

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

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

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

Аеронавігація

**За темою № 4 – Фізичні процеси в атмосфері. 4.4. Хмари. Генетична
класифікація хмар.**

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. Купчастоподібні хмари.
2. Шаруватоподібні хмари.
3. Хвильоподібні хмари.

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. Матвєєв 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.

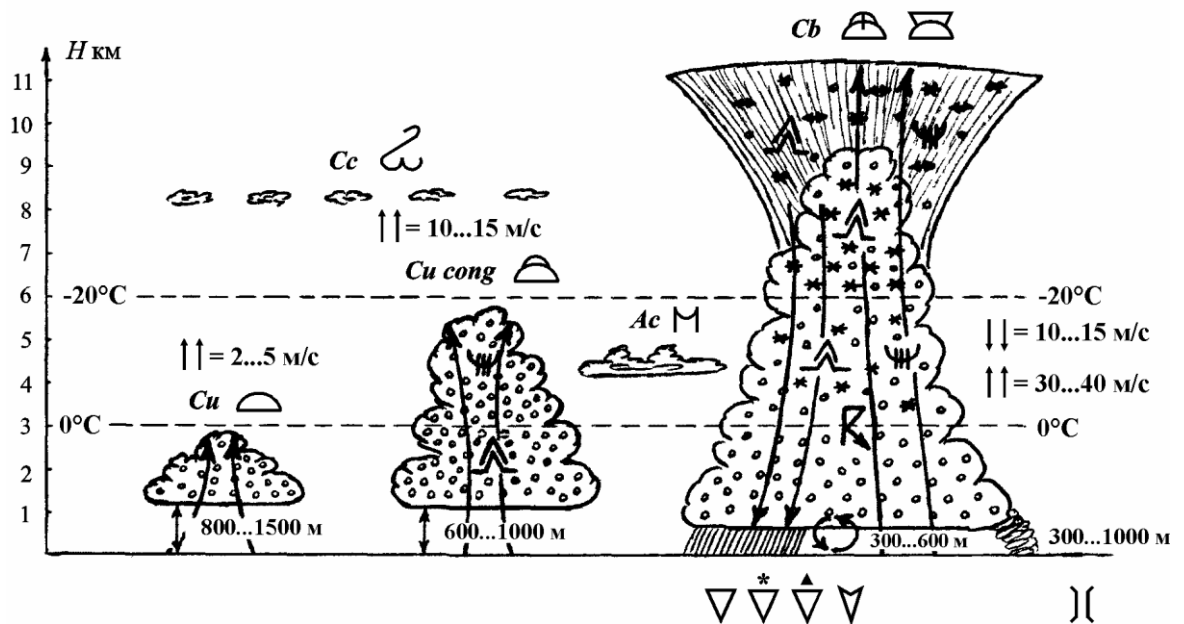
Інформаційні ресурси в Інтернеті:

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. Купчастоподібні хмари

Причина утворення - різні види конвекції. До них відносяться: купчасті, потужньо- купчасті, купчасто-дощові, високо-купчасті баштовидні або пластівчасті і пір'ясто-купчасті хмари (мал. 1.1).



Мал.1.1. Купчастоподібні хмари

Купчасті хмари – це невеликі хмарні маси білого кольору, розкидані по небу у вигляді куп. Нижня основа хмар плоска на висоті 800...1500 м, вершина - випукла на висоті 2...3 км. Складаються з крапель води, опадів не дають. Над континентом купчасті хмари утворюються переважно в теплу пору року. Зазвичай вони з'являються в 10...12 годин, в 14...15 досягають максимального розвитку і до вечора розмиваються. Малорозвинені по вертикалі, плоскі купчасті хмари називаються "хмарами гарної погоди". Політ під хмарами і в хмарах супроводжується слабкою бовтанка, тому що швидкість висхідних потоків 2...5 м/с. Хмари розташовуються нижче нульової ізотерми, тому обмерзання в них не спостерігається.

Потужньо-купчасті хмари - утворюються з купчастих хмар. При великій вологості повітря ($\alpha > 10 \text{ г/м}^3$) і сприятливих умовах для розвитку конвекції купчасті хмари розвиваються по вертикалі, переходять через нульову ізотерми і

стають потужно-купчастими. Нижня основа хмар плоска, злегка сірувата або синювата на висоті 600...1000 м, вершина - куполоподібна, білого кольору на висоті 4...6 км. Потужно-купчасті хмари можуть розташовуватися у вигляді окремих рідкісних хмар або у вигляді значного скупчення, що закриває майже все небо. Хмари крапельно-рідкі, але вище ізотерми 0°C краплі води знаходяться в переохолодженому стані. Опади з потужно-купчастих хмар не випадають. В хмарах переважають висхідні потоки, швидкість яких досягає 10...15 м/с.

Купчасто-дощові хмари - величезні гороподібні хмарні маси з темними підставами і яскраво-білими вершинами, які, як правило, мають волокнисту будову.

По вертикалі купчасто-дощові хмари можуть розвиватися до тропопауза, а іноді пробивають тропопаузу і вклинюються в нижню стратосферу. Утворюються з потужно-купчастих хмар при абсолютній вологості повітря більше 13 г/м³ або пружності водяного пара більш 15 гПа. При сприятливих умовах для розвитку конвекції і великому вологовмісту повітря потужно-купчасті хмари продовжують рости вгору, і досягають вершинами висот, де температура повітря настільки низька, що в хмарах починають утворюватися крижані кристали. Таким чином, мікроструктура купчасто-дощової хмари змішана - є як краплі води, так і кристали льоду. Процес переростання потужно-купчастих хмар в купчасто-дощові відбувається дуже швидко, іноді протягом 15...20 хвилин. Ознакою такого переростання може служити зміна форми потужно-купчастої хмари. Поки розвивається хмара вона складається тільки з крапель води, така хмара опадів не дає і має різко окреслені контури. Вершина хмар виглядає подібно голівці цвітної капусти. Як тільки верхня частина хмари набуває кристалічної будови, воно втрачає свої різкі обриси, його краї починають закублюватися, а вершина приймає вигляд перевернутої мітли (ковадла). Крижані кристали, перебуваючи в сусідстві з переохолодженими краплями води, швидко збільшуються і починають випадати з хмари. З моменту випадання опадів хмари стають купчасто-дощовими. З купчасто-дощових хмар випадають зливові опади у вигляді дощу, снігу, крупи, граду. Швидкість висхідних потоків в хмарі може досягати 30...40 м/с; за рахунок зливових опадів в купчасто-дощових хмарах виникають спадні потоки зі швидкістю 10...15 м/с. Розвиток купчасто-дощових хмар, і випадання зливових опадів часто супроводжується грозами (⚡), шквалами (⚡) і смерчами (⚡).

Залежно від причин утворення, купчасто-дощові хмари бувають внутрімасовими і фронтальними.

Політ всередині всякої *Cb* хмари небезпечний і забороняється керівними документами з наступних причин:

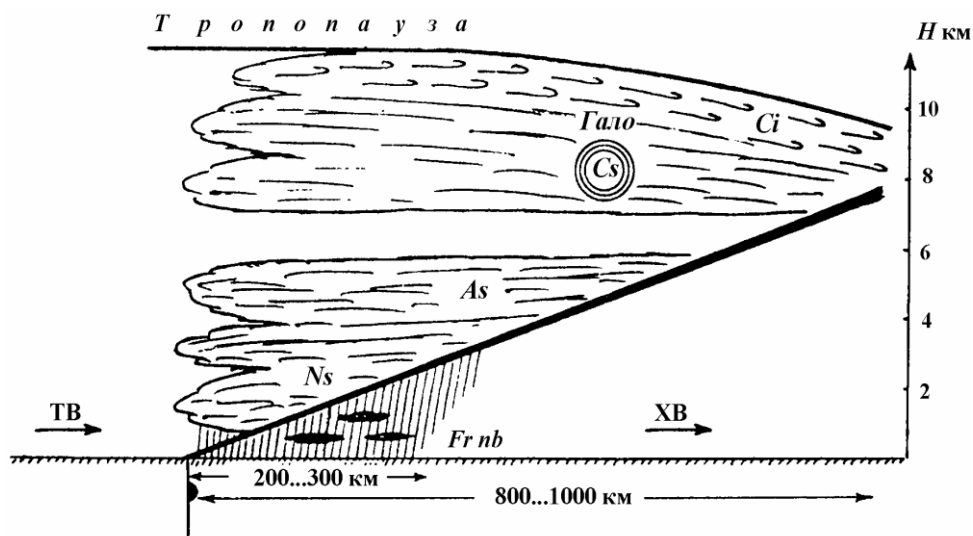
- сильна бовтанка (\mathbb{A}) від нижньої межі хмари (НМХ) до верхньої межі хмари (ВМХ);
- інтенсивне обмерзання (\blacksquare) на всіх висотах вище нульової ізотерми;
- можливий розряд блискавки через ПС;
- зливові опади (∇) погіршують видимість на зльоті і при заході на посадку, а град може пошкодити окремі частини ПС в польоті;
- при польоті в сильних злизових опадах (видимість менше 1000 м) може відбутися зрив потоку;
- купчасто-дощові хмари часто супроводжуються шквалами і смерчами.

Високо-купчасті пухкі або баштоподібні хмари мають вигляд великих пластівців, розділених прорізами блакитного неба, або башточок, посаджених на одну спільну основу. Утворюються в теплу пору року, як правило, в ранкові години, коли в середній тропосфері спостерігається нестійка рівновага повітря. НМХ становить 3...5 км, товщина - 200...500 м. Безпосередньо на політ впливу не роблять, але є доброю ознакою утворення грози в денні години. При цьому, чим більше башточок або пластівців, тим ближче за часом гроза.

Високо-купчасті хмари - білі тонкі хмари, що мають вигляд дуже дрібних хвиль, пластівців, барашків. Утворюються на висоті вище 6 км, складаються з кристалів льоду, товщина хмар 200 ... 300 м. На політ впливу не роблять.

2. Шаруватоподібні хмари

Причина утворення - висхідне ковзання. До них відносяться: шарувато-дощові, розірвано-дощові, високо-шаруваті, перисто-шаруваті і перисті хмари (мал. 1.2).



Мал. 1.2. Шаруватоподібні хмари

Шарувато-дощові хмари мають вигляд темно-сірого хмарного покриву, як правило, яке закриває все небо. Висота НМХ 300...500 м і менше. Вертикальна потужність коливається від декількох сотень метрів до кількох кілометрів. Це змішані хмари з водністю 0,6...1,3 г/м³. З них випадають обложні опади - тривалі, середньої інтенсивності, що займають великі площі: 200...300 км по ширині і до тисячі кілометрів по довжині.

Політ в таких хмарах проходить спокійно, але, вище нульової ізотерми, в хмарах, а взимку і в опадах спостерігається обмерзання ПС, інтенсивність якого залежить від водності хмари і температури повітря. В опадах НМХ розмивається і може розташовуватися на висоті 100 м і нижче, що ускладнює їх пробивання при заході на посадку. У всі сезони року при польоті в хмарах можуть виникати значні електростатичні заряди.

Розірвано-дощові хмари являють собою безформні чорні смуги на загальному сірому тлі шаруватоподібної хмарності. Причиною їх утворення є насичення холодного повітря (ХП) обложними опадами, що випадають з шарувато-дощових хмар, і динамічна турбулентність, що виникає при русі ХП по нерівностях підстильної поверхні. Складаються з переохолоджених крапель, іноді крижаних кристалів. НМХ 50...100 м, товщина 100...200 м. Розірвано-дощові хмари ускладнюють або виключають зліт, посадку і візуальні польоти ПС.

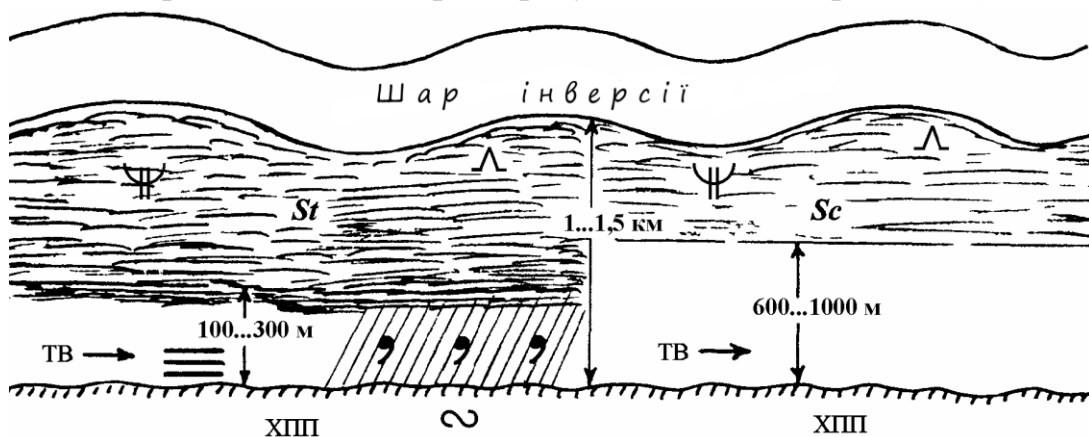
Високо-шаруваті хмари є однорідною сірою пеленою товщиною 1...2 км і мають велику горизонтальну протяжність. Сонце і Місяць просвічують через них, як крізь матове скло. Це змішані хмари. З них можуть випадати обложні опади, які до землі доходять тільки взимку у вигляді снігу. Тому взимку ширина зони опадів збільшується до 400 ... 500 км. При польотах в високо-шаруватих хмарах спостерігається обмерзання ПС, інтенсивність якого залежить від водності хмари і температури повітря. Імовірність обмерзання в цих хмарах більше в теплу пору року. Видимість в хмарах погана - кілька десятків метрів. При тривалому польоті в них ПС заряджаються статичною електрикою.

Високо-шаруваті хмари мають вигляд однорідної білої або блакитної пелени, що закриває все небо. Товщина хмар від декількох сотень метрів до кількох кілометрів. Хмари складаються з крижаних кристалів. Сонце і Місяць просвічують через них, утворюючи білі або райдужні кола - гало. Вони служать ознакою подальшого погіршення погоди. При польотах в хмарах відбувається електризація ПС. Видимість добра.

Пір'ясті хмари - паралельні смуги з загнутими догори передніми краями у вигляді гачків або кігтиків, тому вони називаються крючковидними або кігтевидними. Хмари кристалічні, опади з них не випадають. Товщина хмар від декількох сотень метрів до кількох кілометрів. Вони розташовуються попереду лінії фронту на відстані 800 ... 1000 км і є провісниками поганої погоди. Політ спокійний, видимість хороша, але при тривалому польоті можлива електризація ПС.

3. Хвильоподібні хмари

Утворюються за рахунок: динамічної турбулентності, хвильових рухів шарів інверсії і ізотермії, радіаційного вихолоджування підстильної поверхні. До них відносяться: шаруваті, розірвано-шаруваті, шарувато-купчасті, високо-купчасті і пір'ясто-купчасті хмари. За зовнішнім виглядом вони являють собою, поширений по горизонталі, шар хмар у вигляді гряд або окремих валів, вертикальний розвиток яких характеризується багат шаровістю (мал. 1.3)



Мал. 1.3. Хвильоподібні хмари

Шаруваті хмари - характерні для холодної пори року. Вони утворюються під шаром інверсії і мають вигляд суцільною сірою пелени або розірваних хмарних мас. Нижня основа знаходиться на висоті 100 ... 300 м. Хмари можуть опускатися до землі і переходити в туман. З них випадають мрякові опади. Політ в хмарах і опадах супроводжується обмерзанням, інтенсивність якого залежить від водності хмари і температури повітря. Через малу висоту шаруваті хмари ускладнюють або виключають зліт, посадку і візуальні польоти.

Шарувато-купчасті хмари мають вигляд хвилястого тонкого або щільного хмарного шару. Висота НМХ 600 ... 1000 м, а взимку - 300 ... 600 м. Товщина - кілька сотень метрів. У холодну пору з них можуть випадати опади у

вигляді слабкого снігу. В хмарах можна зустріти слабке або помірне обмерзання і слабку бовтанку, яка посилюється до ВМХ.

Високо-купчасті і перисто-купчасті хмари розташовуються, відповідно, в середньому і верхньому ярусах, особливого впливу на польоти не роблять.