

**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 № 6 Небезпеки польоту. 6.2. Обмерзання повітряних суден

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 та фактори, які впливають на інтенсивність обледеніння.
2. Види і форми відкладення льоду на поверхні ПС.
3. Рекомендації по виконанню польотів ПС в зонах обледеніння.

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. Причини виникнення і фактори, які впливають на інтенсивність обмерзання

Обледеніння - це відкладення льоду в польоті на різних частинах ПС. Необхідними умовами обледеніння є:

- наявність в повітрі на висоті польоту переохолоджених крапель води;
- негативна температура поверхні ПС.

Обмерзання спостерігається при температурах $+2^{\circ}\text{C} \dots -50^{\circ}\text{C}$, найбільша ймовірність (98%) - в зоні температур $0^{\circ}\text{C} \dots -20^{\circ}\text{C}$.

Причинами обледеніння є:

- замерзання переохолоджених крапель води, які стикаються з поверхнею ПС при польоті в хмарах, опадах, тумані. Це основна причина обмерзання;
- сублімація водяної пари на поверхні ПС. Цей процес відбувається при ясному небі, коли холодне ПС потрапляє в більш тепле та вологе повітря. Такий стан може бути при швидкому зниженні з більш холодних верхніх шарів атмосфери в нижні, більш теплі або при вході в шар інверсії. У ясну морозну погоду сублімація водяної пари на поверхні ПС може статися і на землі, на стоянці.

Найбільша ймовірність обмерзання в крапельно-рідких хмарах. До таких хмар відносяться низькі підінверсійні шаруваті і шарувато-купчасті хмари. Вони відрізняються підвищеною водністю, так як опади з них, як правило, не випадають або бувають слабкими.

У змішаних хмарах обмерзання залежить від співвідношення крапель і кристалів.




Там, де крапель більше, ймовірність обмерзання збільшується. До таких хмар відносяться купчасто-дощові хмари. У шарувато-дощових хмарах обмерзання спостерігається при польоті вище нульової ізотерми і особливо небезпечно в діапазоні температур $0^{\circ}\text{C} \dots -10^{\circ}\text{C}$, де хмари складаються тільки з переохолоджених крапель.

Найбільш важке і інтенсивне обмерзання спостерігається при польоті під шарувато-дощовими і високо-шаруватими хмарами в зоні випадіння переохолодженого дощу (це характерно для перехідних сезонів, коли температура повітря у землі коливається в межах $0^{\circ}\text{C} \dots -5^{\circ}\text{C}$).

У кристалічних хмарах обмерзання, як правило, відсутнє. В основному це хмари верхнього ярусу - перисті, перисто-купчасті, перисто-шаруваті.

Ступінь обмерзання залежить від часу перебування ПС в зоні обмерзання. На атмосферних фронтах обмерзання становить небезпеку через великі тривалості польоту, так як хмари і опади, пов'язані з фронтом, займають, як правило, дуже великі площі.

Інтенсивність обмерзання - це товщина відкладення льоду в одиницю часу на передній кромці крила. Залежно від інтенсивності обмерзання підрозділяється на:

- | | |
|---|--|
|  | - слабке - швидкість наростання льоду менше 0,5 мм / хв; |
|  | - швидкість наростання льоду 0,5 ... 1 мм / хв; |
|  | - швидкість наростання льоду більше 1 мм / хв хв. |

На інтенсивність зледеніння впливають такі чинники:

Температура повітря. Найсильніше обмерзання відбувається в інтервалі температур 0°C ... -10°C.

Водність хмар. Водність хмари - це кількість води в грамах, що міститься в 1м³ хмари. Чим більше водність хмар, тим інтенсивніше обмерзання. Найсильніше обмерзання спостерігається в купчасто-дощових і шарувато-дощових хмарах при водності більше 1 г/м³.

Наявність і вид опадів. В хмарах, з яких випадають опади, інтенсивність обмерзання зменшується, так як зменшується їх водність. Найсильніше обмерзання спостерігається в крижаному дощі. У мокрому снігу обмерзання слабке і помірне, в сухому снігу обмерзання відсутня.

Розміри переохолоджених крапель. Чим більша краплі, тим інтенсивніше обмерзання. Чим більша краплі, тим прямолінійніше траєкторія їх руху, так як вони мають велику силу інерції і, отже, тим більше крапель буде осідати і замерзати на виступаючій поверхні крила. Дрібні краплі, які мають невелику масу, захоплюються повітряним потоком і разом з ним огинають профіль крила.

Профіль крила ПС. Чим тонше профіль крила, тим інтенсивніше обмерзання. Це пояснюється тим, що більш тонкий профіль крила викликає поділ зустрічного потоку, що набігає на меншій відстані від крила, ніж при товстому профілі. Таке місце поділу потоку робить лінії струму, оточуючі крило, більш крутими, інерційні сили крапель великими, в результаті майже всі краплі, великі і малі, осідають на тонкому ребрі крила. Цим же пояснюється і той факт, що лід швидше за все з'являється на таких деталях, як стійки, приймач швидкості, антени і т.д.

Швидкість ПС. При швидкостях польоту до 300 км/год, чим більше

швидкість польоту, тим інтенсивніше обмерзання, так як ПС в одиницю часу пролітає більшу відстань і, отже, стикається з великою кількістю переохолоджених крапель. Крім того, зі збільшенням швидкості польоту зростає інерція крапель, і на поверхні ПС починають замерзати не тільки великі, а й дрібні краплі і, отже, інтенсивність обмерзання збільшується.

При польотах зі швидкостями понад 300 км/год за рахунок тертя частинок повітря об поверхню ПС і адіабатичного стиснення зустрічного потоку його лобовими частинами відбувається кінетичне нагрівання поверхні ПС, який відсуває початок обмерзання в сторону більш низьких негативних температур, тому і ймовірність і інтенсивність обмерзання зменшуються.

В хмарах кінетичний нагрів становить 50...60% від кінетичного нагріву в безхмарному небі. Це пояснюється тим, що в хмарах частина тепла витрачається на випаровування крапель води, які осідають на поверхню ПС.

Польоти по маршруту на літаках з ТРД і ТВД здійснюються на висотах 6 ... 12 км. На цих висотах літаки зустрічаються, головним чином, з кристалічними хмарами, обмерзання в яких малоімовірно. В основному на літаках з ТРД і ТВД обмерзання спостерігається в наборі висоти і при зниженні на висотах нижче 5000 м.

Особливістю обмерзання літаків з газотурбінними двигунами є можливість обмерзання в воздухозаборниках при температурах до $+5^{\circ}\text{C}$. Тут відбувається розширення повітря і його температура адіабатично знижується нижче 0°C . При обмерзанні двигуна відкладення льоду відбувається на поверхні вхідного каналу. В результаті цього зменшується вхідний перетин каналу і, отже, тяга двигуна. Утворений лід може зриватися і потрапляти в компресор, викликаючи там механічні пошкодження.

2. Види і форми відкладення льоду на поверхні ПС

Види, характер і форми відкладення льоду дуже різноманітні і залежать від багатьох факторів, особливо від розміру крапель, температури повітря, наявності крижаних кристалів, а також від режиму польоту.

Основними видами обмерзання є: лід, паморозь, іній. За характером відкладення лід буває: прозорий, матовий шорсткий, білий крупобразний.

Прозорий лід утворюється при польоті в зоні переохолоджених опадів і в хмарах, що складаються з великих переохолоджених крапель при температурі 0°C ... -5°C (іноді до -10°C).

Матовий шорсткий лід утворюється при польоті в змішаних хмарах, що складаються з різних за величиною крапель води, крижаних кристалів і

сніжинок при температурі -5°C ... -10°C (іноді до -20°C).

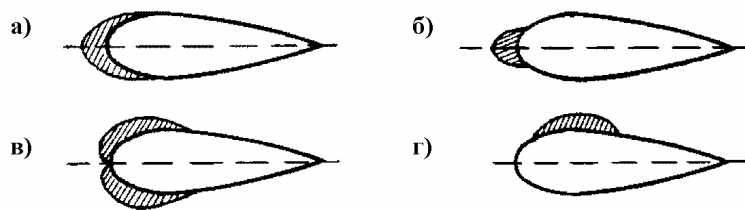
Білий крупобразний лід утворюється при польоті в хмарах, що складаються з однорідних дуже дрібних крапель води при температурі нижче -10°C .

Паморозь - це біле крупнозернисте кристалічне відкладення, яке утворюється при польоті в хмарах, що складаються з дрібних переохолоджених крапель і крижаних кристалів при температурі нижче -10°C .

Іній - це малокристалічний білий наліт, який утворюється в результаті сублімації водяної пари на поверхні ПС.

За формою відкладення льоду і його розподілу по поверхні крила розрізняють (рис. 2.1):

- профільне обмерзання (а);
- клиноподібний крижаний наріст (б);
- желобкоподібний лід (в);
- бар'єрний лід (г).



Мал. 2.1. Форми відкладення льоду на поверхні крила

3. Рекомендації щодо виконання польотів ПС в зонах обледеніння

1. Перед польотом вивчити метеообстановку, використовуючи приземні синоптичні карти, карти баричної топографії, аерологічні діаграми.

2. Забороняється злітати на ПС, поверхня яких покрита льодом, снігом або інєєм.

3. Польоти в умовах обмерзання на ПС, які не мають допуску до експлуатації в цих умовах, забороняються.

4. У польоті вести спостереження за температурою зовнішнього повітря і перед входом в хмари і опади при температурі $+5^{\circ}\text{C}$ і нижче включати протиобмерзну систему.

5. Взимку із зони обмерзання йти вгору, в сторону більш низьких негативних температур, влітку - вниз, у бік позитивних температур.

6. Ознаками обмерзання великої інтенсивності є швидке наростання

льоду на склоочисниках і зменшення приладової швидкості.

7. Якщо прийняті екіпажем заходи по боротьбі з обмерзанням виявляються не ефективними і безпечне продовження польоту не забезпечується, КПС зобов'язаний, застосувавши сигнал терміновості, за погодженням з диспетчером, змінити висоту або маршрут для виходу в район, де можливо безпечне продовження польоту, або прийняти рішення про відхід на запасний аеродром.

8. При заході на посадку в умовах обмерзання екіпаж повинен перевірити чи немає льоду на крилах і оперенні. При відсутності льоду посадка проводиться звичайним способом. У разі відмови протиобмерзної системи і неможливості виходу із зони обмерзання при наявності льоду на стабілізаторі (і якщо неможливо перевірити, чи є на ньому лід) екіпаж повинен бути готовий до можливості виникнення зриву потоку на горизонтальному оперінні. Одним з перших попереджувальних заходів є зменшення кута відхилення закрилків. Посадку проводити з зменшеним кутом відхилення закрилків, не допускаючи різкого пілотування.

9. Завжди необхідно дотримуватися основного принципу: час знаходження ПС в умовах обмерзання має бути мінімальним.