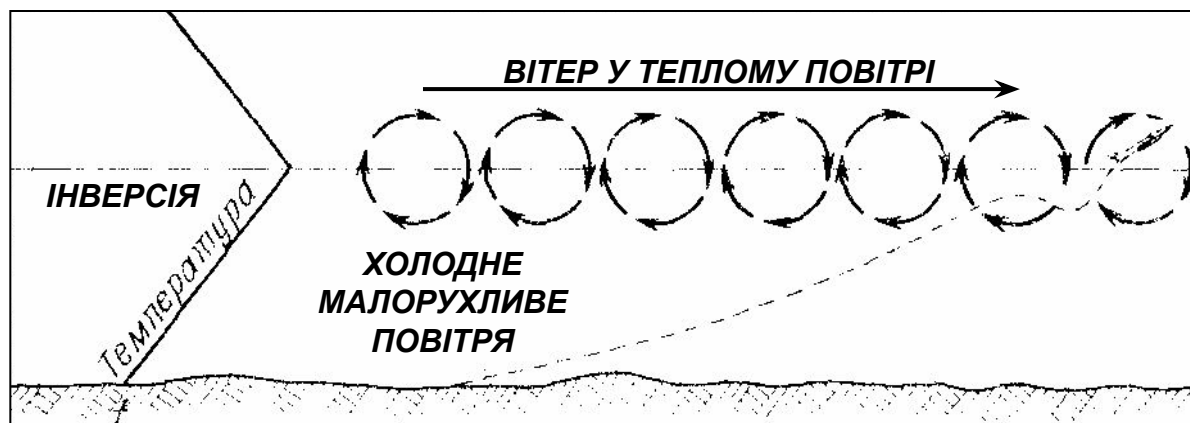
**Турбулентність** - це стан атмосфери, при якому спостерігаються неупорядковані вихрові рухи різного масштабу. Політ в умовах турбулентності супроводжується бовтанкою літака.

**Бовтанка літака** - це неоднорідні поштовхи і кидки, яких зазнає літак під час польоту.

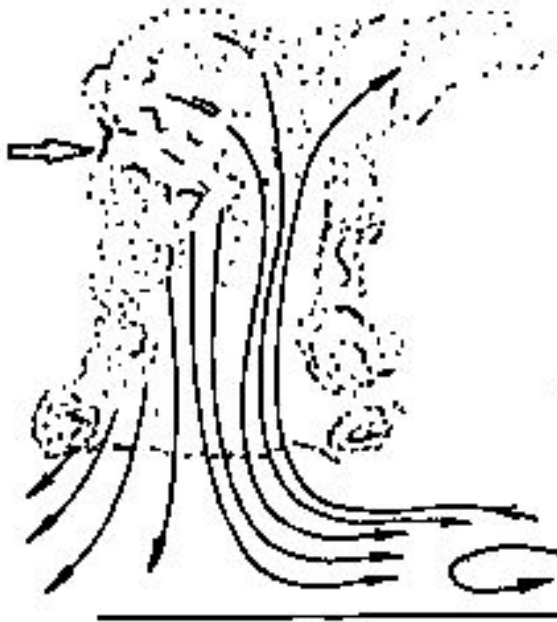
У залежності від причини виникнення турбулентності її можна розділити на:

- термічну (конвективну);
- динамічну, що пов'язана з існуванням в атмосфері великих зсувів вітру;
- механічну, що утворюється через тертя повітряного потоку об земну поверхню.

Інтенсивність усіх видів турбулентності залежить від часу року і доби.



**Зсуви вітру** - зони низхідної турбулентності, в якій напрям і швидкість повітряних потоків змінюється з великими градієнтами (градієнти горизонтальної складової швидкості вітру можуть перевищувати 20...30 м/с на висоті 100 м)



Найбільш небезпечна форма зсуву вітру – шторм або шквал, що утворюється головним чином у результаті взаємодії з поверхнею землі і бічного розтікання в різних напрямках до 20...30 км потужного низхідного повітряного потоку (максимальний горизонтальний вітер  $W_{x \max} = 240$  км/год, швидкість низхідних потоків  $W_{y \max} = 18...20$  км/год).

Виникнення зсувів вітру найчастіше спостерігається на аеродромах, що розміщені в районах із складним рельєфом місцевості і прибережній смузі.

**Критерії для передачі повідомлень про величини зсуву вітру в якісних термінах  
(за класифікацією Всесвітньої метеорологічної організації  
International Civil Aviation Organization)**

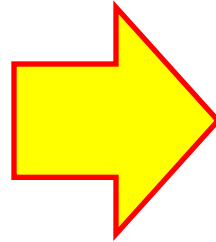
Кількісна характеристика	Вплив на керованість	Вертикальний зсув вітру, м/с на $H = 30$ м	Вертикальний зсув вітру, м/с на $H = 100$ м	Горизонтальний зсув вітру, м/с на $H = 600$ м
1	2	3	4	5
Слабкий	Незначний	0-2	-	0-2
Помірний	Значний	2-4	2-4	2-4
Сильний	Істотний	4-6	13-20	4-6
Дуже сильний	Небезпечний	>6	>20	>6

## ГРОЗИ ТА АТМОСФЕРНА ЕЛЕКТРИКА

**Гроза** – це комплекс атмосферних явищ, які характеризуються інтенсивним хмароутворенням і багаторазовими електричними розрядами у вигляді блискавок і звуковими явищами у вигляді грому.

### ІМОВІРНІСТЬ УРАЖЕННЯ БЛИСКАВКОЮ ЧАСТИН ЛА

- обтікачі антен – 0,27;
- передньої частини крила – 0,22;
- оперення- 0,21;
- фюзеляжа – 0,15.



Залежить від типу повітряного судна, його розмірів, умова польоту тощо.

**Імовірність ураження блискавкою ЛА надзвичайно мала і складає близько 0,01**

За результатами досліджень встановлена закономірність ураження, яка має наступний вигляд:

$$S \leq 2L$$

відстань ЛА до блискавки

максимальний лінійний розмір ЛА

**Ознаки враження ЛА блискавкою є:**

- яскравий спалах біло-блакитного або жовто-білого кольору;
- хлопок;
- глухий удар по корпусу.

# ОБМЕРЗАННЯ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

**Обмерзання** – відкладення льоду на зовнішніх частинах ЛА, СУ і зовнішніх деталях спеціального обладнання при польоті в хмарах, тумані, переохолодженому дощі, мряці або мокрому снігу переважно при температурах від 0 до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Ступінь небезпеки обмерзання можна оцінити за його інтенсивністю (I):

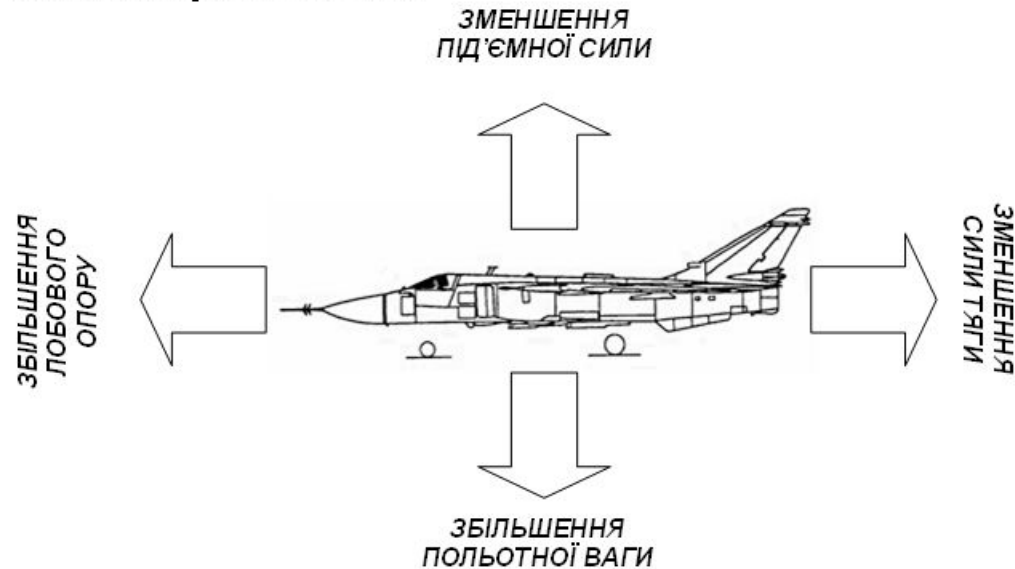
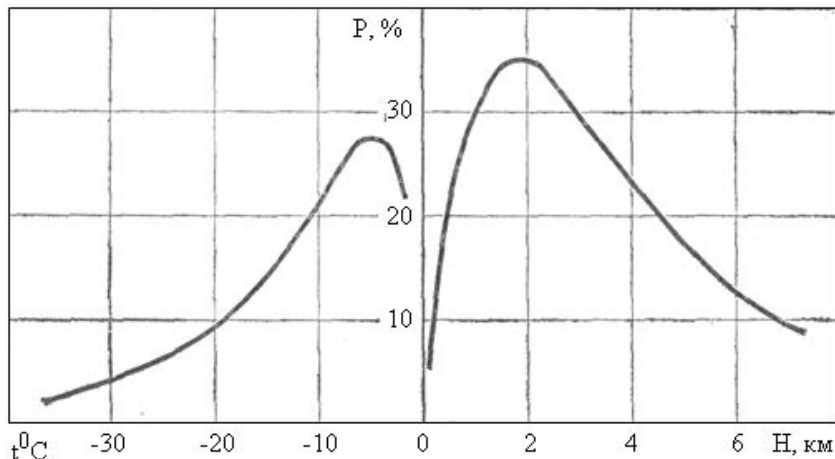
слабке обмерзання  
( $I \leq 0,5$  мм/хв)

помірне обмерзання  
( $I = 0,6 \dots 1,0$  мм/хв)

сильнее обмерзання  
( $I > 1,0$  мм/хв)

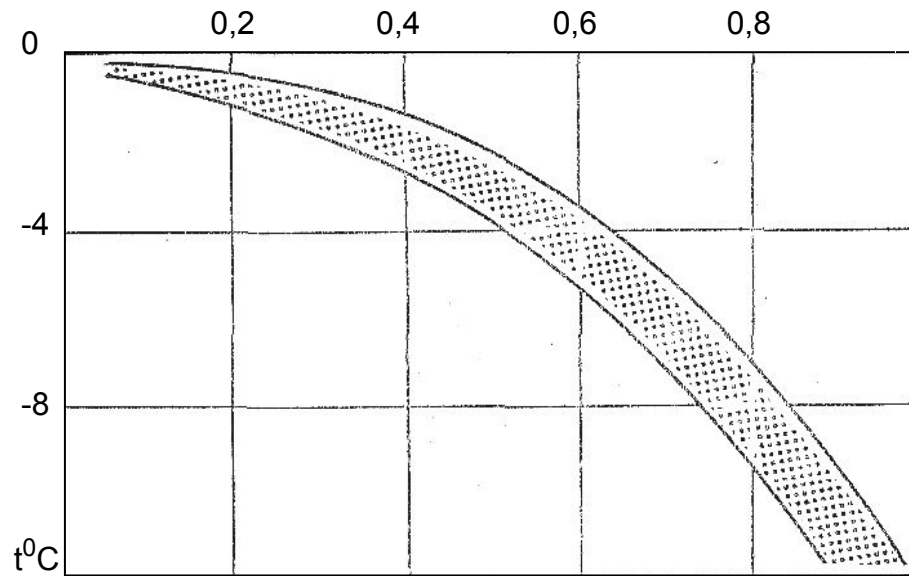
Для літаків з поршневими двигунами небезпечним є обледеніння навіть товщиною 3...4 мм.

Для реактивних літаків обледеніння буде небезпечним при товщині наростання льоду 5...10 см.





## Залежність відносного радіуса відкладень льоду на лопатях несучого гвинта від температури повітря



### ОЗНАКИ ОБМЕРЗАННЯ

#### для літаків

швидке наростання льоду на склоочисниках, зменшення швидкості польоту (для транспортних літаків товщині льоду на поверхні крила 5-10 мм відповідає зменшення швидкості на 5-10 км/год на протязі 5-10 хв), зменшення зусиль на штурвалі управління, прагнення штурвалу відхилитися вперед, затування літака у піке.

#### для вертольотів

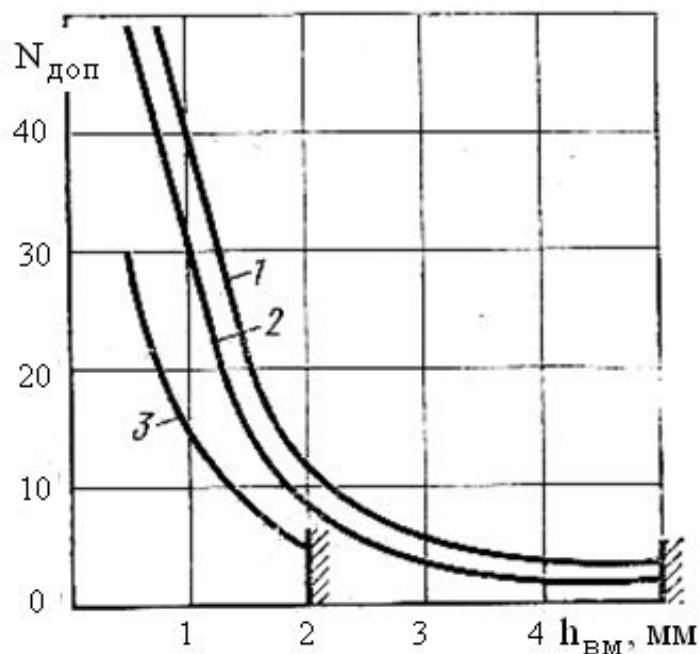
швидке наростання льоду на склоочисниках, підвищені вібрації вертольота, зниження частоти обертання несучого гвинта, погіршення керованості, зниження швидкості польоту

## АТМОСФЕРНІ ОПАДИ (ГРАД)

**Атмосферними опадами** називаються частинки води в рідкому чи твердому стані, що випадають з хмар на земну поверхню.

**Град** – випадає у вигляді льодяних шариків чи кусочків льоду неправильної форми, різної величини і неоднорідних по структурі.

### ЗАЛЕЖНІСТЬ ДОПУСТИМОЇ КІЛЬКОСТІ ВМ'ЯТИН НА ЛОПАТЯХ ВЕРТОЛЬОТА МИ-8



- 1 – внутрішня половина лопаті несучого гвинта;
- 2 – зовнішня половина лопаті несучого гвинта;
- 3 – лопатець рульового гвинта

При великій кількості і глибині вм'ятин погіршуються АДХ гвинтів, може порушуватися цілісність обшивки і т.п.

#### БОРОТЬБА:

Застосування спеціальних противоградових пристроїв (чохлів)

## 1.2 ЗІТКНЕННЯ З ПТАХАМИ

Перше зареєстроване зіткнення ЛА з пташкою сталося в 1912 році в Каліфорнії. Подія завершилася гибеллю пілота.



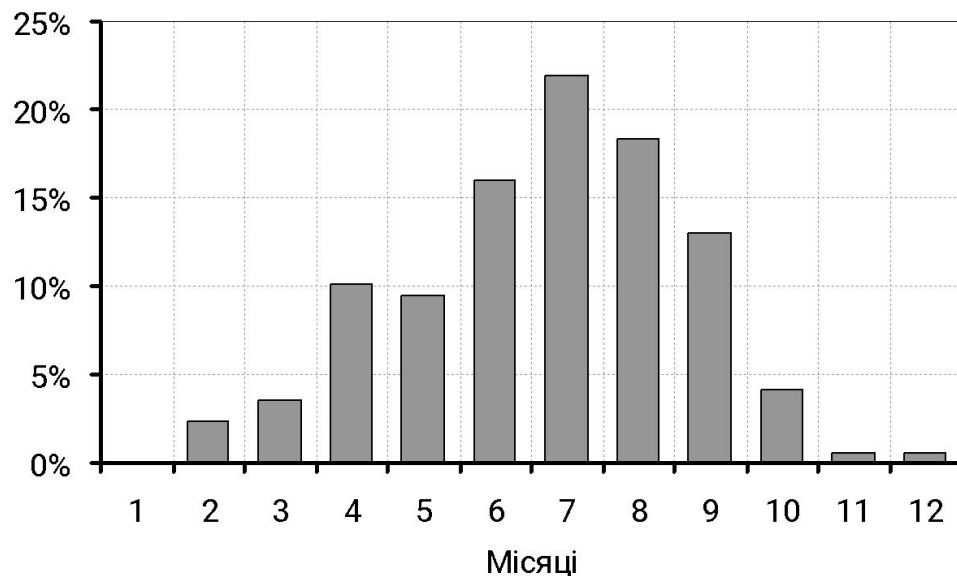
Наслідок зіткнення літака в/ч  
А4104 Л-39 із птахом  
(26.03.2007р.)

Статистики зіткнення птахів з ЛА  
навчальних частин ВПС та ПС  
України за період з 1980 по 2008 рр.

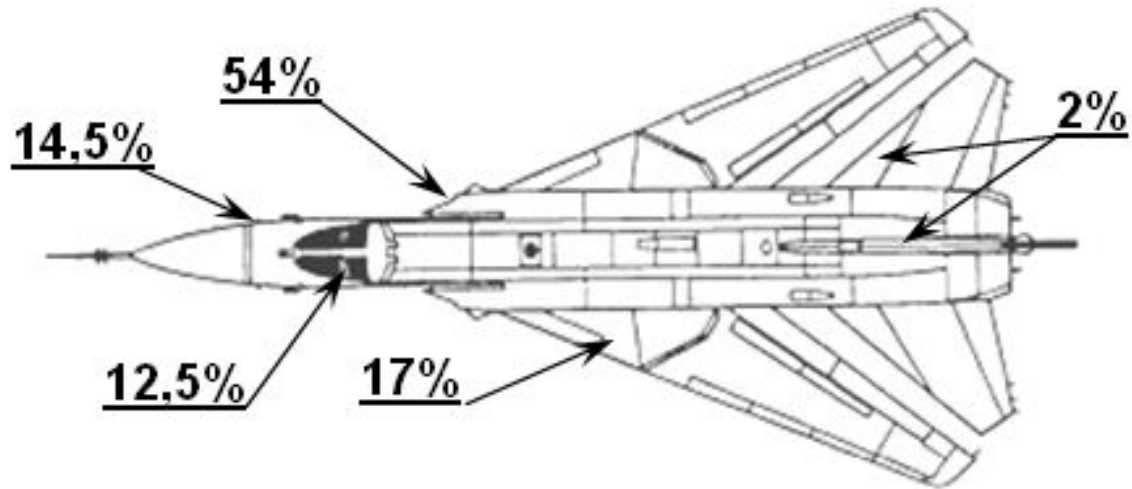


По даним Федерального авіаційного управління США (FAA), за період з 1991 по 1997 рр. трапилося 16949 зіткнень літаків з пташками та іншими тваринами, тобто в середньому по 2412 зіткнень щорічно.

**Імовірність зіткнення** літаків і вертольотів з пташками залежить від пори року, від часу доби, етапу польоту, орнітологічної обстановки по маршруту польоту, **а небезпека наслідків** від швидкості польоту, маси птаха і місця удару в ЛА.



## РОЗПОДІЛ ЧАСТОТИ УДАРІВ ПТАШОК ПО ЕЛЕМЕНТАМ КОНСТРУКЦІЇ ЛІТАКА



## ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕЛЬОТУ ПТАХІВ У МІГРАЦІЙНІ ПЕРІОДИ

Доля пташок	Висота польоту над рівнинною місцевістю		Політ над гірською місцевістю, м
	Вдень	вночі	
1	2	3	4
≈ 70%	до 500 м	до 800 м.	від 3000 м до 4000 м, іноді 6000-8000 м
≈ 30%	до 1000 м	до 1500 м	

### Міграційні періоди:

- міграція у північному напрямку – березень-квітень (для південних районів лютий-березень) по травень;
- міграція в південному напрямку – середина вересня (для південних районів жовтень) до кінця жовтня, середини листопада.

# ПИТАННЯ 2 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ

## 2.1 ВИКОНАННЯ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Якісна оцінка безпеки польотів ЛА в умовах дії небезпечних зовнішніх умов практично нічим не відрізняється від якісної оцінки при помилках особового складу та відмовах авіаційної техніки, тому ми не будемо акцентувати на ній особливої уваги

## 2.2 ВИКОНАННЯ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ

Вводяться наступні припущення:

- АТ функціонує нормально, без відмов;
- екіпаж діє без помилок

### ОСОБЛИВОСТІ АТ

1

АТ ізотропна - напрями руху частинок повітря в кожній точці простору рівноімовірні

2

В атмосфері можна виділити області, в межах яких швидкість  $W(t)$  руху частинок повітря є стаціонарним випадковим процесом ( $m_w = 0$ ),

Вони можуть бути суцільними і перервними, з часом існування від декількох годин до декількох діб.

Параметри: - товщина шарів – 300...600 м (іноді 2-3 км);

- горизонтальна протяжність – 50...200 км (іноді до 1000 км);

- швидкість  $W_y$  може перевищувати 20...30 м/с.

3

Величина  $\sigma_w = 0$ , що відповідає різним областям розподілена по нормальному закону з густиною ймовірності

$$f(\sigma_w) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{1}{b} e^{-\frac{\sigma_w^2}{2b^2}}$$

Випадкова величина швидкості  $U(t)$  руху повітря є сумою швидкості великомасштабного руху  $W(t)$  і швидкості дрібномасштабного руху  $w(t)$ :

$$U(t) = W(t) + w(t)$$

Найбільшу небезпеку для літального апарату представляють вертикальні пориви, які викликають іноді значні зміни вертикального перевантаження  $n_y$ .

**МОЖЛИВІ НАСТУПНІ ОСОБЛИВІ СИТУАЦІЇ**



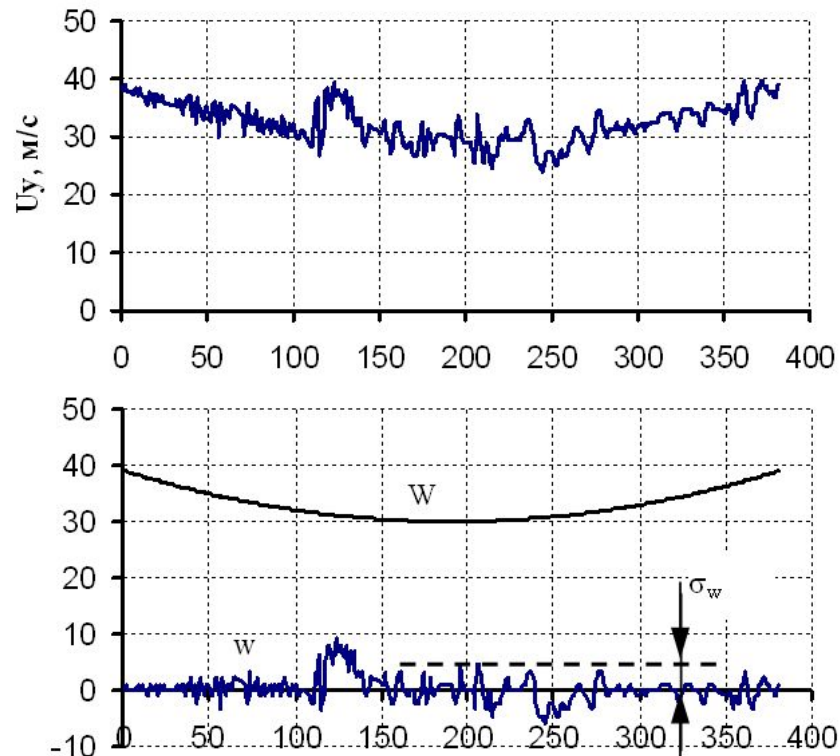
перевищення  $C_{y_H}$ , що відповідає початку втрати стійкості по перевантаженню початку втрати стійкості по перевантаженню

перевищення  $C_{y_{тр}}$ , що відповідає виникненню нестійкої роботи СУ (ПЗ і двигуна)

перевищення  $C_{y_y}$ , що відповідає втраті поперечної керованості

перевищення  $C_{y_{зв}}$ , що відповідає звалюванню літака

перевищення  $n_{y_{max}}^e$  чи  $n_y^p$ , що відповідають появі залишкової деформації чи руйнування ЛА



**В авіаційній метеорології** інтенсивність АТ оцінюється по приросту вертикальних перевантажень в центрі мас ЛА:

Класифікація АТ	$\Delta n_y < 0,2$ - слабка;
	$\Delta n_y = 0,2 \dots 0,5$ - помірна
	$\Delta n_y = 0,5 \dots 1,0$ - сильна;
	$\Delta n_y > 1,0$ - штормова.

### ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗМІНИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

Залежить від значення середньквдратического відхилення швидкості  $\sigma_w$  згідно із виразом:

СКВ приросту вертикального перевантаження

$$\sigma_{\Delta n_y} = B \sigma_{w_y}$$

коефіцієнт чутливості ЛА до АТ

Коефіцієнт чутливості визначається з виразів:

$$B = k' k_H \frac{C_{y\alpha}^{\alpha} \rho V_0 S}{2G} \left[ \frac{c}{i} \right] \quad \text{- для літаків}$$

$$B = k' k_H \frac{C_{O\rho}^{\alpha} (\omega R)^2 F_{\Pi}}{2GV_0} \left[ \frac{c}{i} \right] \quad \text{- для вертольотів}$$

$k'$  – коефіцієнт, що враховує вплив не стаціонарності на значення  $\sigma_{\Delta n_y}$  (приймається рівним 0,85-0,9);  $k_H$  – коефіцієнт послаблення поривів вітру при стаціонарному обтіканні ЛА. Залежить від динамічних властивостей ЛА і може змінюватися в широких границях;  $C_{y\alpha}^{\alpha}$  та  $C_T^{\alpha}$  – коефіцієнтів підйомної та пропульсивної сил від кута атаки;  $\omega$  та  $R$  – кутова швидкість обертання та радіус НГ;  $F_{OM}$  - площа, що обмітається НГ;

## ВИД ЧАСТКОВОГО АНАЛІТИЧНОГО КРИТЕРІЮ

$$P_c(t) = p_c + q_c R_c$$

імовірність не перевищення  
ВП допустимого значення

імовірність перевищення  
ВП допустимого значення

умовна імовірність відвернення  
наслідків перевищення ВП свого  
допустимого значення

При горизонтальному польоті в якості визначального параметра приймається величина приросту нормального перевантаження

$$p_c = e^{-N_{\Delta n_y} * t}$$

t – час польоту [с]

$N_{\Delta n_y}^*$  – середня кількість перевищень допустимого значення  $\Delta n_y^*$  за одиницю часу [1/с]

### Формула ВОРОНОВИЧА

$$N_{\Delta n_y}^* = N_0 \left[ \bar{t}_1 e^{-\frac{\Delta n_y^*}{Bb_1}} + \bar{t}_2 e^{-\frac{\Delta n_y^*}{Bb_2}} \right],$$

$\bar{t}_1, \bar{t}_2$  – відносний час перебування ЛА в умовах слабкої і сильної турбулентності відповідно;

$b_1, b_2$  – масштабні коефіцієнти;



## ІМОВІРНА КІЛЬКІСТЬ ОДНОСТОРОННІХ ПЕРЕТИНІВ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ $N_0$

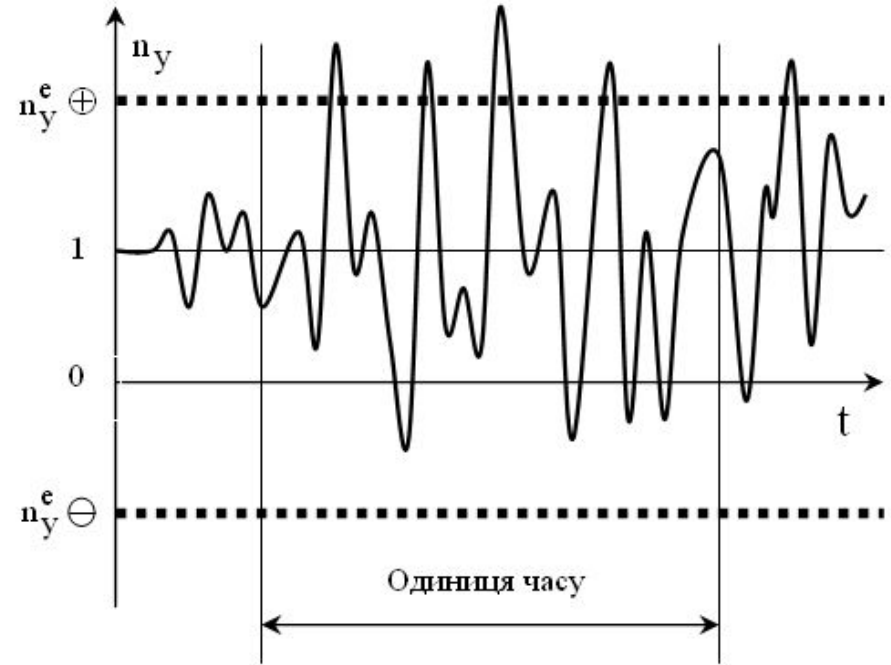
Залежить від характеристик АТ, швидкості польоту, значень коефіцієнтів  $k'$ ,  $k_H$  та визначається за формулою

$$N_0 = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \frac{V_0}{\sqrt{b_a L}} \frac{1}{k_H} \frac{v}{k'}$$

$b_a$  – середня аеродинамічна хорда крила;

$v$  – коефіцієнт, що враховує вплив поривів по розмаху крила на величину  $N_0$ . Він змінюється в широкому діапазоні (приймається рівним 0,3-0,85);

$L$  – масштаб турбулентності – це протяжність області атмосфери з однаковими характеристиками турбулентності.



## НОРМОВАНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ

H, м	L, м	Слабка		Сильна	
		$\bar{t}_1$	$b_1$	$\bar{t}_2$	$b_2$
0-300	150	0,99999	0,826	0,00001	3,25
300-600	150	0,40000	1,000	0,00030	2,99
600-3000	300	0,08000	1,160	0,00080	2,99
3000-6000	300	0,05000	1,130	0,00042	3,17
6000-9000	300	0,08400	1,070	0,00015	3,41
9000-12000	300	0,08500	1,040	0,00005	3,38

# ЗАКЛЮЧНА ЧАСТИНА

Наступне заняття:

**Групове заняття №4**

**Тема « Заходи з підвищення безпеки польотів у небезпечних зовнішніх умовах»**

Навчальні питання:

Оцінка впливу супутнього аеродинамічного сліду на безпеку польотів.

Основні заходи з підвищення безпеки польотів у небезпечних зовнішніх умовах.

На заняття потрібно взяти наступну літературу:

[1] Безопасность полётов летательных аппаратов. / Под ред. Лысенко Н.Н. — К.: КВВАИУ, 1989. — 209 с.

[2] Летательные аппараты и безопасность полетов. /Под ред. Дьяченко А.А. — М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1987. — 625 с.

[4] Володко А. М. Безопасность полётов вертолётв. — М.: Транспорт, 1981. — 222 с.