

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:

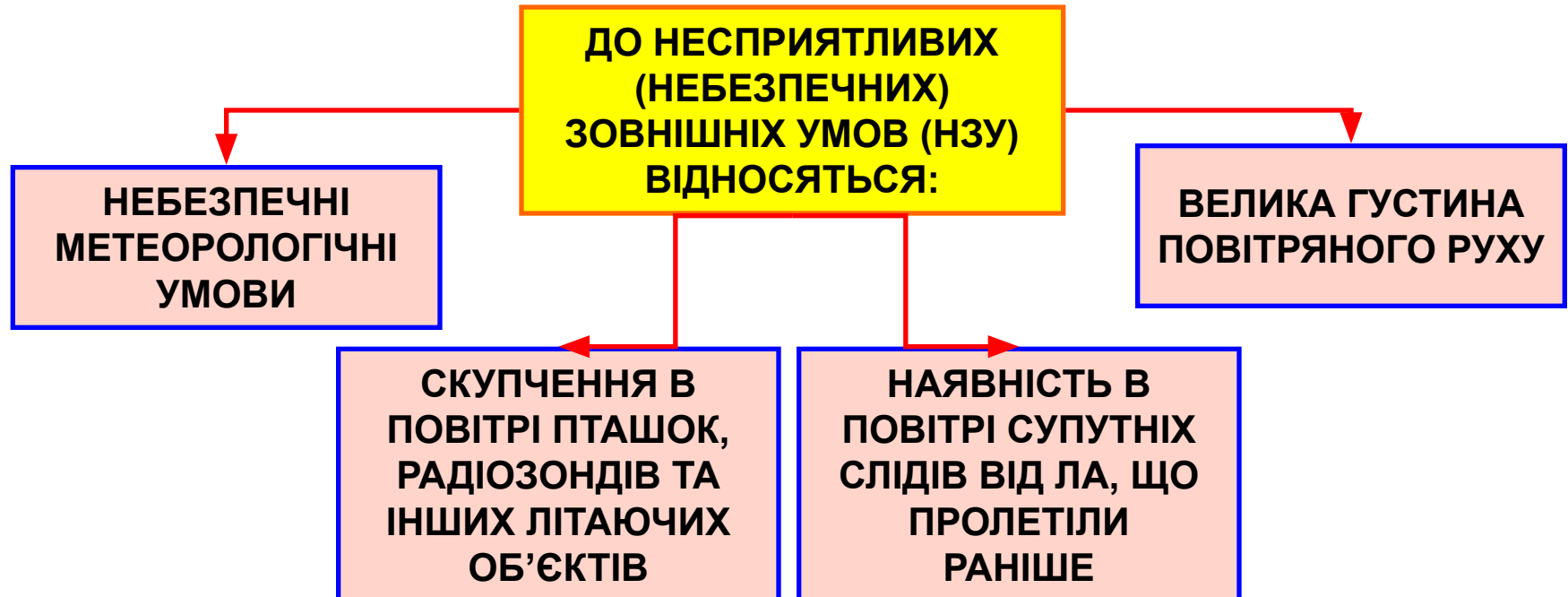
- [1] Безопасность полётов летательных аппаратов. / Под ред. Лысенко Н.Н. — К.: КВВАИУ, 1989. — С.101-121
- [2] Летательные аппараты и безопасность полетов. /Под ред. Дьяченко А.А. — М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1987. — С.563-579
- [4] Володко А. М. Безопасность полётов вертолётв. — М.: Транспорт, 1981.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

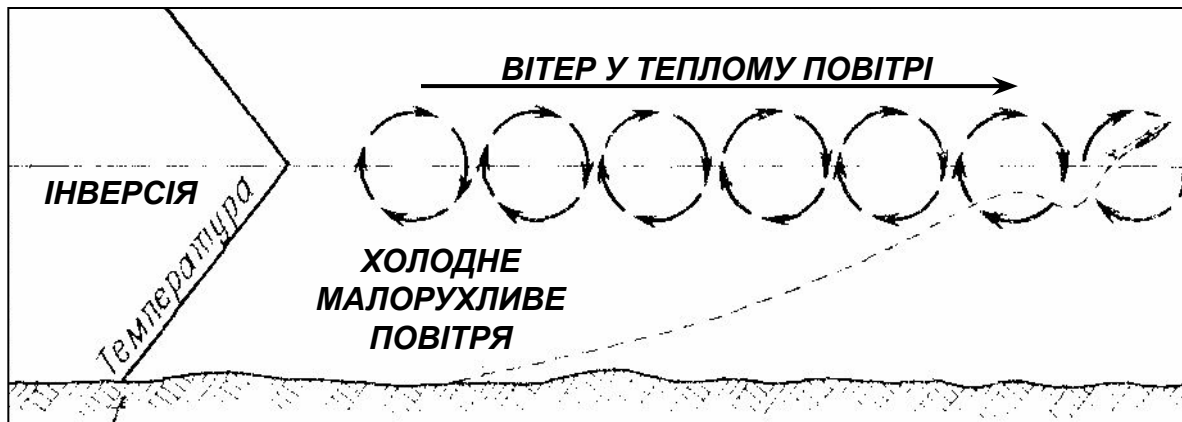
Турбулентність - це стан атмосфери, при якому спостерігаються неупорядковані вихрові рухи різного масштабу. Політ в умовах турбулентності супроводжується бовтанкою літака.

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

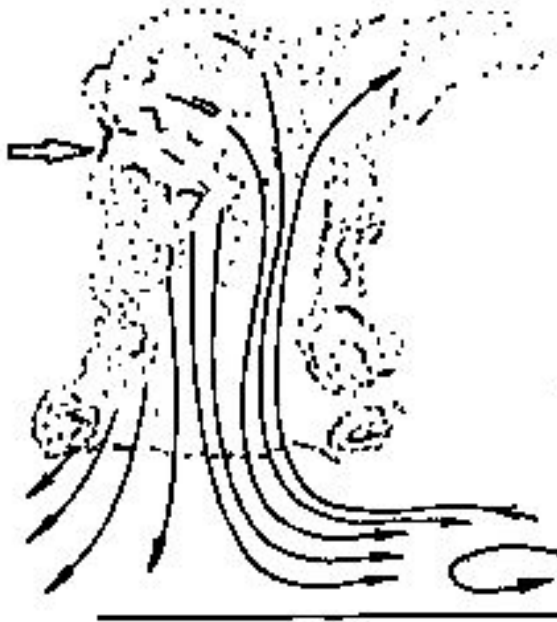
У залежності від причини виникнення турбулентності її можна розділити на:

- 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)**

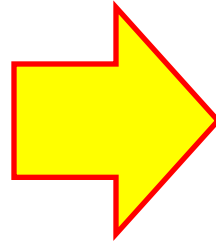
| Кількісна характеристика | Вплив на керованість | Вертикальний зсув вітру, м/с на $H = 30$ м | Вертикальний зсув вітру, м/с на $H = 100$ м | Горизонтальний зсув вітру, м/с на $H = 600$ м |
|--------------------------|----------------------|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Слабкий | Незначний | 0-2 | - | 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°C .

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

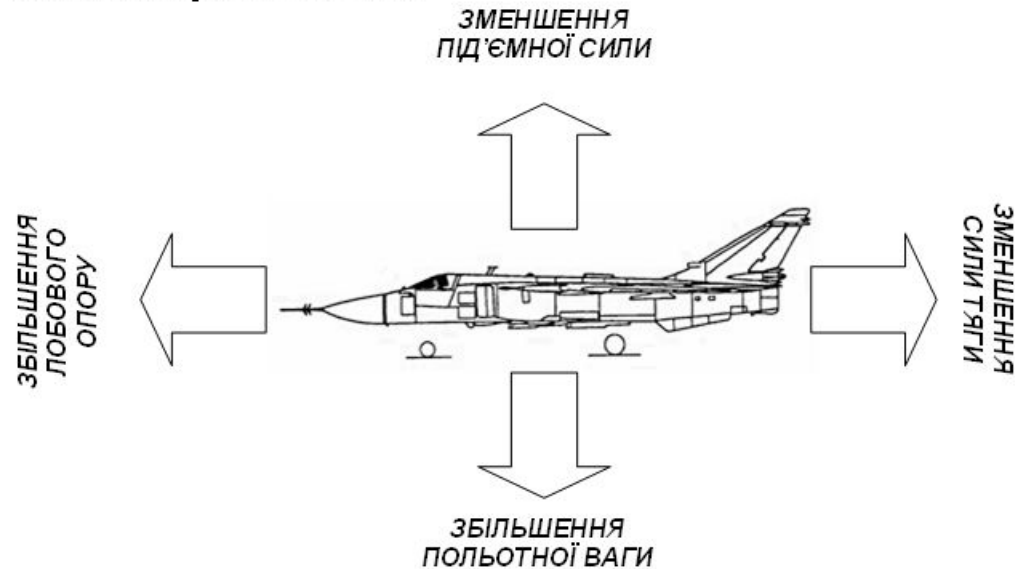
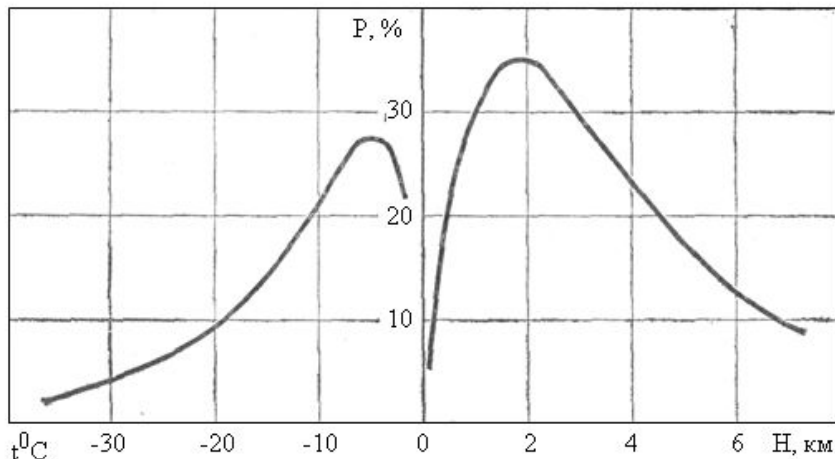
слабке обмерзання
($I \leq 0,5$ мм/хв)

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

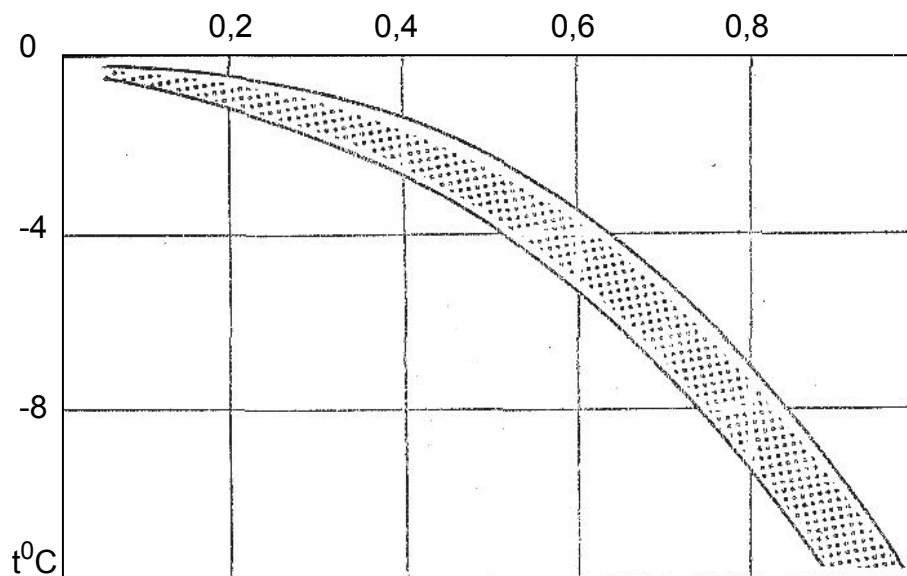
сильнее обмерзання
($I > 1,0$ мм/хв)

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

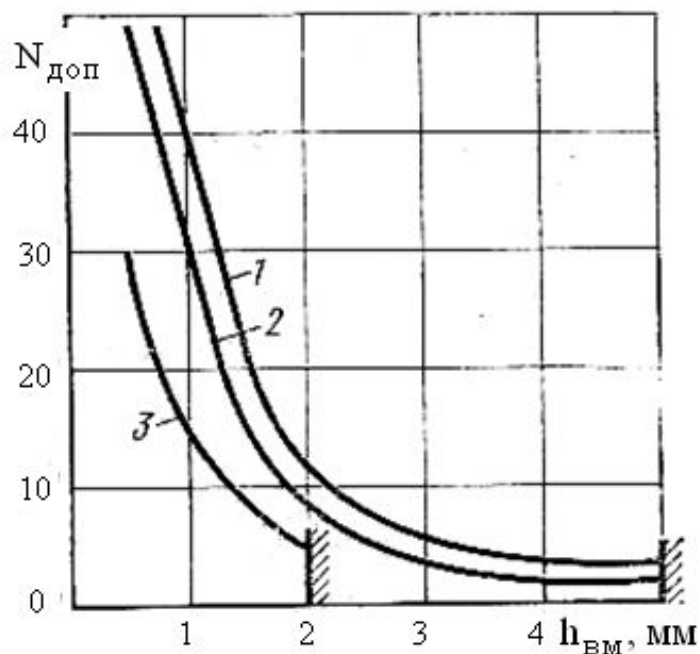
швидке наростання льоду на склоочисниках, підвищені вібрації вертольота, зниження частоти обертання несучого гвинта, погіршення керованості, зниження швидкості польоту

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)

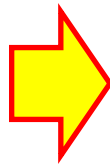
1.2 ЗІТКНЕННЯ З ПТАХАМИ

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



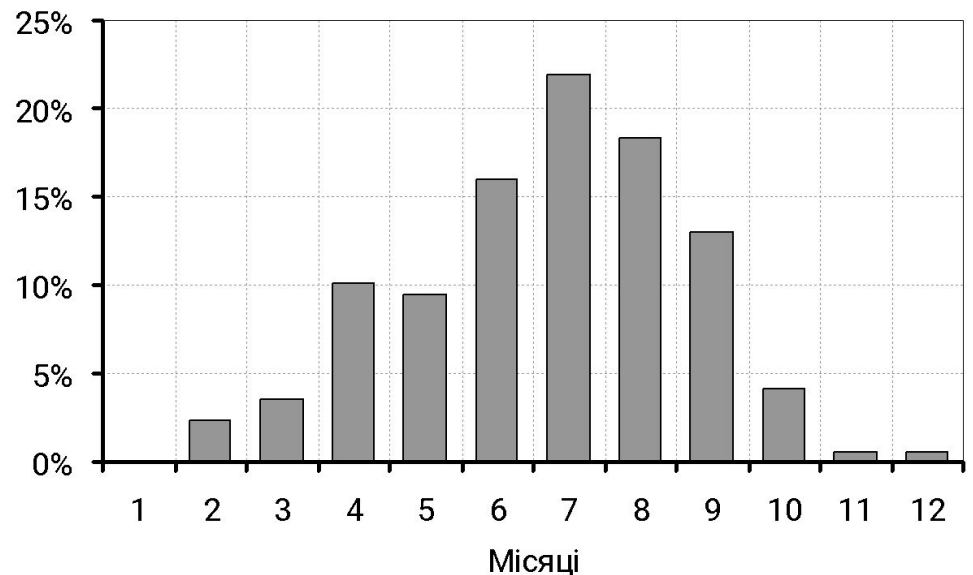
Наслідок зіткнення літака в/ч
А4104 Л-39 із птахом
(26.03.2007р.)

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

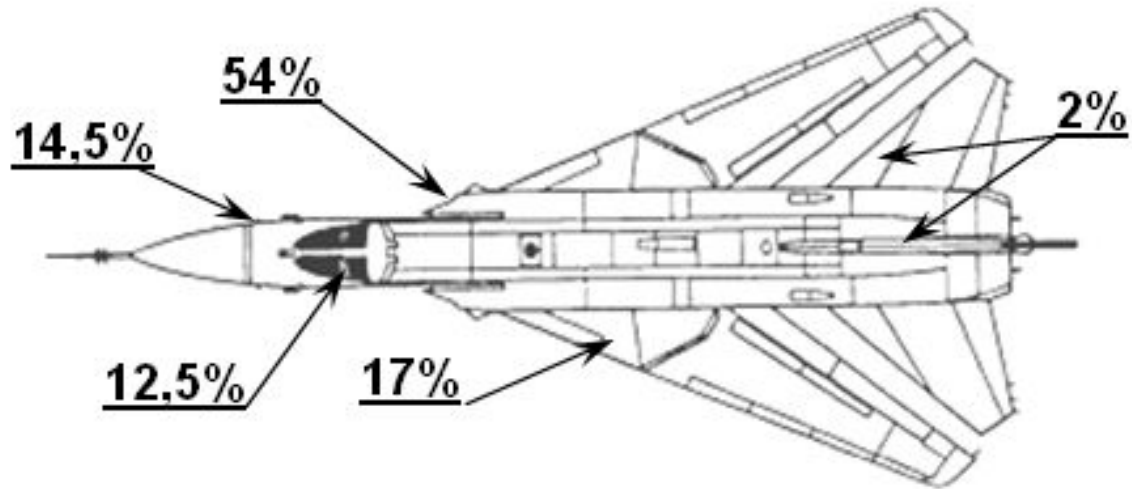


По даним Федерального авіаційного управління США (FAA), за період з 1991 по 1997 рр. трапилося 16949 зіткнень літаків з пташками та іншими тваринами, тобто в середньому по 2412 зіткнень щорічно.

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.

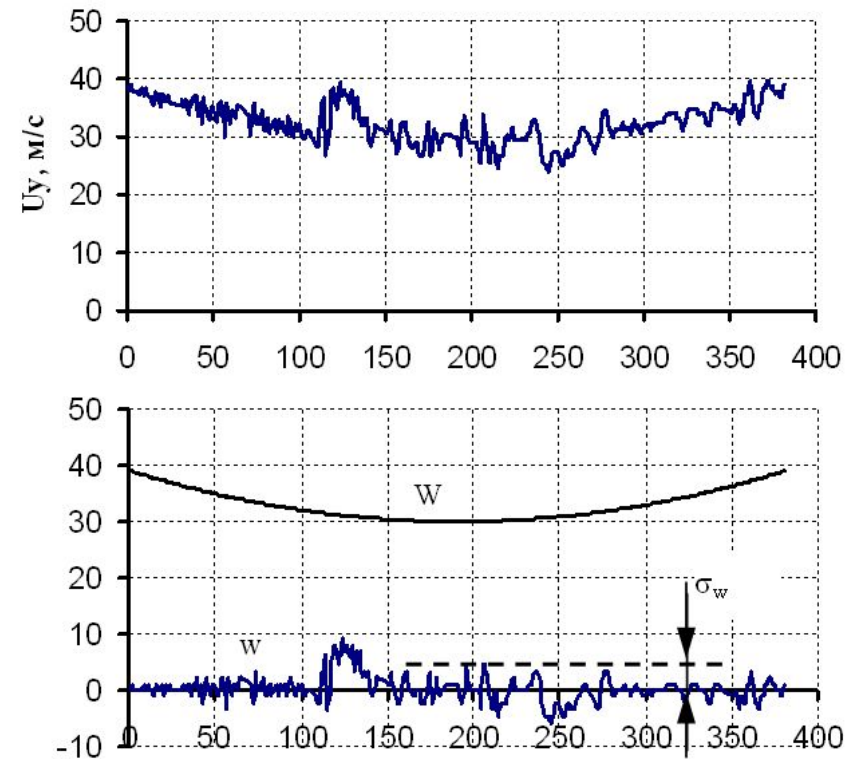
3 Величина $\sigma_w = 0$, що відповідає різним областям розподілена по нормальному закону з густиною ймовірності

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

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 σ_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^{α} – коефіцієнтів підйомної та пропульсивної сил від кута атаки; ω 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 Δn_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

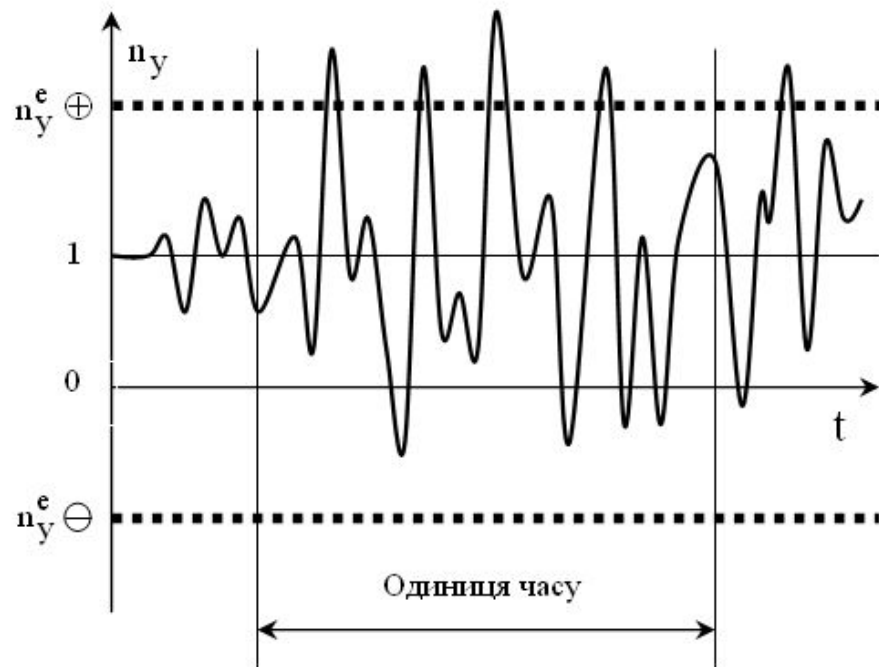
Залежить від характеристик АТ, швидкості польоту, значень коефіцієнтів k' , k_H та визначається за формулою

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

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 вертолётов. — М.: Транспорт, 1981. — 222 с.