

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Метеорологія»
обов'язкових компонент о
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Аеронавігація

За темою № 6 Небезпеки польоту. 6.4. Зсув вітру

Вінниця 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації, протокол від 28.08.2023 р № 1.

Розробник:

викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст Дроздова С.П.

Рецензенти:

викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки
Кременчуцького льотного коледжу Харківського університету внутрішніх
справ, професор, доцент, к.х.н., Козловська Т.Ф.
командир льотного загону аеродрому «Велика Кохнівка» КЛК ХНУВС
Шорохов І.В

План лекції:

1. Причини виникнення зсуву вітру.
2. Рекомендації по виконанню польоту вертольоту у зоні зсуву вітру.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна:

1. Правила метеорологічного забезпечення авіації. – Київ: Наказ Державної авіаційної служби України від 09.03.2017 № 166.

Додаткова:

1. Володко О.М. Безпека польотів вертольотів, М.: Транспорт, 1981. – 224 с.
2. Воробйов В.І. Синоптична метеорологія. - Л.: Гідометеоздат, 1998. - 213 с.
3. Новожилов Н.І., Хргіян А.Х. Атлас хмар. Ленінград: Гідрометеоздат. 1981.
4. Матвеев Л.Т. Курс загальної метеорології. Фізика атмосфери. - Л.: Гідрометеоздат, 1984. - 198 с.
5. Прох Л.З. Словник вітрів. - Л. Гідометеоздат, 1983. - 204 с.
6. Тараканов Г.Г. Тропічна метеорологія. - Л.: Гідометеоздат, 1980. – 244 с.
7. Хромов С.П. Метеорологія та кліматологія. - Л.: Гідометеоздат, 1968. - 256 с.
8. Шкільний Є.П. Фізика атмосфери. Одеса, ОТМІ, 1997. - 210 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. Офіційний портал Державної авіаційної служби України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua>
2. Офіційний портал Всесвітньої метеорологічної організації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.wmo.int>.
3. Офіційний сайт Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. Міністерство інфраструктури України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uksatse.ua>

Текст лекції

1. Причини виникнення зсуву вітру

Розподіл вітру в приземному шарі атмосфери (до висоти 100 м) дуже впливає на виконання зльоту та посадки ПС. Особливо небезпечним є різка зміна вітрового режиму уздовж траєкторії руху ПС, яке може виявитися абсолютно несподіваним для екіпажу.

ПС перетинає самий нижній шар атмосфери в такий короткий час, що обмежений запас висоти, швидкості, прийомистість двигунів не дозволяють пілотові своєчасно парирувати впливу різкої зміни вітру. Зміна злітно-посадочних характеристик під впливом різкого ослаблення або посилення вітру стало, в ряді випадків, однією з головних причин льотних пригод.

Характеристикою просторової мінливості вітру є зрушення вітру - різниця векторів вітру в двох точках простору, віднесена до відстані між цими точками. Зсув вітру є векторною величиною і відображає зміну швидкості і напрямку вітру між розглянутими точками. Залежно від орієнтації в просторі двох точок, між якими визначається зсув вітру, розрізняють вертикальне і горизонтальне зрушення вітру. Крім того, виділяються вертикальні висхідні і низхідні потоки, що представляють собою рух повітря в вертикальному напрямку в невеликих зонах з перетином порядку сотень метрів.

Для оцінки зсуву вітру користуються термінами і чисельними критеріями, які рекомендовані ІКАО (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Характеристики зсуву вітру

Зсув вітру	Вплив на керування літаком	Вертикальний зсув вітру м/с на кожні 30 м висоти	Горизонтальний зсув вітру м/с на кожні 600 м відстані	Швидкість висхідних або низхідних потоків м/с
Слабкий	незначне	0 ... 2,0	0 ... 2,0	0 ... 2,0
Помірний	значне	2,1 ... 4,0	2,1 ... 4,0	2,1 ... 4,0
Сильний	істотні	4,1 ... 6,0	4,1 ... 6,0	4,1 ... 6,0
Дуже сильний	небезпечне	> 6,0	> 6,0	> 6,0

За статистичними даними ВМО потрапляння ПС на посадці в зсув вітру,

що перевищує 4 м/с на 30 м висоти, можливо не менше одного разу протягом всього його середнього ресурсу.

Проблема зсуву вітру в авіації придбала особливо актуального значення в останні 30 ... 40 років. Це пов'язано з тим, що змінювалися ПС, умови і інтенсивність їх експлуатації. Завдяки значній масі (50 ... 200 т), ПС має велику інерцію, яка перешкоджає швидкій зміні його шляхової швидкості (тобто швидкості руху щодо поверхні землі) при різкій зміні характеру руху повітря вздовж траєкторії польоту. Вектор шляхової швидкості W є сумою вектора повітряної швидкості V і вектора швидкості вітру u .

$$W = V + u$$

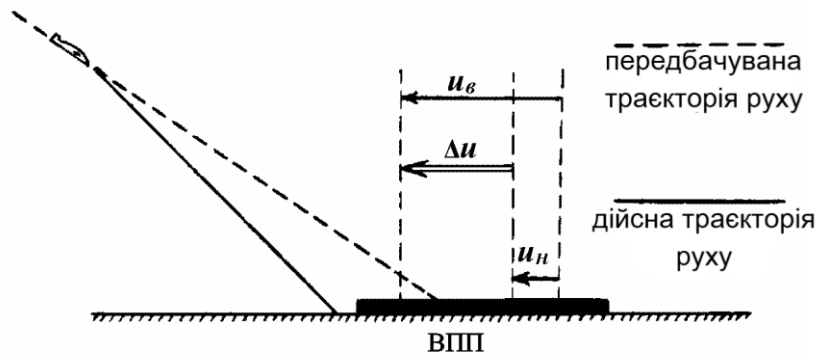
Збереження внаслідок інерції шляхової швидкості при перетині ПС рівнів з різним вітром призводить до зміни повітряної швидкості. Якби ПС під дією змін вітру могло миттєво прискорювати або сповільнювати свій рух, проблеми зсуву вітру не існувало б.

1. Швидкість вітру з висотою різко збільшується (мал. 1.1)

Якщо посадка або зліт літака відбувається строго при зустрічному вітрі, то шляхова швидкість буде дорівнювати різниці повітряної швидкості і швидкості вітру $W = V - u$.

При посадці ПС, рухаючого проти вітру, потрапляє в нижній шар з більш слабким зустрічним вітром. При цьому за інерцією воно зберігає свою шляхову швидкість, повітряна ж швидкість зменшується, отже, зменшується і підйомна сила. В результаті фактична траєкторія руху проходить нижче заданої глісади, ПС "провалюється" і, незважаючи на збільшення пілотом сили тяги двигунів, посадка може бути здійснена з недоліком. Аналогічна ситуація спостерігається при посадці з попутним вітром, який з висотою слабшає.

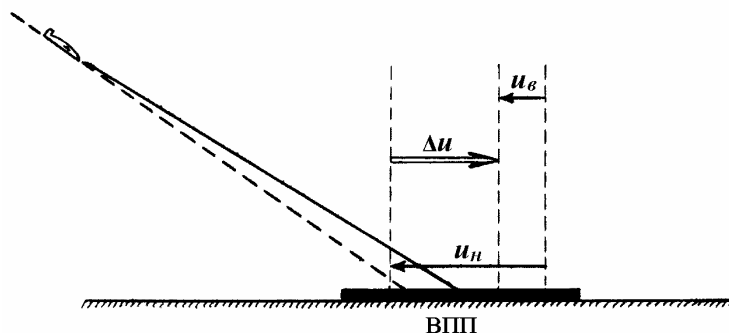
При зльоті в умовах посилення зустрічного вітру з висотою на ПС, що потрапляє в шар з більш сильним вітром, діє велика підйомна сила, ніж на нижчих рівнях, і його фактична траєкторія набору висоти розташовується вище заданої (ПС "підкидає"). Це може привести до переходу на закритичні кути атаки і до звалювання ПС.



Мал. 1.1. Схема посадки ПС при послабленні зустрічного вітрі

2. Швидкість вітру з висотою різко зменшується (мал. 1.2)

При посадці ПС, рухаючись проти вітру, потрапляє в нижній шар з більш сильним зустрічним вітром. Повітряна швидкість і підйомна сила збільшуються. Посадка в таких умовах супроводжується "підкиданням", перельотом заданої точки дотику ЗПС і викочування за межі дальньої кінцевої смуги безпеки або за дальній кінець ЗПС.



Мал. 1.2. Схема посадки ПС при посиленні зустрічного вітру

Ускладнення при зльоті в разі ослаблення зустрічного вітру з висотою виникають через зменшення підйомної сили і "провалювання" ПС, внаслідок чого воно може вийти за нижню межу сектора безпечного набору висоти. Так як при зльоті практично немає можливості додаткового різкого збільшення сили тяги, то виникає небезпека зіткнення ПС із оточуючими аеродром перешкодами (високі штучні споруди, височини).

Таким чином, найбільш небезпечними для польотів є зсуви вітру, які викликають втрату висоти, так як при посадці вони можуть викликати дотик ПС землі до торця ЗПС, а при зльоті - виход ПС за нижню межу сектора безпечного набору висоти по курсу зльоту.

3. Горизонтальний зсув вітру

Вплив горизонтального зсуву вітру залежить від характеру зміни вітру по

горизонталі. Наприклад, при різкому збільшенні швидкості зустрічного потоку напрямку польоту (або при ослабленні попутного вітру) спостерігається "підкидання" ПС; при значному зменшенні вітру (при посиленні попутного) ПС "провалюється".

Для визначення величини зсуву вітру, в першому наближенні, на всіх аеродромах проводяться шаропілотні вимірювання швидкості і напрямку вітру на висоті 100 м і висоті кола. Знаючи вітер у землі і на висоті 100 м, можна визначити середню величину і характер зсуву вітру (попутний, зустрічний або бічний) і прийняти необхідне рішення.

Особливе значення надається повідомленням екіпажів ПС, що виконують польоти на малих висотах або на рівні кола в районі аеродрому, а також проводять зліт і посадку. У відомостях, отриманих від екіпажів ПС, повідомляється місце розташування зони зрушень вітру (по місцевих орієнтирів), межа шару (шарів), швидкість і напрям вітру на різних висотах.

Необхідно пам'ятати, що вертикальний зсув вітру нелінійно залежить від товщини шару, для якого проводиться його оцінка. Тому перехід від значень зсуву вітру, визначених для шарів однієї товщини до верств іншої товщини, повинні здійснюватися з урахуванням статистичних закономірностей розподілу зсуву вітру за допомогою спеціальних графіків.

Експериментальні дослідження показують, що розподіл вітру з висотою, в середньому, характеризується швидким зростанням швидкості до висоти 100 м, більш уповільненим - в шарі 100 ... 500 м і незначним - вище 500 м. Таким чином, найбільш сильні вертикальні зрушення вітру спостерігаються від землі до висоти 100 м.

Небезпечні зрушення вітру в нижніх шарах атмосфери можуть поєднуватися з сильними вертикальними рухами повітря і турбулентними поривами, які також здатні викликати переміщення або кидки ПС у вертикальній площині. При зльоті або посадці в зв'язку з близькістю землі і обмеженими можливостями маневру ПС ці кидки становлять значну небезпеку. Спільний вплив на ПС всіх перерахованих факторів може різко ускладнити пілотування особливо в тих випадках, коли в деякі інтервали часу вплив різних чинників буде направлено в одну сторону.

Аналіз льотних пригод, обумовлених зсувами вітру, показує, що складність і небезпека ситуації визначається її повною несподіванкою для екіпажу.

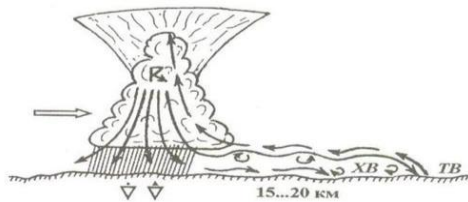
Характерними умовами, при яких можуть спостерігатися сильні зсуви вітру, є:

- розвиток потужних купчасто-дощових хмар (особливо грозо-градових);

- проходження атмосферних фронтів;
- утворення затримуючих шарів;
- особливості орографії або забудови району аеродрому.

Потужні грозові осередки викликають значні збурення повітряних потоків і створюють в нижніх шарах атмосфери надзвичайно складну структуру вітру:

- сильні висхідні потоки повітря (30 ... 40 м/с);
- інтенсивні низхідні потоки в зоні випадіння зливових опадів (10 ... 15 м/с і більше);
- фронт поривчастості перед хмарами (мал. 1.3).



Мал. 1.3. Структура фронту поривчастості

Фронт поривчастості являє собою вузьку зону різких горизонтальних і вертикальних зрушень вітру і сильної турбулентності в нижніх шарах атмосфери поблизу купчасто-дощових хмар. Виникнення цього фронту є наслідком інтенсивного опускання холодного повітря під хмарою і подальшого розтікання його в нижніх шарах атмосфери. Сильний спадний потік холодного повітря утворюється в зоні випадіння інтенсивних зливових опадів. Цей спадний потік, зустрічаючи поверхню землі, розходить в сторони від грозової хмари. В результаті складання швидкості загального перенесення з горизонтальної складової відтікаючого повітря сумарна швидкість вітру у землі перед купчасто-дощових хмарою може різко збільшуватися, досягаючи при цьому високих значень (шквал). Шар відтікаючого холодного повітря товщиною в кілька сотень метрів (до 2 км) являє собою швидкорухомий маломасштабний холодний фронт. Перед ним відбувається різкий вимушений підйом теплого повітря, яке потім втягується в передню частину хмари. Фронт поривчастості може поширюватися від краю хмари на відстань 15 ... 20 км і існує не постійно, а як пульсуючий процес.

Перетин фронту поривчастості ПС в польоті становить велику небезпеку.

При перетині цього фронту можуть відбуватися різкі зміни зустрічного вітру. Були відзначені випадки, коли повітряна швидкість ПС змінювалася на 25 км/год за 2,5 сек, на 77 км/ год за 8 сек і навіть на 109 км/год за кілька секунд - при зміні вітру від зустрічного 64 км/год до попутного - 45 км/год. Найбільш небезпечною є ситуація, коли зниження по гліссаді буде здійснюватися назустріч рожевому очагу, навіть якщо очаг видалений на 10 км і більше. У цих умовах крім даних інструментальних вимірювань велике значення набуває досвід пілота за візуальною оцінкою ситуації, що складається при виконанні посадки, а також його вміння оцінювати зміна вітру попереду ПС за непрямими ознаками (характер хвилювання на водних об'єктах поблизу аеродрому, "хвилі", перекочується по посівам, трав'яному покриву і деревам, смуги пилу і т.п.). Непрямою ознакою наявності фронту поривчастої також є "вірга" - видимі на тлі грозової хмари смуги випадають в передній частині хмари опадів, що не досягають поверхні землі.

Зрушення вітру при проходженні у землі атмосферних фронтів

У межах нижнього шару тропосфери фронтальна зона має ширину 40 ... 50 км (рідше - до 100 км). У цій зоні спостерігається збільшення горизонтальних градієнтів всіх метеорологічних величин. При цьому, чим більше контраст метеорологічних елементів по різні боки від фронтальної зони, тим яскравіше виражена ця фронтальна зона.

При наближенні фронтальної зони посилюється горизонтальна адвекція температури, в прикордонному шарі атмосфери істотно збільшуються середні вертикальні зрушення вітру і мають місце узгоджені тимчасові зміни швидкості вітру та інших метеорологічних величин, які можуть тривати в пункті спостережень протягом декількох годин поспіль при наближенні фронту. Найбільш істотне посилення вітру поблизу поверхні землі спостерігається в 40...50 кілометровій зоні фронту і може бути досить значним, але нетривалим, при цьому можуть різко збільшуватися турбулентність, а також вертикальні і горизонтальні зсуви вітру.

Зсуви вітру, які надають небезпечний вплив на польоти повітряних суден, утворюються, як правило, в зоні активних, атмосферних фронтів що швидко рухаються, які спостерігаються на фоні великих горизонтальних градієнтів температури і тиску.

Дослідження показали, що при проходженні холодних фронтів сильні вертикальні зсуви вітру (5 м/с і більше) в нижній частині приземного шару атмосфери (до висоти 30 м) виникають в основному за рахунок зміни швидкості вітру, напрямку вітру при цьому змінюється мало. Крім того, в зоні цих фронтів спостерігаються явища, пов'язані з утворенням купчасто-дощових хмар:

горизонтальні і вертикальні зсуви вітру, сильні вертикальні потоки, турбулентність, фронти поривчастої. Як правило, в зоні холодних фронтів спостерігаються значні швидкості вітру, що додатково збільшує інтенсивність зрушень вітру і турбулентності.

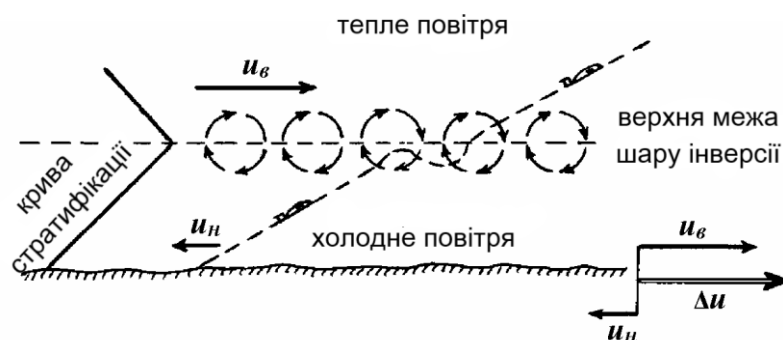
У зоні теплих фронтів сильні вертикальні зсуви вітру формуються за рахунок зміни як швидкості, так і напрямку вітру. Причому, в самій нижній частині приземного шару (до висоти 30 м) сильні зрушення вітру (5 м/с і більше) виникають, головним чином, за рахунок різкої зміни напрямку вітру з висотою в цьому шарі. Сильні горизонтальні зрушення вітру, вертикальні потоки і турбулентність в зоні цих фронтів, як правило, не спостерігаються. Це пояснюється тим, що в зоні теплих фронтів часто спостерігаються потужні інверсії температури, що охоплюють весь нижній шар тропосфери, які і викликають різкі зміни швидкості і напрямку вітру з висотою в цьому шарі.

У зоні фронтів оклюзії можливі як сильні вертикальні і горизонтальні зрушення вітру, так і інтенсивні вертикальні потоки на загальному підвищеному фоні турбулентності в нижніх шарах атмосфери. Різке посилення турбулентності в межах нижнього шару тропосфери в зоні окклюдування відбувається при зближенні фронтальних зон холодного і теплового фронтів. Зрушення вітру в зоні фронтів оклюзії утворюються як за рахунок зміни напрямку, так і за рахунок зміни швидкості вітру.

Зрушення вітру при інверсіях температури (мал. 1.4)

При стійкій стратифікації температури турбулентний обмін кількістю рухів по вертикалі ослаблений (шари "ковзають" один за іншим), тому шари інверсії і ізотермії, як правило, призводять до суттєвого розшарування потоків по вертикалі і утворенню значних вертикальних зсувів вітру.

При інверсіях у землі може спостерігатися слабкий вітер, і навіть штиль, в той час як на верхній межі цих шарів він може досягати істотних значень (10 м/с і більше) і різко змінюватися у напрямку. Таким чином, під час заходу ПС на посадку в інверсії (проти вітру) зазвичай слід очікувати зменшення швидкості зустрічного вітру і "провалювання" літака від глісади.



Мал. 1.4. Схема зльоту ПС при інверсіях температури

Зсув вітру за рахунок особливостей орографії

У гірській місцевості сильні вертикальні і горизонтальні зрушення вітру утворюються над вершинами внаслідок різкого згущення ліній струму при обтіканні нерівностей рельєфу і з підвітряного боку за рахунок деформації повітряного потоку. На підвітряних схилах мають місце також сильні низхідні потоки і інтенсивна турбулентність.

При одних і тих же метеорологічних умовах утворення сильних вертикальних і горизонтальних зсувів вітру в гірській місцевості відбувається частіше, ніж над рівниною. При цьому чим більше швидкість повітряного потоку, що обтікає гірські перешкоди, тим більше ефект впливу на нього нерівностей рельєфу. Навіть на рівнинних аеродромах при значних швидкостях вітру у землі (15 м/с і більше) можуть виникати суттєві зрушення вітру і турбулентність в приземному шарі атмосфери. Ці явища обумовлюються дрібними нерівностями рельєфу (яри, схили, невеликі пагорби), а також великими будовами поблизу ЗПС (ангари, високі будівлі, щогли, труби і т.д.). Крім того, сильні зсуви вітру часто утворюються при деяких видах місцевих вітрів, викликаних поєднанням особливостей рельєфу і характеру синоптичної ситуації (бризи, бора, гірничо-долинні вітри).

2. Рекомендації щодо виконання польоту в зоні зсуву вітру

1. Перед заходом на посадку порівняти інформацію про вітер у поверхні землі і на висоті

100 м, оцінити величину зсуву вітру.

2. Зрушення вітру менш 6 м/с на 100 м висоти при заході на посадку можна не враховувати. Захід в цьому випадку виконувати в режимах, встановлених РЛЕ.

3. При зсуві вітру більш-рівному 6 м/с на 100 м висоти, якщо швидкість у землі менше, ніж на висоті, необхідно збільшити режим роботи двигунів, підвищити приладову швидкість на 10...20 км/год, в порівнянні з рекомендованою РЛЕ, і витримувати збільшену швидкість в процесі подальшого заходу. Цей запас швидкості необхідний для компенсації її зменшення після входу ПС в зону зсуву вітру. Якщо до моменту зниження на висоту прийняття рішення створений запас швидкості виявиться вичерпаним, незважаючи на збільшений, аж до номіналу, режим роботи двигунів, необхідно піти на друге коло.

4. При відсутності інформації про вітер на висоті 100 м необхідно після прольоту ДПРМ ретельно стежити за характером можливої зміни приладової швидкості. При різкому зменшенні приладової швидкості діяти відповідно до рекомендації, викладеної в пункті 3.