

**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.

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації, протокол від 30.08.2021 р. № 1

Розробник:

1. викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст Дроздова С.П.

Рецензенти:

1. професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.
2. викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського університету внутрішніх справ, викладач-методист, к.т.н., с.н.с Тягній В.Г.

План лекції:

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

Рекомендована література:

Основна

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

Додаткова

2. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Иванова Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие (2-е изд. перераб. и доп.) – Кировоград: Авангард, 2007. – 208 с.

3. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология. Учебник. 6-е издание. – Кропивницький: ЛА НАУ, 2017. – 336 с.

4. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология: вопросы и ответы. Учебное пособие для вузов. - Кировоград: ГЛАУ, 2006. – 116 с.

5. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Коренной С.Н. Измерение температуры, влажности воздуха и атмосферного давления. Учебное пособие. – Кировоград: ГЛАУ, 2007. – 68 с.

6. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов. Рекомендовано МОН Украины в качестве учебного пособия для высших учебных заведений. - Кировоград: ГЛАУ, 2010. – 184 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

7. Офіційний портал Державної авіаційної служби України.
URL : <https://avia.gov.ua>

8. Офіційний портал Всесвітньої метеорологічної організації. URL : <http://www.wmo.int>.

9. Офіційний сайт Інтернет журналу. URL : <http://meteoweb.ru>

10. Офіційний сайт Українського гідрометеорологічного центру.
URL : <http://www.meteo.gov.ua>

Текст лекції

1. Купчастоподібні хмари

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

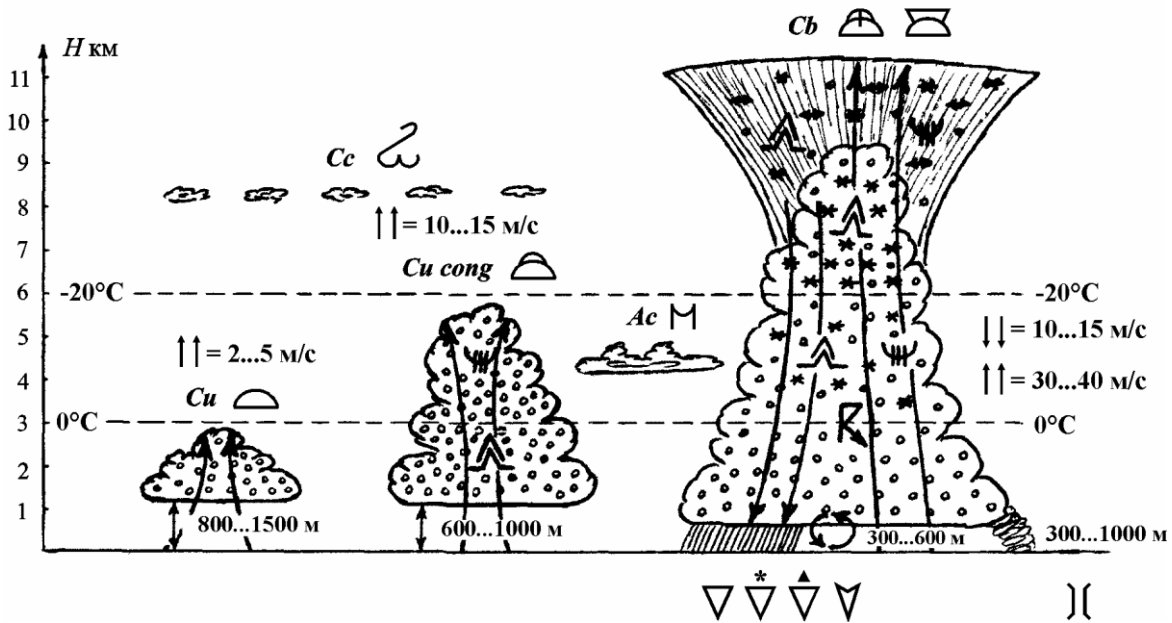


Рис.1.1. Купчастоподібні хмари

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.

Потужно-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. Оподи 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 тропопаузи, а іноді пробивають тропопаузу і вклинюються в нижню стратосферу. Утворюються з потужно-купчастих хмар при абсолютній вологості повітря

більше 13 г/м^3 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 $30...40 \text{ м/с}$; за рахунок зливових опадів в купчасто-дощових хмарах виникають спадні потоки зі швидкістю $10...15 \text{ м/с}$. 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 (⚡) від нижньої межі хмари (НМХ) до верхньої межі хмари (ВМХ);
- інтенсивне обмерзання (⚡) 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 зливових 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 $3...5 \text{ км}$, товщина - $200...500 \text{ м}$. 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 (рис. 1.2).

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 $0,6...1,3 \text{ г/м}^3$. 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.

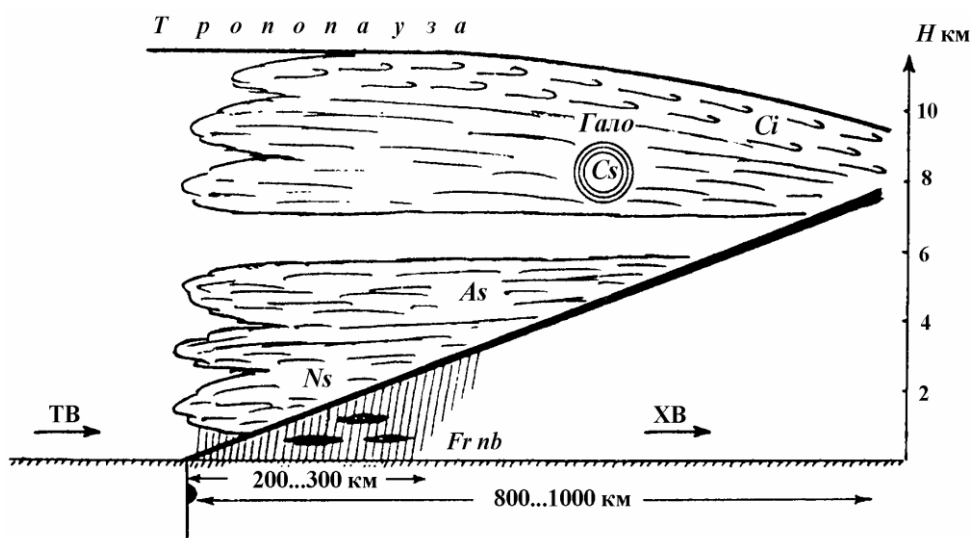


Рис. 1.2. Шаруватоподібні хмари

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 нерівностям підстильної поверхні. Складаються з переохолоджених крапель,

іноді крижаних кристалів. НМХ 50...100 м, товщина 100...200 м. Розірвано-дошові 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 вогдості 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.

Перисті 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 перисто-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 (рис. 1.3)

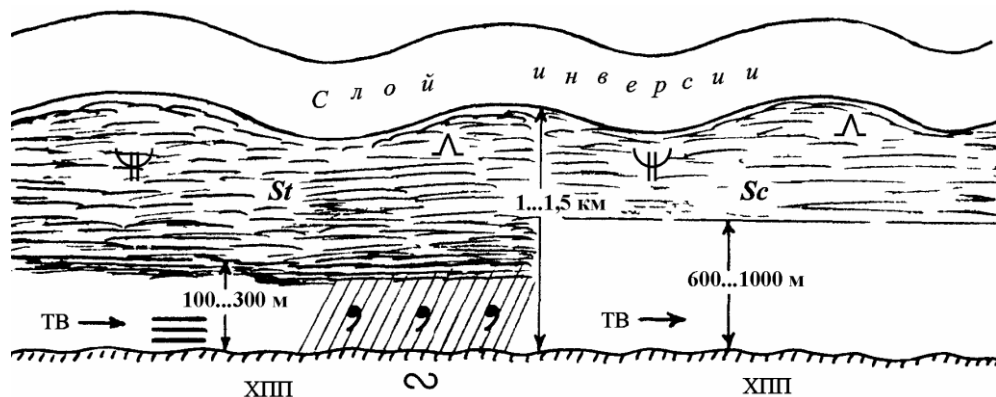


Рис. 1.3. Хвильоподібні хмари

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.