

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ
Циклова комісія Аеронавігації**

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Принципи польоту: Вертоліт Мі-8МТВ»
обов'язкових компонент освітньо-професійної програми першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

за темою № 14 – Політ в складних метеоумовах

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

СХВАЛЕНО

Педагогічною радою
Кременчуцького льотного коледжу
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 № 1

Розробники:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст 2-й категорії Ємець В.В.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф

План лекції:

1. Політ у турбулентній атмосфері.
2. Політ у супутньому сліду.
3. Визначення метеоявищ
4. Електрична структура грозової хмари
5. Польоти в зоні грозової діяльності і сильних зливових опадів.
6. Рекомендації для польотів у зоні грозової діяльності та сильних зливових опадів.
7. Що таке зсув вітру?
8. Вплив зсуву вітру на політ вертольоту
9. Зсув вітру при наближенні грози
10. Розпізнавання зсуву вітру
11. Рекомендації
12. Види та форми опадів
13. Вплив основних факторів на інтенсивність зледеніння
14. Політ в умовах обмерзання
15. Характерні помилки екіпажу
16. Особливості злету із запилених і засніжених майданчиків
17. Особливості посадки на курний (засніжений) майданчик
18. Особливості посадки по-вертолітному на курний (засніжений) майданчик
19. Особливості посадки з пробігом (по-літаковому) на курний (засніжений) майданчик
20. Характерні помилки

Рекомендована література:

Основна

1. Зінченко А.Г., Бурсала О.О., Бурсала О.Л. та ін., Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота, ч.1. Аеродинаміка вертольота: навч. посіб. – Х.:ХНУПС, 2017.
2. Зінченко А.Г., Бурсала О.О., Бурсала О.Л. та ін., Аеродинаміка та динаміка польоту вертольоту, ч.2. Динаміка польоту вертольота: навч. посіб. – Х.:ХНУПС, 2010.
3. Керівництво по льотної експлуатації Мі-8МТВ-1. МГА.1994.
4. Яцина Є.В. Практична аеродинаміка вертольоту Мі-8 МТВ та його льотна експлуатація, КЛК НАУ, 2016.

Додаткова

1. Костенко В.М., Зінченко А.Г. та ін., Практична аеродинаміка вертольота Мі-8 Інформаційні ресурси в Інтернеті

ПОЛІТ У ТУРБУЛЕНТНІЙ АТМОСФЕРІ

Вертоліт піддається в польоті впливу різних зовнішніх збурень, найбільш важливим і небезпечним з яких є турбулентність атмосфери.

Особливо часто інтенсивна турбулентність атмосфери спостерігається в нижніх шарах тропосфери до висоти 3 км, де в основному здійснюються польоти вертольотів.

В авіаційній метеорології інтенсивність атмосферної турбулентності оцінюється зазвичай по збільшенню вертикальних перевантажень в центрі мас літального апарату в такий спосіб: слабка - $\Delta n_y \ll 0,2$; помірна - $\Delta n_y = 0,2 - 0,5$; сильна - $\Delta n_y = 0,5 - 1,0$ і штормова - $\Delta n_y > 1$.

Польоти в слабку і помірну бовтанку виконуються постійно, не уявляючи загрози для безпеки, тому основну увагу необхідно приділяти питанням забезпечення безпеки польотів вертольоту Мі-8МТВ в умовах сильної бовтанки. Безпека польоту вертольоту в інтенсивній турбулентній атмосфері визначається маховим рухом і динамічної міцністю лопатей несучого і рульового гвинтів, динамічної міцністю життєво важливих елементів конструкції і зусиллями в системі управління, характером збуреного руху і керованістю вертольоту.

При польотах в умовах помірної і сильної бовтанки, коли приріст вертикального перевантаження в центрі мас вертольоту досягає по абсолютній величині $\Delta n_y = 0,5 - 0,7$, небезпечного наростання махового руху лопатей несучого і рульового гвинтів, зближення кінців лопатей з хвостовій балкою не відбувається.

Крім того, для реально можливих у приземному шарі атмосфери швидкостей поривів вітру (вертикальних для НГ і бічних для РГ) удар комлей лопатей по обмежувача помаху практично виключається для будь-яких стабілізованих режимів польоту вертольоту. Це справедливо за умови, що стабілізація обуреного руху вертольоту в турбулентній атмосфері здійснюється автопілотом і невеликими пропорційними корегуючими керуючими діями пілота. Якщо ж пілот реагує на бовтанку вертольоту різкими, енергійними відхиленнями важелів управління, можливо таке поєднання параметрів руху вертольоту, управління і вітрового обурення, що Комлев лопатей НГ в певному азимутному положенні торкнуться нижніх обмежувачів помаху. Зокрема, таке явище можливо при впливі на вертоліт, що летів з крейсерською швидкістю, досить потужного спадного пориву вітру і енергійному відхиленні пілотом ручки управління на себе і вбік для парирування самовільного пікірування і крен вертольоту або гальмування швидкості його польоту. При торканні лопатями НГ обмежувачів змаху на конструкцію вертольоту передається імпульсне силове і моментне обурення, яке сприймається екіпажем як удар, ривок і може бути в складній польотної обстановці витлумачено як руйнування елементів конструкції вертольоту, хоча в дійсності ніяких руйнувань не відбувається.

Важливо відзначити, що саме завдяки маховому руху лопатей значна частка енергії вітрових збурень демпфуюча і рівень перевантаження вертольоту виявляється в цілому порівняно невисоким. Наприклад, для одних і тих же умов атмосферної турбулентності рівень перевантаження вертольоту Мі-8 МТВ в 1,5 -

2 рази нижче, ніж літака Ан-24. При польотах в інтенсивну бовтанку, наприклад над морем поблизу гірського хребта, коли на вертоліт Мі-8 впливають вертикальні пориви вітру зі швидкістю близько 10 м / с, бовтаночне вертикальне перевантаження $\Delta p_y = 0,5 - 0,7$.

Взагалі, в реальних умовах атмосферної турбулентності перевантаження вертольота не перевищує експлуатаційну, що забезпечує безпеку польотів по міцності конструкції фюзеляжу.

Найбільше збільшення навантажень при польоті в турбулентній атмосфері виникає в системі управління НГ. Навіть при слабкій бовтанки, коли $\Delta p_y = 0,2$, змінні навантаження в поздовжньому і поперечному управлінні, вимірювані на тарілці автомата перекосу, зростають на 20 - 25% в порівнянні з їх значеннями в спокійній атмосфері, а при $\Delta p_y = 0,4 - 0,5$ ці навантаження зростають майже в 3 рази. Хоча навіть при такому збільшенні навантажень в системі управління НГ залишаються вельми далекими від руйнівних, небезпечним виявляється значне зростання втомної пошкоджуваності системи управління, що може привести до неприпустимого зниження втомної міцності найбільш навантажених її елементів в межах встановленого ресурсу. Тому для польотів в бовтанку встановлені відповідні обмеження,

Зусилля в системі управління НГ зростають в середньому пропорційно збільшенню перевантаження, але в будь-яких екстремальних умовах не досягають критичних значень за потужністю гідропідсилювачів. Таким чином, при польотах в сильну бовтанку ніяких помітних порушень розрахункової управляємості вертольоту не відбувається, проте техніка пілотування значно ускладнюється. Це викликається безперервним розбалансуванням вертольоту під дією атмосферних збурень, що вимагає постійного втручання пілота в управління, так як можливості автопілота виявляються в цих умовах зазвичай недостатніми.

Польоти в умовах сильної турбулентності з вимкненим автопілотом вимагають істотно більшої витрати органів управління, т. ч. відповідно роботи і напруги пілота для витримування режиму польоту, ніж при включеному автопілоті. Тому польоти в бовтанку рекомендується виконувати з включеним автопілотом, але з вимкненим каналом висоти. Справа в тому, що включення каналу висоти автопілота в розглянутих умовах призводить до помітного зростання коливань кута тангажу вертольота на малих швидкостях польоту і вертикальної перевантаження на великих швидкостях польоту, тоді як сама висота польоту стабілізується також зі значними коливаннями, амплітуда яких може досягати 20 м. Тому канал висоти автопілота доцільно використовувати тільки при тривалих польотах на висотах більше 50 м і в умовах слабкої бовтанки.

Основною умовою полегшення пілотування і підвищення безпеки польотів в сильну бовтанку є витримування рекомендованого КЛЕ діапазона швидкостей польоту, що становить для вертольоту Мі-8 МТВ по приладу 150 - 175 км / ч. У цьому вузькому діапазоні швидкостей польоту вертоліт найбільш щільно «сидить в повітрі», має близький до максимального запас наявної потужності двигунів, надійні запаси по зриву і стисливості на лопатях НГ, помпажу двигунів, порівняно низький рівень вібрацій конструкції, що в цілому покращує умови пілотування.

Слід мати на увазі, що внаслідок впливу атмосферної турбулентності на вхід приймачів повітряного тиску цілком можливі коливання показань вказівників швидкості польоту з амплітудою, що досягає 15 - 20 км / год і періодом 5 - 8 с.

При польотах з вантажем на зовнішній підвісці під впливом атмосферної турбулентності стійкість вантажу погіршується, виникає його розгойдування. Для усунення розгойдування вантажу необхідно плавно зменшити швидкість польоту вертольоту.

ПОЛІТ У СУПУТНЬОМУ СЛІДІ

Супутний слід утворюється за летящим літаком або вертольотом і зберігається в атмосфері ще деякий час після його польоту.

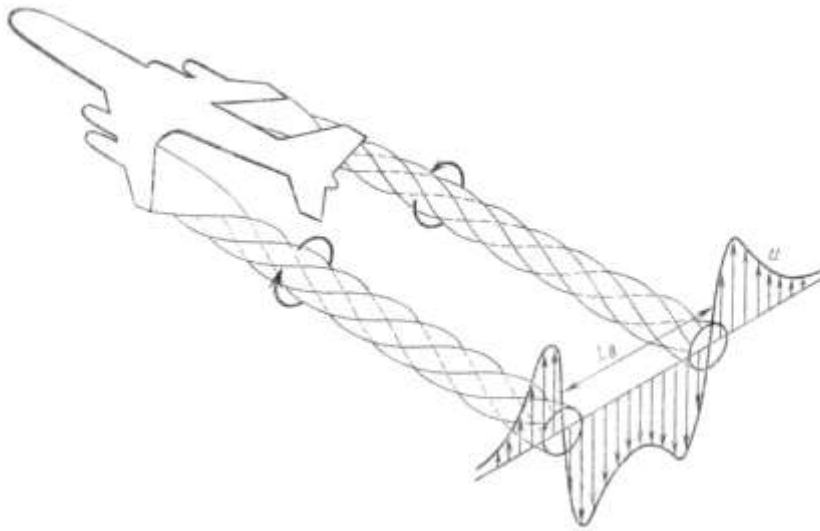
Основну роль у формуванні супутного сліду грають вільні вихори, що утворюються при циркуляційному обтіканні крила літака або НГ вертольоту. Взаємодіючи між собою, вільні вихори скручуються в два потужних, стійких по довжині поздовжніх джгута, які мають однакову за величиною і протилежний за знаком циркуляцію, $G = \frac{Y}{\rho v L_b}$ де Y - підйомна сила крила або тяга НГ, L_b -

відстань між осями вихрових джгутів, що становить в середньому 0,8 - 0,9 розмаху крила або діаметра НГ.

У середині вихрового джгута існує зона поблизу осі, звана ядром, в якій окружні швидкості і обертального руху повітря зростають від нуля до максимальної величини, що досягає 30 - 40 м / с, т. ч. швидкості ураганного вітру. Поза ядра вихору швидкість обертального руху частинок повітря, індукованого вихором, швидко зменшується в міру збільшення відстані від осі вихору.

Інтенсивність супутного вихрового сліду, зокрема максимальна індуктивній швидкості повітряного потоку на кордоні ядра вихору i_0 , пропорційна польотної масою і розмірами літального апарату, навантаженні на крило або ометаємий диск НГ і обернено пропорційна швидкості польоту літального апарату. Отже, найбільша інтенсивність супутного сліду спостерігається на режимах зльоту і розгону швидкості важких літаків і вертольотів.

У незбуреній атмосфері супутний слід опускається зі швидкістю 2 - 5 м / с, а при наближенні до поверхні землі швидкість зниження вихрових джгутів зменшується, і вони починають розходитися в сторони. Внаслідок турбулентного перемішування і хвильової нестійкості вихрові джгути згасають за часом



і розмиваються, але тим не менше можуть зберігати істотну інтенсивність протягом 2 - 5 хв після прольоту літального апарату, генерувати супутний вихровий слід. При цьому протягом перших 10 – 15 с вихрові джгути залишаються в основному прямолінійними, а потім під впливом атмосферної турбулентності і взаємодії вихорів починається їх викривлення в просторі, з'являються розриви, що призводять до подальшого розсіювання вихорів.

У зв'язку з неухильно зростаючими інтенсивністю польотів і щільністю повітряного руху вертоліт цілком може потрапити в супутний вихровий слід пролетів поблизу літака або вертольоту, що іноді супроводжується несподіваними і неприємними явищами, які загрожують безпеці польотів.

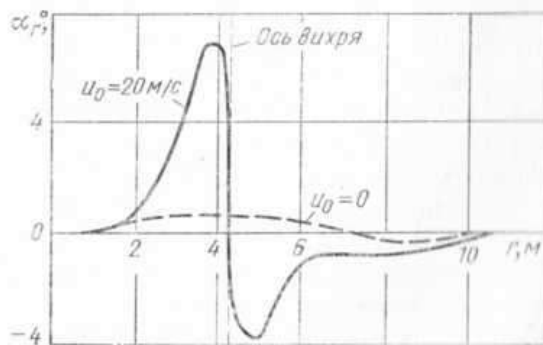
При попаданні вертольоту в супутний слід змінюються місцеві кути атаки і ковзання, а також швидкості обтікання елементів лопатей і фюзеляжу, що призводить до виникнення невірноважених аеродинамічних сил і моментів. В результаті цього зміниться розрахункове усталене махове рух лопатей несучого і рульового гвинтів, зростуть динамічні напруги в лопатях, шарнірні моменти і зусилля в системі управління, почнеться збурений рух вертольоту в просторі. Характер і інтенсивність зазначених явищ визначається складною сукупністю параметрів літального апарату, генерувати супутний слід, і вертольота, який потрапив в цей слід, режимів польоту обох літальних апаратів, орієнтації і часу перебування вертольоту в сліді, часу існування сліду, атмосферних умов, керуючих дій пілота.

Якщо вертоліт перетинає слід під великим кутом, час перебування в сліді обчислюється десятими частками секунди, так що параметри руху вертольоту практично не встигають помітно змінитися, будуть лише відчуватися один або два поштовхи вертольоту. Основну небезпеку становить потрапляння в слід під малими кутами, що не перевищують 20 - 30 °, коли вісь одного з вихрових джгутів сліду проходить поблизу площини обертання несучого або рульового гвинта. У цьому випадку найбільш важкі умови аеродинамічного навантаження лопатей створюються в момент, коли вісь супутного вихрового джгута проходить в площині обертання гвинта на відстані приблизно половини радіуса гвинта

паралельно поздовжньої осі вертольоту. При цьому кути атаки перетинів лопатей, що входять в зону індуктивного впливу спутного вихрового джгута, інтенсивно змінюються за величиною, а в перетинах,

Це призводить до інтенсивних сплесків аеродинамічного навантаження на лопаті, зміни усталеного махового руху і розмиву конуса обертання лопатей, появи низькочастотних вібрацій (тряски) корпусу вертольоту. Зазначені явища ускладнюються турбулентної неоднорідністю самого індуктивного повітряного потоку, викликаного Супутні слідом. Рівень сумарних динамічних напружень в лонжероні лопаті в розглянутих умовах зростає приблизно вдвічі в порівнянні з вихідним. Однак навіть при максимальній інтенсивності супутного сліду він не досягає значень, при яких можлива зміна механічних властивостей і руйнування лопаті в польоті. Чи не відбувається також і удару лопатей по обмежувача помаху (упорів на втулці). В принципі все сказане справедливо для лопатей як несучого, так і рульового гвинтів.

Таким чином, супутний вихровий слід практично не може безпосередньо зруйнувати обертіві лопаті несучого і рульового гвинтів або несучі елементи конструкції вертольота, але на нетривалий час здатний викликати несподівану і незрозумілу для пілота тряску і бовтанку вертольота, що ускладнить пілотування, особливо при польоті в складних метеоумовах або обмеженому повітряному просторі. Відзначаючи нетривалість часу впливу спутного вихрового сліду на вертолiт, ми маємо на увазі, що під дією сліду розвивається збурений рух вертольота. В результаті вертолiт навіть без втручання пілота виходить з порівняно невеликої зони істотного індуктивного впливу вихрового джгута, тим більше що і сам вихровий джгут безперервно спускається до землі.



Розподіл кутів атаки перетинів по довжині лопаті при перетині вихрового джгута.

При аналізі обуреного руху вертольота основний інтерес представляє випадок, коли в початковий момент впливу вісь супутного вихрового джгута паралельна поздовжній осі вертольота, але віддалена від неї на відстань, рівну приблизно радіусу гвинта. Якщо, наприклад, спутний вихровий джгут проходить зліва від вертольота, тоді у всій лівій половині ометаемую НГ диска індуктивні швидкості від вихрового джгута мають незмінне напрямок (від низу до верху) і інтенсивно зростають від комлевої до зовнішньої несучої частини лопатей гвинта. Це і визначає максимально можливі значення незбалансованих аеродинамічних сил і моментів НГ, що викликають збурений рух вертольота в просторі.

У найбільш несприятливих умовах впливу спутного сліду на НГ вертолiт мимовiльно крениться, розгортається i змiщується вбiк, змiнює висоту польоту, однак параметри динамiчної реакцiї вертольота Мi-8 МТВ на вплив спутного слiду в загальному невеликi. Перекидання i руйнування вертольота в повітрі, втрата стiйкостi i керованостi руху практично виключаються, хоча в льотнiй практицi легких зарубiжних вертольотiв з польотною масою 12 т подiбнi випадки мали мiсце.

При впливi спутного слiду на РГ збурений рух вертольота розвивається менш iнтенсивно, нiж у випадку впливу слiду на НГ. Однак, якщо вплив спутного вихрового джгута призводить до зменшення сили тяги РГ, вертолiт крениться вправо, але одночасно розгортається за курсом влiво, т.ч. робить мимовiльний некоординований бiчний маневр. Якщо в цьому випадку пiлот спочатку вiдреагує на розворот вертольота по курсу i вiдхилить вперед праву ногу з одночасним рефлекторним вiдхиленням ручки управлiння вправо, вертолiт додатково накренився в первiсному напрямку.

Попадання в супутний вихровий слiд, як правило, несподiвано для пiлота i тому нерiдко сприймається ним як раптова вiдмова системи управлiння, а збурений рух вертольота парирується рефлекторно i з запiзненням. Подiбнi розгубленiсть i замiшання пiлота i представляють основну загрозу безпецi польоту, тодi як в практично реальних польотних ситуацiях технiчна безпека польотiв вертольота при попаданнi в спутний вихровий слiд, як правило, забезпечена. Тут також слiд мати на увазi, що включений автопiлот ефективно парирує рiвноваги вплив спутного слiду, якщо, звичайно, кермовi агрегати вiдповiдних каналiв автопiлота при попаданнi вертольота в спутний слiд випадково не знаходились поблизу «малого упору».

Вплив спутного слiду, упорядкована структура якого порушилася, а iнтенсивнiсть ослабла, незалежно вiд кута входу в нього нагадує звичайну помiрну «бовтанку» в турбулентнiй атмосферi i не створює загрози нацiональнiй безпецi польотiв. Разом з тим не слiд забувати, що порушення однорiдної структури повітряного потоку на вході в двигуни за рахунок спутной турбулентності i, тим бiльше, динамiчне пiдвищення температури повітря за рахунок впливу вихлопнiї струменя реактивних двигунiв пролiтає поблизу лiтального апарату може викликати помпаж i самовиключенiє двигунiв вертольота.

Таким чином, для забезпечення безпеки польотiв вертольотiв в зонi аеродрому, а також групових польотiв гелiкоптерiв необхідно строго дотримуватися часовi та просторовi iнтервали мiж лiтальними апаратами, встановленi правилами повітряного руху. У всякому разi доцiльно, щоб часовий iнтервал був не менше 1 хв.

ПОЛЬОТИ В УМОВАХ ГРОЗИ

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТЕОЯВИЩ

Гроза- атмосферне явище, що характеризується багаторазовими електричними розрядами (блискавками) між хмарами або між хмарою і землею, всередині хмар, яке супроводжується звуковим ефектом - громом. З грозою пов'язані зливові опади у вигляді дощу, снігу, граду. Іноді грози відзначаються без опадів, їх називаю сухими грозами.

Гроза - цей складний кризовий атмосферне явище, що характеризується:

- інтенсивним створенням хмар;
- багаторазовими електричними розрядами в вигляді блискавок;
- громом;
- сильними злизовими опадами;
- інтенсивними вертикальними поривами вітру;
- великими за площею і сильними зрушеннями вітру.

Грози виникають в потужних купчасто-дощових хмарах, які в цьому випадку називаються грозовими, вертикальна протяжність яких більше 6 км. Утворення таких хмар відбувається при висхідних рухах повітря, достатньої вологості і нестійкому стані атмосфери. У них сконцентрувалася колосальна енергія, прояви якої завжди вражають людську уяву. Підрахунки показують, що в грозовій хмарі невеликого розміру (площею близько 30 км²) при конденсації водяної пари виділяється така ж кількість теплоти, як при вибуху атомної бомби середнього калібру або вибуху 20 000 т тротилу. Вся ця величезна теплова енергія, що виділяється при конденсаційних процесах, витрачається на розвиток в хмарі висхідних струмів, які підтримують в підвішеному стані тисячі тон води.

Найбільшу загрозу для авіації представляють купчасто-дощові хмари, в яких спостерігаються висхідні потоки, швидкість яких досягає 30 м / с і більше, і спадні швидкістю до 15 м / с, що супроводжуються сильним турбулентності, обмерзанням на всіх висотах. Небезпеку становлять також електричні розряди (блискавки), зливи, град і шквал, які можуть спостерігатися одночасно.

Безпека польотів в грозових хмарах і в безпосередній близькості від них визначається наступними небезпечними явищами:

- рвучкі висхідні і низхідні потоки повітря з великими швидкостями і зрушення вітру, що призводять до раптових кидкам вертольота;
- інтенсивна турбулентність, яка обумовлює дуже сильну і штормову бовтанку;
- інтенсивне зледеніння на всіх висотах вище нульової ізотерми;
- електричні розряди у вигляді блискавок;
- град, викликає механічні пошкодження ПС;
- сильні атмосферні перешкоди, що порушують радіозв'язок;
- зливові опади з обмеженою видимістю;
- шквали та смерчі.

Верхня кромка грозових хмар може досягати в помірних широтах висоти 10 - 12 км, в тропічній зоні 15 - 18 км.

Найбільша повторюваність і сила блискавок спостерігається в зоні нульової ізотерми.

Умовно розвиток грозової хмари, весь період якого займає 3 - 5 ч, можна розділити на три стадії.

Перша стадія- від появи купчасті хмари до початку випадання зливів-вих опадів. У цій стадії купчасті хмари поступово переростають в потужно-купчасті, а потім в купчасто-дощові, з яких і починають випадати опади. В хмарах переважають висхідні потоки, швидкість яких збільшується від 2 - 5 м / с в купчастих хмарах до 10 - 5 м / с в потужно-купчастих. У купчасто-дощової хмарі швидкості висхідних потоків повітря можуть досягати 20 - 25 м / с, а між облаками часто спостерігаються низхідні потоки повітря.

Друга стадія- стадія максимального розвитку, коли з купчасто-дощової хмари випадають зливі опади і виникають електричні розряди у вигляді блискавок, посилюються висхідні і низхідні рухи повітря. При цьому висхідні потоки досягають максимальних швидкостей 30 - 40 м / с і переважають в передній частині хмари, а низхідні потоки з максимальною швидкістю 10 - 15 м / с найбільш розвинені в тилівій частині хмари. Особливістю вертикальних потоків всередині хмари є їх сильна поривчастість, швидкість поривів може досягати 15 м / с. Усередині хмари утворюється багато вихорів різного розміру, які призводять до інтенсивної турбулентності атмосфери, при цьому бовтанка ВС може з'являтися на видаленні, що дорівнює приблизно діаметру хмари.

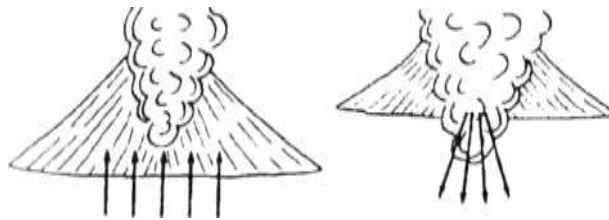


Рис. Схема руху повітря під грозовими хмарами.

Сильні висхідні потоки, характерні для купчасто-дощових хмар, здатні утримувати в підвішеному стані великі краплі води, які в зоні негативних температур знаходяться в переохолодженному стані, тому в грозових хмарах на всіх висотах вище нульової ізотерми спостерігається дуже сильне обмерзання ВС. Велику небезпеку для польотів в грозових хмарах і під ними являє град, який може пробивати обшивку ВС на стоянках аеродромів, а в польоті при попаданні в град пошкоджуються обшивка фюзеляжу, особливо перкалевие обшивка стабілізаторів вертольотів, скління кабіни екіпажу, обтічники антен і інші порівняно неміцні елементи конструкції ВС.

Під грозовими хмарами в розглянутій другій стадії їх розвитку можливе утворення двох найбільш небезпечних зон між висхідними і спадними потоками повітря:

- зона шквалів в області зливових опадів, ширина її не перевищує 0,5 км, в висоту шквал простягається до 2000 - 3000 м, його тривалість становить кілька хвилин. У землі шквал проявляється як різке посилення вітру аж до швидкості урагану (понад 29 м / с), що супроводжується зміною його напрямку майже на 180 °;
- зона смерчу створюється на висоті 500 - 600 м на межі висхідного потоку в

хмарі і низхідного потоку поза хмари, коли в передній частині грозової хмари рухається темний крутиться вал з розірваних хмар, який називається шкваловим коміром. При високих температурах, великій вологості повітря і сильної нестійкості в атмосфері кінець шквалового ворота може опускатися до землі, утворюючи сильний вихор з приблизно вертикальною віссю обертання і діаметром в декілька десятків метрів - цей вихор і називається смерчем.

Шквали та смерчі вкрай небезпечні для ВС, які перебувають в польоті на малих висотах, а також для авіаційної техніки і різних легких будівель, розташованих на аеродромі.

Третя стадія - стадія руйнування, зазвичай починається з нижньої частини, де хмара осідає і розширюється за площею. Ливневі опади, що випадають з грозової хмари, охолоджують повітря і підстилаючи поверхню під хмарою, тому слабшають і потім припиняються висхідні потоки, а переважають низхідні потоки, які розмивають цю хмару. У третій стадії в грозовій хмарі спостерігаються всі небезпечні явища, які характерні для другої стадії, але в міру руйнування хмари їх інтенсивність зменшується.

Важливо відзначити, що саме в зонах формування і руйнування купчасто-дощової хмарності спостерігаються максимальні значення інтенсивності і площі зрушень вітру, особливо в літню пору року.

При грозі в атмосфері відбуваються електричні розряди, для виникнення яких необхідно освіту в грозовому хмарі об'ємних електричних-ких зарядів. Такі заряди створюються в результаті електризації хмарних елементів - крапель і крижаних кристалів при наступних процесах:

- короткочасному контакті великих і дрібних крапель;
- розбризкування крапель і дробленні кристалів в результаті сильних висхідних потоків всередині хмари;
- при терті кристалів.

В результаті електризації крапель і кристалів і перенесення їх повітряними потоками в хмарі утворюються області з потужними і об'ємними зарядами.

ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРА ГРОЗОВОЇ ХМАРИ

Негативні електричні заряди зосереджені в основному в тилловій і середній частині хмари від нижньої межі до ізотерми - 20°C , а позитивні заряди - в передній частині хмари, де є потужні висхідні потоки повітря, а також вище ізотерми 0°C . Якщо напруженість електричного поля між двома темними зарядами в хмарі або між хмарами і землею досягає пробивної потенціалу повітря (близько $30\,000^{\text{В}}/\text{См}$), то відбувається електричний розряд. Такі розряди, що супроводжуються сліпучим спалахом світла і гуркотом грому, і називаються блискавками.

Грім - явище акустичне, основний його причиною є ударна хвиля, що виникає в результаті розриву розрядного каналу.

Блискавки, що представляють собою протяжний електричний розряд, що поширюється між грозовими хмарами протилежної полярності, між окремими

частинами одного і того ж хмари або між грозовою хмарою і землею, за зовнішнім виглядом і фізичним особливостям підрозділяються на лінійну розгалужену, плоску і кульову.

Лінійна розгалужена блискавка - це найбільш часто спостерігається гігантський іскровий розряд атмосферної електрики. Довжина блискавки в середньому становить 2 - 3 км, а іноді може досягати 20 км. Від основного каналу є кілька відгалужень, тому лінійна блискавка схожа на вигляд на суху гілку листяного дерева. Швидкість блискавки становить близько 102 - 103 км / с, сила струму всередині каналу блискавки - порядку десятків тисяч ампер. Лінійна блискавка можлива всередині грозової хмари, між хмарою і землею, а також між двома хмарами.

Плоска блискавка являє собою безшумне червонувате світіння будь-якої частини хмари, що виникає за рахунок сумарного ефекту великого коли-пра коронних розрядів на хмарних частках. Тривалість такої блискавки становить всього лиш близько 1 с. Плоску блискавку не потрібно змішувати з блискавицею, коли хмари висвітлюються віддаленої і безпосередньо невидимою лінійної блискавкою.

Кульова блискавка - це досить рідкісне і загадкове явище, представляю-ний собою круглу світиться масу розміром з кулак, іноді з кавун і більше. Природа кульової блискавки повністю не розкрита, вважають лише, що це накопичення плазми, що виникає після звичайної лінійної блискавки.

Якщо блискавка влучить у вертоліт при польоті в грозовій хмарі або поблизу нього можливо, якщо вертоліт знаходиться на шляху блискавки і напруженість електричного поля між об'ємним зарядом в хмарі і об'ємним зарядом самого ПС більше пробивної потенціалу повітря. Найбільш часто ураження ПС блискавкою спостерігається на висотах до 3000 м в близьконульових діапазоні температур зовнішнього повітря ($-5^{\circ}\text{C} < T_n < 5^{\circ}\text{C}$) при розвиненій грозовій діяльності в атмосфері.

В результаті попадання блискавки часто виникає особлива ситуація внаслідок пошкодження елементів конструкції або істотного ускладнення умов життєдіяльності екіпажу.

..... . Можливі небезпечні наслідки впливу на конструкцію вертольота розряду блискавки:

- механічні пошкодження елементів конструкції;
- порушення режиму роботи двигунів;
- виникнення пожежі;
- відмови авіаційного і радіоелектронного обладнання;
- залишкова намагніченість.

Гроза відноситься до вельми складним і досить небезпечним атмосферних явленьям, пов'язаним з інтенсивним облакооформованієм, електричними раз-рядами у вигляді блискавки, громом, а також часто випаданням зливових опадів. Основну небезпеку для літальних апаратів таять створювані в купчасто-дощових хмарах неоднорідні електричні поля величезної напруженості, розряджаються час від часу у вигляді блискавки. За фізичної сутності розряд блискавки представляє

протяжну електричну іскру, що поширюється між одним центром електричного заряду в грозовому хмарі і іншим центром заряду протилежної полярності на землі або в іншому хмарі. Розряд потужного електричного заряду, акумульованого в грозовому хмарі, супроводжується іонізацією повітря, видаючи світиться проводить шлях, який і сприймається спостерігачем як блискавка.

Якщо вертоліт виявиться на шляху або поблизу розряду блискавки, він може стати провідним ланкою, т. ч. зазнати удару блискавки. Під час розряду блискавки через літальний апарат між точками її входу і виходу може протікати електричний струм силою до 200 000 А.

Оскільки вертольоти літають переважно на малих висотах, ураження їх блискавкою відбувається, як правило, при електричному розряді грозової хмари в землю, або при польоті в безпосередній близькості від ядра активної грозової діяльності. В останньому випадку може призвести до втрати вертольоту вибухом або виникнення пожежі внаслідок прожога блискавкою підвісних паливних баків, однак це трапляється надзвичайно рідко.

Вплив на летить вертоліт блискавки небезпечно головним чином різким порушенням нормальної життєдіяльності екіпажу від засліплення світловим спалахом, вибухового гуркоту, часто супроводжуються зливовими опадами і інтенсивною турбулентністю. Яскравий спалах світла блискавки і гучний звук близького грому роблять значний психологічний вплив на членів екіпажу або пасажирів, викликаючи у них нервову реакцію. Сильне електричне поле, генерувати блискавкою, може проникнути через вікна пілотної (пасажирської) кабіни і викликати легкий удар електричним струмом по тілу членів екіпажу (пасажирів). Однак на всіх сучасних вертольотах металева конструкція кабін електропровідність, тому сильний електричний розряд в людей, що знаходяться на борту вертольоту, і фатальний кінець практично виключаються.

Найбільшу небезпеку становить осліплення пілота яскравим спалахом світла, особливо вночі. Таке засліплення може тривати до 30 с, протягом яких пілот не в змозі зчитувати показання приладів. Крім того, від впливу на вертоліт потужного електричного розряду можливі порушення радіозв'язку і радіонавігації, зміна намагніченості компасів, мимовільне спрацювання або відмову різних електричних пристроїв. Порушення нормальної роботи обладнання літака обумовлені наведенням всередині вертольоту електромагнітного поля при розряді блискавки. У свою чергу, це поле індукуює синфазних електричні напруги між провідниками кабелів і елементами конструкції літального апарату або залишковий магнетизм, що може привести до спотворення показань окремих приладів, відключення генераторів, відмови електронних блоків,

У конструкції вертольоту найбільші пошкодження від впливу блискавки отримують елементи з полімерних і композиційних матеріалів, що володіють діелектричними властивостями - обшивка лопатей несучого і рульового гвинтів, стабілізатора вертольотів. Часто спостерігається руйнування обтічників антен призводить до порушення нормальної роботи відповідних радіотехнічних засобів. Руйнування хвостових відсіків склопластикових лопатей несучого або рульового гвинтів призведе до виникнення низькочастотних вібрацій вертольота, сіпанню

органів управління, сторонній свисту від гвинта, що, як правило, викликає необхідність вимушеної посадки.

Вплив блискавки на металеві елементи конструкції вертольота зводиться до так званої електроерозії - руйнування поверхневого шару металу у вигляді раковин і виразок. Крім того, спостерігаються місцеві оплавлення металу або навіть пропали тонкої обшивки. Найбільшу небезпеку такі пошкодження представляють для лопатей гвинтів і підшипників трансмісії.

Електроерозія металевої обшивки лопаті призводить до помітного погіршення аеродинамічних характеристик лопаті, «випадання» її із загального конуса обертання гвинта, підвищенню рівня вібрацій вертольоту. В окремих випадках можливе повне руйнування ділянки обшивки, супроводжуване деформацією або відривом хвостового відсіку лопаті. У цих випадках екіпаж повинен здійснити вимушену посадку в умовах підвищеної тряски вертольоту, супроводжуваної іноді посмикування органів управління.

Електроерозія сталевих елементів підшипників, природно, набагато менше, ніж дуралюмінових лопатей, але разом з тим може привести до більш тяжких наслідків. Дійсно, навіть незначне порушення цілості поверхонь кочення на бігових доріжках або кульках (роliках) підшипника порушує розрахункові умови його роботи і може привести до поступової відмови після певної напрацювання. Зменшення несучої здатності і витривалості підшипника внаслідок ураження його блискавкою в значній мірі сприяє залишкова намагніченість. Продукти зносу обертових елементів трансмісії і сторонні металеві частинки, що містяться в олії, притягуються до намагніченим деталей підшипника замість того, щоб вимиватися маслом з його площині. Внаслідок цього істотно зростає знос підшипника і знижується його довговічність.

Дуже мало ймовірно, але водночас небезпечно самовиключення двигунів або виникнення пожежі на борту вертольота внаслідок ураження блискавичним розрядом як самих двигунів так і металевих паливних баків.

Таким чином, хоча вплив блискавки безпосередньо не може зруйнувати вертолiт в польоті і, як правило, не залишає помітних слідів пошкодження на його конструкції, післяполітний огляд вертольоту повинен бути особливо ретельним. При цьому основну увагу слід звертати на технічний стан підвісних паливних баків, обтекатель антен, лопатей несучого і рульового гвинтів, на легкість і плавність провертання трансмісії, справність і точність функціонування авіаційного обладнання.

Таким чином, виходить, що вплив блискавки має братися до уваги як при проектуванні, так і при льотної експлуатації вертольотів.

До числа основних конструктивних заходів щодо захисту вертольотів від ураження блискавкою відносяться:

- забезпечення гарної електричної провідності поверхні всього ВС;
- запобігання потрапляння сильних струмів всередину вертольота шляхом усунення щілин між струмопровідними елементами;
- посилення паливних баків для попередження їх прожога блискавкою;
- пристрій спеціальних законцовок на виступаючих місцях конструкції для

стогони зарядів блискавок;

- спеціальна металізація деталей з неметалевих матеріалів, влаштування на них струмопровідних смуг;
- екранування найбільш важливих і вразливих приладів і пристроїв від впливу електромагнітних полів;
- забезпечення необхідної міцності електричної ізоляції.

ПОЛЬОТИ В ЗОНІ ГРОЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ І СИЛЬНИХ ЗЛИВОВИХ ОПАДІВ

При прийнятті рішення на виліт з перетином зони грозової діяльності і сильних зливових опадів командир повітряного судна повинен враховувати:

- характер гроз (внутрімасові або фронтальні);
- розташування і переміщення грозових (зливових) вогнищ, можливі маршрути їх обходу;
- необхідність додаткової заправки паливом.

Польоти за ППП в зоні грозової діяльності не дозволяються при відсутності радіолокаційного контролю або несправною бортовий радіолокаційної станції (РЛС) виявлення грозових осередків.

Не допускається вхід повітряного судна:

- в купчасто-дощові (грозові), потужно-купчасті хмари;
- в зону сильних зливових опадів під купчасто-дощовими (грозовими), потужно-купчастими хмарами.

У разі ненавмисного попадання повітряного судна в купчасто-дощові (грозові), потужно-купчасті хмари або сильні зливові опади під ними льотний екіпаж вживає заходів до негайного виходу з них, дотримуючись при цьому встановлених правил польотів при зміні висот польоту і маршруту.

Політ під купчасто-дощовими (грозовими) і потужно-купчастими хмарами дозволяється тільки вдень поза зоною зливових опадів, якщо:

- висота польоту повітряного судна над рельєфом місцевості і штучніми перешкодами витримується не менше істинної безпечної висоти, але у всіх випадках:
- не менше 200 м - у рівнинній і горбистій місцевості;
- не менше 600 м - у гірській місцевості;
- вертикальне відстань від повітряного судна до нижньої межі хмар - не менше 200 м.

При наявності в районі аеродрому вильоту потужно-кучевої і купчасто-дощової (грозовий) хмарності льотний екіпаж повинен за допомогою бортової РЛС оглянути зону зльоту і виходу з району аеродрому, оцінити можливість зльоту і визначити порядок обходу небезпечних зон.

При підході ПС до зони грозової діяльності і сильних зливових опадів командир повітряного судна для своєчасного прийняття відповідного рішення завчасно оцінює можливість продовження польоту.

У контрольованому повітряному просторі льотний екіпаж повітряного судна отримує від органу УВС наявну у нього відповідну метеоінформацію (метеобстановки) і погоджує з ним свої дії.

При візуальному виявленні в польоті потужно-купчастих і купчасто-дощових хмар, що примикають до грозових вогнищ, дозволяється обходити їх на видаленні не менше 10 км.

При виявленні в польоті потужно-купчастих і купчасто-дощових (грозових) хмар бортовий РЛС при відсутності візуальних метеорологічних умов дозволяється обходити ці хмари на видаленні не менше 15 км від ближньої межі засвічення.

Перетин фронтальної хмарності з окремими грозовими вогнищами може проводитися в тому місці, де відстань між кордонами засвічень на екрані бортовий РЛС не менше 50 км (обхід - між засвічень, посередині).

При прийнятті рішення на обхід купчасто-дощових (грозових) або потужно-купчастих хмар зверху (верхом) льотний екіпаж повітряного судна оцінює за допомогою бортової РЛС можливість своєчасного набору висоти з урахуванням:

- практичної стелі повітряного судна;
- скоропідйомності повітряного судна;
- запасу по швидкості повітряного судна;
- точності визначення верхньої межі (перевищення) хмар.

У всіх випадках політ над купчасто-дощовими (грозовими) або потужно-купчастими хмарами проводиться з перевищенням не менше 500 м.

При зльоті і заході на посадку в умовах зливових опадів льотний екіпаж зобов'язаний враховувати можливість погіршення льотних і аеродинамічних характеристик повітряного судна, а також погіршення видимості через недостатню ефективність склоочисників в таких умовах.

При неможливості обійти купчасто-дощову (грозову) і потужно-купчасті хмарність льотний екіпаж повітряного судна повинен слідувати на запасний аеродром.

У контрольованому повітряному просторі свої дії льотний екіпаж повітряного судна узгоджує з органом УВС.

Льотним екіпажам ПС забороняється навмисно входити в потужно-купчасті, купчасто-дощові (грозові) хмари і в зони сильних зливових опадів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПОЛЬОТІВ У ЗОНІ ГРОЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА СИЛЬНИХ ЗЛИВОВИХ ОПАДІВ

Перед вильотом для уточнення місця розташування грозових (зливових) вогнищ слід ознайомитися з останніми даними штормового кільця аеродрому вильоту і даними радіолокаційних спостережень МРЛ-1, МРЛ-2 або МРЛ-5. Необхідно знати умовні позначення грозових явищ погоди та сильних зливових опадів.

При прийнятті рішення на виліт з перетином зони грозової діяльності і сильних зливових опадів командир ПС зобов'язаний враховувати характер гроз (внутрімасові, фронтальні), розташування і переміщення грозових (зливових) вогнищ, намітити можливі маршрути їх обходу, врахувати характер рельєфу, оснащеність повітряного судна спеціальними технічними засобами і необхідність додаткової заправки паливом.

При прийнятті рішення на виліт дозволяється вилітати на аеродром призначення і брати запасні аеродроми, якщо до часу прильоту прогноуються небезпечні явища, крім випадку, коли на запасному аеродромі очікується фронтальна гроза з імовірністю більше 30%.

При вильоті, посадці і наявності в районі аеродрому потужної купчасто і купчасто-дощової хмарності екіпаж зобов'язаний оглянути за допомогою бортової РЛС зону району аеродрому, оцінити можливість зльоту, посадки і визначити порядок обходу потужної купчасто, купчасто-дощової хмарності і зон сильних зливових опадів. Політ під купчасто-дощовими хмарами дозволяється тільки вдень, поза зоною сильних зливових опадів, якщо:

- висота польоту ПС над рельєфом місцевості не менше 200 м і в гірській місцевості не менше 600 м;
- вертикальна відстань від ВС до нижньої межі хмар не менше 200 м.

При підході ВС до зони грозової діяльності і сильних зливових опадів командир ПС зобов'язаний оцінити можливість продовження польоту, прийняти рішення на обхід зони, погодивши свої дії з органом УВС.

Диспетчер, використовуючи радіолокатори, метеоінформацію і повідомлення з бортів ВС, зобов'язаний інформувати екіпажі про характер хмарності, розташуванні грозових осередків, напрямку їх зміщенні і давати рекомендації про маршрут обходу грозових осередків.

При виявленні в польоті потужних купчастих і купчасто-дощових хмар бортовими РЛС дозволяється обходити ці хмари на видаленні не менше 15 км від ближньої межі засвічення.

Перетин фронтальної хмарності з окремими гороховими вогнищами може проводитися в тому місці, де відстань між кордонами засвічень на екрані бортового радіолокатора не менше 50 км.

Політ над верхньою межею потужних купчастих і купчасто-дощових хмар дозволяється виконувати з перевищенням над ними не менше 500 м.

Екіпажам ПС навмисно входити в потужні купчасті, купчасто-дощові хмари і зони сильних зливових опадів забороняється.

Польоти в умовах обмерзання заборонені.

ЗСУВ ВІТРУ

Серйозну небезпеку для літальних апаратів, що виконують польоти на малій висоті, т. ч. в першу чергу - для вертольотів, являє зсув вітру - значна зміна швидкості і (або) напрямку вітру на малій відстані. Найчастіше зрушення вітру викликається температурної інверсії на малій висоті, коли

холодне повітря застоюється в приземному шарі, наприклад, в передгірних долинах, а теплі вітри переміщаються над холодної повітряної масою. Зрушення вітру спостерігається переважно в нічний час доби і при інтенсивній грозовій активності, викликаючи значну турбулентність. Іншими супутніми чинниками зсуву вітру, що загрожують безпеці польотів, можуть бути обмерзання і град.

Найбільш небезпечною формою прояву зсуву вітру є шторм або шквал, що утворюється головним чином в результаті взаємодії з поверхнею землі і бічного розтікання зі швидкістю, яка доходить до $150 - 200 \text{ км/г}$, потужного спадного вітрового потоку.

Основна небезпека зсуву вітру полягає в тому, що, крім звичайної турбулентності (бовтанки), він викликає різку зміну повітряної швидкості вертольоту, а не тільки шляхової швидкості, як це іноді вважається. Дійсно, під впливом зсуву вітру вертоліт потрапляє в польотну зону, де швидкість вітру різко змінюється, а напрямок вітру може бути навіть протилежним, наприклад невеликий зустрічний вітер несподівано стане великим попутним. Хоча подібна інверсія є досить рідкісною, але тим не менше цілком реальною, особливо в районі інтенсивної грозової діяльності. Маючи певну масою і інерцію, вертоліт в початковий момент проходження зони зсуву вітру зберігає вихідне значення шляховий швидкості в результаті повітряна швидкість, яка визначає умови обтікання несучої системи, різко змінюється.

Таким чином, зрушення вітру може привести до значної і часом несподіваною для пілота розбалансування вертольоту, перш за все - мимовільного зниження, особливо небезпечному при польотах на малих висотах з малими запасами управління. Тому в умовах, супутніх виникненню зсуву вітру, головним чином в умовах підвищеної грозової активності, польоти на гранично малих висотах слід виконувати з великим запасом висоти, ніж зазвичай.

Що таке зсув вітру?

В авіаційній пресі термін "зсув вітру" (або градієнт швидкості вітру) придбав останнім часом значного поширення в зв'язку з рядом льотних пригод, обумовлених цим явищем.

Що таке зсув вітру? Це векторна різниця швидкостей вітру в двох точках простору, віднесена до відстані між ними (наприклад, 10 м / с на 100 м), або простіше - зміна напрямку і (або) швидкості вітру в атмосфері на дуже невеликій відстані.

Зсув вітру постійно існує в природі і здебільшого не робить помітного впливу на динаміку польоту вертольоту. Однак в деяких випадках спостерігаються досить значні величини зсуву вітру, які можуть впливати на літальні апарати будь-якого класу, що досить підтверджується статистикою льотних пригод. Різка зміна швидкості або напрямку вітру або одночасно швидкості та напрямку можливий як в горизонтальному напрямку (горизонтальний

зсув вітру), так і у вертикальному (вертикальний зсув вітру). Вертикальним зсувом називається зміна швидкості і (або) напрямку вітру зі зміною висоти польоту.

Вертикальний зсув вітру, в свою чергу, прийнято поділяти на два типи: позитивний і негативний.

Позитивним зрушенням називається такий розподіл вітру, коли його швидкість на висоті більше ніж у землі.

Негативним - такий розподіл вітру, коли швидкість вітру на висоті менше, ніж у землі.

Зміни напрямку і (або) швидкості вітру в певному шарі атмосфери можуть поєднуватися з турбулентністю і (або) сильними вертикальними потоками повітря, тому значні зрушення вітру відносяться до категорії небезпечних зовнішніх впливів середовища (ОВВС). На відміну від обмерзання і грози, які можуть бути виявлені візуально або з бортових технічних засобів, зрушення вітру - явище невидиме і часто раптове.

ІКАО рекомендує наступну класифікацію величини зсуву вітру:

- слабкий - 0 - 2 м / с на 30 м або 0 - 6,5 м / с на 100 м;
- помірний - 2,0 - 4 м / с на 30 м або 6,5 - 13 м / с на 100 м;
- сильний - 4,0 - 6 м / с на 30 м або 13 - 20 м / с на 100 м;
- дуже сильний - понад 6 м / с на 30 м або більше 20 м / с на 100 м.

За статистичними даними ВМО, потрапляння ВС на посадці в зрушення вітру перевищує 4 м / с на 30 м, можливо не менше одного разу протягом всього його середнього ресурсу.

Природно, може виникнути питання, чому ця проблема раптово придбала настільки актуальне значення? Адже навряд чи хто-небудь засумніватися в тому, що сьогодні вітер дме так само, як 30 - 40 років тому. Змінився не вітер. Змінилися літальні апарати, умови і інтенсивність їх експлуатації. З іншого боку, розглядаючи з сучасних позицій старі льотні події і передумови до них, можна знайти чимало прикладів небезпечного впливу того, що тепер ми називаємо зрушенням вітру і що раніше приписувалося інших причин.

Вплив зсуву вітру на політ вертольоту

Вплив зсуву вітру на політ повітряного судна ґрунтується на тому, що завдяки масі вертоліт має велику інерцію, яка перешкоджає швидкому зміні його шляховий швидкості, в той час як приладова ("повітряна") швидкість змінюється відповідно до зміни вітру. Якби вертоліт під дією змін вітру міг миттєво прискорювати або сповільнювати свій рух щодо земної поверхні, проблеми зсуву вітру не існувало б. Зміна приладової швидкості відбувається протягом періоду часу, недостатнього для відповідної зміни шляховий швидкості. В результаті зміни приладової швидкості відповідно збільшується або зменшується підйомна сила і вертоліт відхиляється вниз або вгору від заданої лінії польоту.

Відновлення приладової швидкості, що зменшилася в результаті зміни швидкості вітру, без перекладу двигунів на інший режим роботи або переведення

вертольота на зниження вимагає значного часу (для збільшення швидкості польоту на 20 км / год витрачається близько 100 с).

При наявності достатніх запасів по висоті і швидкості польоту сучасні вертольоти навіть без втручання льотчика можуть відновлювати режим польоту, порушений зміною швидкості або напрямку вітру. Інша справа - зустріч із зсувом вітру на малій висоті при виконанні заходу на посадку. В цьому випадку екіпаж вертольота пов'язаний обмеженими запасами висоти і швидкості, а також приємністю двигунів і дефіцитом часу.

Найбільшу небезпеку становить вертикальний зсув вітру, коли вертоліт в посадковій конфігурації знаходиться на глиссаде. В шарі повітря вище лінії розділу спостерігається вітер швидкістю 40 км / год, нижче її швидкість вітру різко зменшується до 10 км / год, а у землі дорівнює нулю (штиль).

приклад. У верхній точці на вертоліт діє вітер 40 км / год; приладова швидкість вертоліт в цій точці становить 80 км / год, а колійна відповідно 40 км / год. При подальшому зниженні вертольота по глиссаде в точці зниження відбувається різке зменшення швидкості вітру.

Приладова швидкість вертольота в цій точці різко зменшується на величину зміни зустрічного вітру і стає рівною 50 км / год. Щоб зберегти приладову швидкість і положення на глиссаде, необхідно миттєво збільшити шляхову швидкість вертольота на 30 км / год (тобто на величину зменшення зустрічного вітру). Однак у зв'язку з інерцією вертольота на це потрібно чимало часу (на відновлення 18-20 км / ч швидкості без втручання пілота витрачається 70-100 сек). Тимчасове зменшення приладової швидкості викличе різке зменшення підйомної сили і відхилення вертольота вниз від глісади.

При збільшенні зустрічній складової швидкості вітру відбувається зворотна картина - приладова швидкість збільшується і вертоліт відхиляється від глісади.

Зрушення вітру може спостерігатися на будь-якій висоті. Реальну небезпеку (в зв'язку з відсутністю надійних способів вимірювань) представляє навіть помірний зсув вітру на малій висоті при злеті й заході на посадку, коли у вертольота істотно скорочуються запаси по висоті і швидкості.

Зменшення швидкості ВС під впливом зсуву вітру еквівалентно зменшенню зустрічній складової швидкості вітру.

Внаслідок ослаблення швидкісного напору підйомна сила зменшується, і вертоліт, втрачаючи висоту, опускається нижче глісади. Щоб вийти знову на глісаду, необхідно збільшити тягу двигунів і змінити кут тангажу. Для збільшення тяги двигунів потрібно чимало часу. Якщо пілот, не створивши необхідного збільшення тяги, спробує вивести вертоліт на глісаду зміною (збільшенням) кута тангажу, то інтенсивне наростання лобового опору викличе ще більше зменшення приладової швидкості і подальше збільшення вертикальну швидкість зниження. В результаті для виправлення становища пілот змушений перевести двигуни на злітний режим і піти на друге коло.

Однак у зв'язку з недостатнім запасом висоти і дефіцитом часу дії пілота можуть не привести до бажаного ефекту - зниження буде тривати і вертоліт

торкнеться землі, не долетівши до ВПП, або зробить грубу посадку з підвищеною вертикальною швидкістю.

Можливий інший випадок, коли вертоліт при зниженні по глиссаде зустрічає вітер, швидкість якого не зменшується, а зростає (негативне зрушення вітру). У цьому випадку збільшення приладової швидкості і (або) відхилення вгору від глісади можуть викликати подовження посадкової дистанції і переліт вертольота за точку приземлення. При цьому, якщо пілот спробує виправити помилку енергійним взяттям РУ на себе, можливо дотик землі хвостовій балкою.

Збільшення зустрічній складової швидкості вітру при зниженні вертольота по глиссаде викликає тимчасове збільшення приладової швидкості і (або) відхилення вертольота вгору від глісади. Пілот зменшує тягу двигунів опусканням РШГ, але збільшення приладової швидкості, відповідне збільшення швидкості вітру, призводить до швидкісної посадки з перельотом.

Зліт в умовах зсуву вітру, не пов'язаного з грозовий діяльністю, представляє набагато менші труднощі, ніж посадка, так як у міру розгону вертольота його аеродинамічні характеристики поліпшуються.

Збільшення зустрічній (або зменшення попутної) складової швидкості вітру в процесі набору висоти викликає збільшення приладової швидкості і кута набору висоти.

Збільшення попутної (зменшення зустрічній) складової швидкості вітру при наборі висоти тимчасово зменшує приладову швидкість, а отже, і кут набору висоти, що може становити небезпеку, особливо при продовженій зльоті.

Зсув вітру при наближенні грози

Переважна більшість льотних пригод, пов'язаних із зсувом вітру, обумовлено фронтальною або внутрішньомасовою грозовою діяльністю. При зльоті і посадці гроза представляє для пілота особливу небезпеку. Зміна погоди відбувається так швидко, що екіпаж повітряного судна може не отримати досить точної інформації про швидкість і напрям вітру на якому ділянці траєкторії зльоту або заходу на посадку. Крім цього, при польоті близько грозових хмар, як правило, на вертоліт буде діяти не тільки вертикальний зсув вітру, але і вертикальні потоки повітря, а також турбулентність.

Збільшення попутної складової швидкості вітру при підході до ЗПС і дії низхідного потоку повітря викликає відхилення вертольота від глісади і (або) зменшення приладової швидкості. Можливо приземлення до ЗПС, а в деяких випадках навіть дотик гвинтом землі.

Збільшення попутної (зменшення зустрічній) складової швидкості вітру і дії низхідного потоку повітря можуть викликати викривлення траєкторії набору вниз і різке зменшення приладової швидкості. Розрахунки показують, що спадний потік повітря 5 - 6 м / с в поєднанні зі значним зрушенням вітру може виявитися граничним для літаків місцевих повітряних ліній типу Як-40 навіть при миттєвій приємності двигунів.

Розпізнавання зсуву вітру

Аналіз льотних пригод, обумовленим зрушенням вітру, показує, що складність ситуації визначається її повною несподіванкою для екіпажу.

Характерними синоптичними ситуаціями, при яких можуть спостерігатися значні зрушення вітру, є наступні:

- наближення і проходження атмосферних фронтів;
- розвиток грозово - градових хмар;
- наявність на висотах 50 - 200 м затримують шарів (інверсії або ізотермії).

На жаль, кількісний зв'язок інтенсивності зсуву вітру з погодними умовами поки ще не встановлена - важко передбачити, якої величини зрушення вітру можна очікувати в даний час в районі аеродрому.

Для визначення величини зсуву вітру в першому наближенні у всіх аеропортах проводяться шаропілотних 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 та прийняти необхідне рішення. Величина і характер (тип) зсуву вітру визначаються по різниці векторів швидкості.

Рекомендації

1. Перед заходом на посадку командир повітряного судна повинен порівняти отриману інформацію про вітер у землі з інформацією про вітер на висоті 100 м і оцінити величину і характер зсуву вітру, щоб встановити, чи слід йому враховувати зрушення вітру при заході на посадку.

2. Зрушення вітру менше 6 м / с на 100м висоти при заході на посадку враховувати не слід. Захід виконувати на режимах, рекомендованих порадиником з льотної експлуатації літака.

3. При зсуві вітру 6 м / с і більше на 100 м висоти, якщо поздовжня складова швидкості вітру у землі менше, ніж на висоті 100 м (позитивне зрушення), необхідно відповідним збільшенням режиму роботи двигунів підвищити приладову швидкість на 10 - 20 км / ч в порівнянні з рекомендованою порадиником з льотної експлуатації та витримувати збільшену швидкість в процесі подальшого заходу.

Цей запас швидкості необхідний для компенсації її зменшення після входу вертольота 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 спостерігати за характером можливої зміни приладової швидкості.

Якщо при збереженні правильно підібраного режиму двигунів з'явитися прагнення до безперервного зменшення швидкості по приладу, незважаючи на

витримування глісади, це свідчить про вхід вертольоту в зону позитивного зсуву вітру.

У цьому випадку дії екіпажу повинні бути такими ж, як і при позитивному зсуві вітру 6 м / с і більше на 100 м висоти.

ПОЛЬОТИ В УМОВАХ ОПАДІВ ТА ЗЛЕДЕНІННЯ

ВИДИ ТА ФОРМИ ОПАДІВ

Опади - вода в твердому або рідкому стані, що випадає з хмар або осідає з повітря на поверхню землі. Опади з хмар дають більше 90% загальної маси води, що надходить з атмосфери на земну поверхню, менше 1% опадів припадає на росу, іній, мряка, твердий і рідкий наліт.

Для характеристики опадів використовують поняття їх кількості та інтенсивності. Кількість опадів вимірюється товщиною (в міліметрах) шару води, що утворюється в результаті опадів на водонепроникну поверхню. Інтенсивність опадів - його шар опадів, що випадають за одиницю часу (зазвичай за 1 хв).

Форма опадів - зовнішній вигляд кристалів льоду або крапель води, що випадають з хмар, є непрямым свідченням умов їх утворення. Розрізняють такі форми опадів:

- *сніг* - тверді опади у вигляді сніжинок (кристалів) різних розмірів, зазвичай сніжинки - зірочки правильної шестигранної форми. Якщо температура повітря близько нуля, сніжинки злипаються, утворюючи пластівці, нерідко досить великі;
- *заметіль* - перенесення снігу над поверхнею землі вітром достатньої сили;
- *сніжна крупа* - досить м'які матово-білі непрозорі крупинки округлої форми діаметром 2 - 5 мм;
- *крижана крупа* - прозорі крупинки діаметром 2 - 5 мм з щільним білим ядром в центрі, що утворюються в тих випадках, коли краплі дощу або частково розтанули сніжинки замерзають при падінні;
- *град* - опади у вигляді шматочків льоду різного розміру, що мають неправильну або близьку до сферичної форму, їх діаметр до 150 мм, шар прозорого льоду в градини чергується з шарами непрозорого (каламутного) льоду. Град зазвичай випадає в теплу пору року при грозі разом з зливовим дощем;
- *крижаний дощ* - дрібні прозорі сферичні частинки діаметром 1 - 3 мм, які утворюються при замерзанні крапель дощу, що падають крізь нижній шар повітря з мінусовою температурою;
- *дощ* - рідкі опади з хмар у вигляді крапель діаметром 0,5 мм і більше;
- *мряка* - опади у вигляді дрібних крапель діаметром не більше 0,5 мм. Краплі настільки малі, що падіння їх майже непомітно для ока, вони здаються плаваю-ські в повітрі. Коли крапель багато, мряка стає схожою на туман, проте на відміну від туману краплі мряки випадають на земну поверхню;

- *мокрый сніг* - опади, що складаються з талого снігу або суміші снігу з дощем.

Найбільш поширеними опадами є сніг, дощ, мряка. Залежно від виду опади бувають моросящие, обложні і зливові.

Моросящі опади представляють собою дрібні краплі дощу (діаметром 0,5 мм) або дуже дрібні сніжинки і снігові зерна (сніжна мряка). Зазвичай вони випадають з низьких шаруватих або шарувато-купчастих хмар. Інтенсивність їх дуже мала і визначається не за кількістю опадів, що випали, а за ступенем погіршення горизонтальній дальності видимості.

Обложні опади - це тривалі опади у вигляді крапель дощу діаметром понад 0,5 мм або сніжинок, що випадають з купчасто-дощових хмар. В залежності від того, в якій частині фронтальної хмарної системи випадають обложні опади, вони можуть бути слабкими (близькими до мряки), помірними або сильними.

Зливові опади - опади у вигляді великих крапель, великих пластівців снігу, іноді сніжної крупи або граду. Вони випадають з купчасто-дощових хмар, починаються зазвичай раптово, тривають недовго, але в ряді випадків можуть неоднозначно-кратно відновлюватися і супроводжуватися грозами та шквалами. Цей вид опадів типовий для нестійких повітряних мас, холодних фронтів і фронтів оклюзії.

Як свідчить практика експлуатації вертольотів, сильні зливові опади становлять найбільшу небезпеку, а саме:

- значно погіршують і спотворюють видимість внекабінної обстановки за рахунок розсіювання потоків світла, що призводить до удаваному збільшення відстані у всіх напрямках але порівняно з реальними величинами;
- можуть призводити до самовиключення двигунів у польоті, особливо турбовальних двигунів старих конструкцій типу ТВ2-117, що мають порівняно малі запаси газодинамічної стійкості (на Мі-8 МТВ з двигунами ТВ-3-117 ВМА і з ПЗУ практично виключено);
- погіршують аеродинамічні характеристики ВС внаслідок утворення водяної плівки на несучих поверхнях, збільшення шорсткості і несприятливих змін характеру їх протікання.

Навіть на сучасних вертольотах, наприклад типу Мі-8МТВ з двигунами ТВ3-117ВМ, забороняється навмисно входити в зону зливових опадів при видимості менше 2000 м в діапазоні температур зовнішнього повітря $-5^{\circ}\text{C} < t < 5^{\circ}\text{C}$ щоб уникнути самовимикання двигунів (без встановленого пілозахисної пристрої), а при ненавмисному потраплянні в цю зону екіпаж повинен вжити всіх необхідних заходів щодо виходу з неї аж до виконання посадки на підібрану з повітря майданчик.

Крім того, серед зливових опадів на особливу увагу заслуговує град, який формується в купчасто-дощових хмарах в результаті злиття переохолоджених крапель з зернами крупи і замерзання крапель.

У рівнинних районах град буває порівняно рідко. Процеси формування купчасто-дощових хмар посилюються височинами, тому в передгір'ях і горах ймовірність граду істотно зростає. Град зазвичай наблю-дається в період з квітня по вересень, найбільша повторюваність граду в травні - липні. Протягом доби найбільш ймовірно випадання граду в післяполуденні години переважно від 14 до

16 год. Тривалість граду зазвичай невелика, найчастіше до 5 хв, в 70 - 100% випадків вона не перевищує 15 хв. У 75 - 85% випадків град випадає при грозах.

Вплив сильного граду може викликати пошкодження хвостових відсіків лопатей несучого гвинта вертольота, що знаходиться на стоянці. У польоті обертаю-щієся лопаті пошкоджуються незначно, тому небезпека граду також зводиться до погіршення і спотворення видимості.

Таким чином, несприятливий вплив опадів на умови виконання польоту на вертольоті полягає головним чином в погіршенні і спотворенні видимості закабинном простору, в тому числі що призводить до виникнення ілюзій.

Обледеніння - це відкладення льоду в польоті на різних обтічних частинах ПС, а також - це явище, при якому повітряне судно під час польоту або стоянки на аеродромі покривається шаром льоду. Необхідні умови обмерзання - наявність в повітрі на висоті польоту переохолоджених крапель води і негативна температура поверхні ВС. Обледеніння спостерігається при температурах $+2 \dots -50^{\circ}\text{C}$, найбільша ймовірність (-98%) в зоні температур $0 \dots -20^{\circ}\text{C}$.

Обледеніння літальних апаратів в більшості випадків відбувається в повітряному середовищі, що містить краплі переохолодженої води, в основному в купчастих або шаруватих хмарах, в умовах туману, мряки, дощу, мокрого снігу при мінусовій або околонулевої температурі навколишнього повітря.

Згідно багаторічним і численними спостереженнями найбільша ймовірність обмерзання існує в умовах підвищеної вологості повітря в діапазоні температур від 0 до -20°C і особливо - від -5 до -10°C . Вхідні пристрої авіаційних двигунів можуть піддаватися обмерзання і при позитивних температурах навколишнього повітря (приблизно до $+5^{\circ}\text{C}$) - внаслідок адіабатичного розширення повітря у вхідному пристрої волога конденсується на його стінках і в подальшому замерзає.

Обледеніння ВС відбувається в хмарах, розташованих від землі до висоти 2-3 км. При негативних температурах найбільш ймовірно обмерзання в водних хмарах. У змішаних хмарах обмерзання залежить від водності їх капельножидкої частини, в кристалічних хмарах ймовірність обмерзання мала. У внутрімасові шаруватих і шарувато-купчастих хмарах при температурах від 0 до -10°C майже завжди спостерігається обмерзання. Ці хмари розташовуються під шарами інверсії і мають значну водність біля верхньої кромки хмарності.

У фронтальній хмарності найбільш інтенсивне зледеніння ПС відбувається в купчасто-дощових хмарах, пов'язаних з холодними фронтами, фронтами оклюзії і теплими фронтами. У шарувато-дощових і високо-шаруватих хмарах теплового фронту інтенсивне зледеніння відбувається, якщо випадають слабкі опади або зовсім не випадають, а при рясних обложних опадах на теплому фронті ймовірність обмерзання мала.

Найбільш інтенсивне зледеніння може спостерігатися при польоті під хмарами в зоні переохолодження дощу і / або мряки. В хмарах верхнього ярусу обмерзання мало ймовірно, однак слід пам'ятати, що можливо інтенсивне зледеніння в купчасто-дощових хмар і високо-шаруватих хмарах, якщо вони

залишилися після руйнування грозових хмар. Обледеніння можливо при температурі від $+5$ до -50 ° С в хмарах, тумані і опадах.

При аналізі та оцінці метеорологічної обстановки в пунктах зльоту і посадки необхідно звернути увагу на висоту ізотерми 0 ° С, інтенсивність можливого обмерзання, товщину шару, висоту нижньої і верхньої меж шару обмерзання. Ці дані можна отримати при консультації. На картах погоди в районі можливого обмерзання ставляться умовні позначення (символи). Символ слабого обмерзання не рекомендується вживати на картах погоди.

Основним показником обмерзання є його інтенсивність, яка характеризує швидкість утворення льоду (змінною товщини крижаного шару в одиницю часу) на передній кромці контрольного профілю або будь-якої іншої контрольної частини літального апарату. На основі існуючих норм слабка інтенсивність зледеніння відповідає швидкості наростання льоду на контрольному профілі до $0,35$ мм / хв, середня - від $0,35$ до $0,7$ мм / хв і сильна - понад $0,7$ мм / хв.

Іноді для оцінки небезпеки обмерзання використовується інтегральний показник - ступінь обмерзання, під якою розуміється товщина льоду, що осів на даній поверхні літального апарату за весь час його польоту в умовах обмерзання.

Причини обмерзання:

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

Найбільша вірогідність обмерзання - в крапельно-рідких хмарах, до яких відносяться низькі подінверсійні шаруваті і шарувато-купчасті хмари. Вони відрізняються підвищеною водністю так як опади з них, як правило, не випадають або бувають слабкими. У шарувато-дощових хмарах обмерзання небезпечно при температурах 0 ...- 10 ° С, коли хмари складаються тільки з переохолоджених крапель.

Найбільш важке і інтенсивне зледеніння спостерігається при польоті під шарувато-дощовими і високо хмарами в зонах випадає переохолодженого дощу (це характерно для перехідних сезонів, коли температура повітря у землі коливається в межах 0 ... -5 ° С.

Особливо швидке і сильне обмерзання спостерігається у фронтальних інверсіях, коли при підйомі теплого повітря над шаром холодного (теплий фронт) виникає «замерзлий дощ».

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗЛЕДЕНІННЯ

На інтенсивність зледеніння впливають такі основні фактори:

- *Температура повітря.* Найсильніше обмерзання спостерігається в інтервалі температур 0 ... -10 ° С, так як при цьому хмари складаються тільки з крапель

води, що знаходяться в переохолодженому стані. Тому все хмарні елементи, з якими стикається ВС при польоті, будуть замерзати на його поверхні. При температурі нижче -10°C хмари стають змішаними, частина крапель замерзає. Чим нижче температура, тим більше в хмарі крижаних кристалів і менше крапель моди. Крижані кристали, б'ючись об ПС, які не примерзають до його поверхні, а несуться повітряним потоком.

- *Водність хмар.* Чим більше водність хмари, тим інтенсивніше обмерзання. Найсильніше обмерзання спостерігається в купчасто-дощових і купчасто-дощових хмарах при водності більше 1 г / м^3 .

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

- *Розміри переохолоджених крапель.* Чим більша краплі, тим інтенсивніше обмерзання, так як вони мають велику силу інерції і, отже, тим більше крапель осяде і замерзне на виступаючій поверхні ВС. Дрібні краплі, які мають невелику масу, захоплюються повітряним потоком і разом з ним огинають гвинти і корпус вертольота.

- *Швидкість польоту ПС до 300 км / год,* коли ще відсутня вплив кінетичного нагріву. Чим більше швидкість польоту, тим інтенсивніше обмерзання, так як вертолїт 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 вертольота осідають все більш дрібні краплі.

Аеродинамічний нагрів передньої кромки приблизно може бути визначений як: $\Delta t = V^2 / 2000$, Де V - швидкість польоту, м / с.

Ця формула справедлива для умов адіабатичного нагрівання.

В реальних умовах обмерзання внаслідок тепловіддачі і випаровування вологи з обтічної поверхні ЛА нагрів виявляється на 40 - 50% нижче розрахункових значень. Якщо, наприклад, літак пробиває хмари зі швидкістю 720 км / год, то середній нагрів передньої кромки крила буде не 20°C . як це впливає з формули, а всього лише $10 - 12^{\circ}\text{C}$. В цьому випадку при температурі хмар нижче -12°C відбудеться обмерзання літака, так як температура обтічної його поверхні виявиться нижче нуля. При температурі хмар вище -12°C або швидкості польоту вище 720 км / ч обмерзання ЛА виключається.

Найбільш часто схильні до обмерзання передні кромки крила, несучих і кермового гвинта, стабілізатора та кіля, лобові стекла ліхтаря, повітрозабірники двигунів, елементи силової установки, розташовані у всмоктуючому каналі (стійки, лопатки направляючого апарату, захисні сітки), антени і приймачі повітряного тиску.

ПОЛІТ В УМОВАХ ОБМЕРЗАННЯ

Політ в умовах обмерзання супроводжується, як правило утворенням льоду на всіх лобових частинах вертольота: несучому і рульовому гвинтах,

засклення ліхтарів кабін, датчиках приладів, повітрозабірниках двигунів, антенах. Це призводить до збільшення польотної маси, істотного погіршення аеродинамічних характеристик і льотних якостей, можливості помпажа, пошкодження і самовимикання двигунів, погіршення огляду, радіозв'язку і точності радіонавігації, витрати палива, до зменшення тяги двигунів, може вивести з ладу його компресор і ін. При цьому спотворюється показання ряду приладів ПС, може бути порушена радіозв'язок. Лід на склінні кабіни пілотів погіршує умови огляду, ускладнює візит ПС на посадку і виробництво самої посадки. Критичним в аспекті забезпечення безпеки польотів є, природно, обмерзання несучих і кермового гвинтів,

Особливості та наслідки зледеніння гвинтів:

- лопаті несучого гвинта зледеніють значно інтенсивніше фюзеляжу, бо проходять при обертанні в 3 - 5 разів більшу відстань в переохолодженій повітряному середовищі. Тому слід оцінювати рівень обледеніння несучого гвинта по товщині шару льоду на склінні кабіни;
- як правило, в носовій частині лопаті (2 - 5 см по хорді) утворюється щільний лід, а позаду нього на відстані 10 - 20 см по хорді - нерівний горбкуватий лід;
- в кінцевій частині лопаті під впливом відцентрових сил і аеродинамічного нагріву при температурах вологого зовнішнього повітря до -20°C лід практично не утворюється. Кордон утворення льоду по довжині лопаті залежить головним чином від температури і вологості повітря, а також режиму польоту вертольоту але в цілому інтенсивність зледеніння зростає по радіусу лопаті;
- обмерзання лопаті призводить до зміни її маси, моменту інерції, аеродинамічних характеристик і махового руху. В результаті цього зростає рівень і змінюється частотний спектр вібрацій конструкції, зменшуються скоропідйомність і максимальна швидкість польоту, погіршують стійкість, керованість і маневреність вертольоту;
- особливо сильний вплив на політ вертольоту в умовах обмерзання оказують зростання потрібної потужності (при постійній тязі несучого гвинта) або зменшення тяги при постійно потрібній потужності;
- при польоті з виключеною ПОС лопатей і температурі вологого повітря нижче -10°C потрібна потужність може зрости майже на 50%, що викличе необхідність істотної зміни режиму або ж припинення польоту. Наприклад, включення перед вильотом ПОС двигунів, несучого і кермового гвинтів на вертольоті Мі-8 МТВ пов'язане з потрібним зменшенням максимальної злітної маси ПС на -1000 кг;
- можливості існуючих ПОС щодо запобігання льодоутворення на лопатях обмежені, що накладає відповідні обмеження на умови льотної експлуатації вертольотів в осінньо-зимовий період. Зокрема, на вертольотах Мі-8 МТВ навмисні польоти в умовах обмерзання при температурі зовнішнього повітря менш -12°C заборонені;
- певну небезпеку при виконанні польотів в умовах інтенсивного зледеніння являє несиметричне, т. ч. несвоєчасне і нерівномірне самовидалення льоду з лопатей несучого і рульового гвинтів, що призводить до сильної тряски вертольота і може викликати механічні пошкодження сусідніх лопатей, роторів компресорів

двигунів, елементів фюзеляжу (в тому числі стабілізатора), антен. Несиметричне самоудаленіє льоду з лопатей відбувається переважно при температурах зовнішнього повітря -10 ...- 20 0С, причому на рульовому гвинті це проявляється в більшій мірі, ніж на несучому;

- будь-яке видалення з лопатей досить великих мас льоду представляє визна-поділену небезпека з точки зору механічних пошкоджень і порушення працездатності двигунів.

Основною умовою забезпечення безпеки польотів в умови обмерзання несучого і кермового гвинтів є завчасне включення електротеплової протиожеледної системи лопатей. При цьому ПОС несучих і кермового гвинтів, а також обігрів стекол кабіни екіпажу при температурі зовнішнього повітря + 5⁰С і нижче слід включати вручну перед вирулюванні вертольота при появі ознак обмерзання (паморозь, туман, мокрий сніг). Якщо це не було зроблено на землі, а в польоті з'явилися перші ознаки зледеніння, наприклад лід на шибках пілотської кабіни і при цьому табло «Обледеніння» не світиться, необхідно включивши вручну ПОС несучих і кермового гвинтів, а також обігрів датчика сигналізатора обмерзання. ПОС стекол кабіни слід включати при запотіванні, при перших ознаках появи льоду на стеклах і, нарешті, при загорянні табло «Обледеніння».

Обледеніння силової установки вертольота становить значну небезпеку. Обмерзання зазвичай піддаються повітрозабірник, вхідний канал двигуна, лопатки вхідного направляючого апарату, робочі лопатки і лопатки спрямляючого апарату перших ступенів компресора, агрегати двигуна, розташовані у вхідному тракті (сигналізатори обледеніння, датчики тиску, температури і т. п.) . Як правило, найбільша кількість льоду відкладається на нерухомих елементах вхідного тракту компресора і менше - на робочих лопатках.

Обледеніння вхідної частини двигуна викликає порушення форми і розмірів проточної частини, зміни параметрів повітря на вході в компресор і характеру течії повітря у вхідному каналі, зменшення секундної витрати повітря і ступеня підвищення тиску повітря в компресорі, потужності двигуна, підвищення температури газів перед турбіною, збільшення рівня вібрації двигуна внаслідок несиметричного освіти і скидання льоду з робочих лопаток компресора.

ХАРАКТЕРНІ ПОМИЛКИ ЕКІПАЖУ:

1. Невключення перед вильотом противообледенительной системи при негативні-котельної температурі зовнішнього повітря. Внаслідок ненадійної роботи датчика сигналізатора обмерзання типу РЮ-3 своєчасне автоматичне включення ПОС двигунів не було забезпечено, що призвело до потрапляння вертольота в важкі умови обмерзання і серйозного авіаційному інциденту;

2. Запізніле включення ПОС при знаходженні вертольота в зоні інтенсивного зледеніння, що призвело до потрапляння шматочків льоду у вхідні пристрої двигунів і самовимикання одного з них;

3. Виконання польоту в неприпустимих умовах обмерзання при температурі вологого зовнішнього повітря менше - 12⁰ С, що привело до наростання льоду на

носовій частині лопатей несучого гвинта, істотного погіршення керування і стійкості вертольоту, тряски його конструкції і завершилося авіаційною подією.

Перед входом в зону можливого обмерзання або при раптовому попаданні в зону сильного обмерзання льотним екіпажем повинна бути включена протожеледна система повітряного судна, якщо КЛЕ або еквівалентний йому документ не передбачає іншого порядку використання такої системи.

Якщо вжиті заходи по боротьбі з обмерзанням ПС виявляються неефективними і не забезпечується безпечно продовження польоту, командир ПС за погодженням з органом УПР в контрольованому повітряному просторі змінює висоту і / або маршрут польоту для виходу в район, де можливо безпечно продовження польоту, або приймає рішення про відхід на запасний аеродром. Командиру вертольоту при попаданні в зазначені умови дозволяється здійснити посадку на майданчик, підібраний з повітря. При цьому може застосовуватися сигнал терміновості.

Польоти в умовах обмерзання можуть виконуватися тільки на ЛА, обладаній протизаморожувача. На сучасних ЛА набули поширення повітряно-теплові, електротеплові і електроімпульсні протиожеледні системи (ПОС). Вони забезпечують захист від утворення льоду, а також видалення льоду з поверхонь, що обігріваються ЛА. Від обмерзання на ЛА захищаються предкрилки, носки крила, стабілізатора та кіля, повітряозабірники і вхідний направляючий апарат двигунів, лобові стекла і кватирки ліхтаря кабіни екіпажу, приймачі повного тиску, датчики кутів атаки, передні кромки лопатей і коки повітряних гвинтів. Функціонування електротеплових і електроімпульсних ПОС забезпечується літаковими джерелами електроживлення, а повітряно-теплових - гарячим повітрям, що відбирають від двигунів.

Обігрів стекол включається з землі на весь час польоту незалежно від кліматичних умов, а двигунів на землі - незалежно від обмерзання при температурі зовнішнього повітря нижче $+ 5^{\circ} \text{C}$ при наявності туману, мряки, дощу або снігопаду. Досвід експлуатації доводить, що повітряно-теплові системи досить ефективні і надійні в роботі. Слід мати на увазі, що при польоті на знижених режимах роботи двигуна знижуються витрата і температура повітря, що відбирається для нагрівання системи. При зниженні, наприклад, температура повітря на вході в протитоожеледну систему може бути нижче в 2 рази, ніж в режимі набору висоти. При цьому знижується і ефективність дії системи. Не рекомендується також включати повітряно-теплову систему на максимальному режимі роботи двигуна,

ПОЛЬОТИ З КУРНИХ, ПІЩАНИХ ТА ЗАСНІЖЕНИХ ПЛОЩАДОК

ОСОБЛИВОСТІ ЗЛЕТУ ІЗ ЗАПИЛЕНИХ І ЗАСНІЖЕНИХ МАЙДАНЧИКІВ

При зльоті з заповишених майданчиків, а також з майданчиків зі сніговим покривом навколо вертольоту утворюються пилові (снігові) вихори, що погіршують видимість і умови виконання зльоту.

Необхідно пам'ятати, що спроба провести зліт, коли через піднятою пилу (снігу) не проглядається земля, може привести до втрати просторового положення. Перед зльотом з засніжених майданчиків взимку включити склоочисники і обігрів скла кабін. Злет із заповишених (засніжених) майданчиків можна здійснювати по-вертолітному і з пробігом (по-літаковому).

Зліт по-вертолітному із заповишених (засніжених) майданчиків дозволяється виконувати за умови наявності запасу потужності двигунів для зльоту поза зоною впливу землі і якщо в момент відділення вертольота від землі і в наборі висоти видимість з кабіни екіпажу зберігається на відстані 5-10 м. В цьому випадку при вертикальному підйомі видимість земної поверхні буде забезпечена до моменту виходу із заповишеної (снігової) хмари.

Коли на поверхні снігового покриву є міцний наст, щільна сніжна хмара навколо вертольоту під час зльоту і посадки не утворюється. На майданчиках, покритих щойно випавшим снігом, в окремих випадках можна роздути сніжну хмара і поліпшити видимість. З цією метою рекомендується ввести корекцію повністю вправо і збільшивши загальний крок до $2 - 3^0$, попрацювати до тих пір, поки хмара снігу не зменшиться і не буде проглядатися земля.

З курних майданчиків виконання зльоту по-вертолітному можливо тільки в разі незначної заповишеності поверхні, коли тонкий шар пилу лежить на порівняно міцному ґрунті, який не роздувається струменем від НГ. З сильно заповишених майданчиків можливість виконання злетів по-вертолітному практично виключена. Включення ПЗУ проводити після виходу двигуна на режим малого газу.

Злети і посадки на заповишених і засніжених майданчиках необхідно виконувати строго проти вітру. Злітні можливості вертольоту з різним завантаженням в даних атмосферних умовах повинні бути перевірені заздалегідь на контрольному висінні, яке виконується в умовах, що виключають утворення пильного (снігового) хмари навколо вертольоту.

Перед зльотом задатчик курсу на УГР-4УК поставити на злітний курс, переконатися в справній роботі силової установки, радіовисотоміру і авіагоризонту.

Після відриву від землі набрати висоту 3 - 5 м, спостерігаючи за становищем вертольоту щодо орієнтирів на землі через нижнє скління кабіни екіпажу і використовуючи при цьому показання покажчика режимів висіння апаратури ДІСС-15. Зліт і висіння здійснювати строго проти вітру. В процесі розгону не допускати зниження вертольоту і кренів. Положення вертольоту при проходженні снігового хмари контролювати по приладах, а також за орієнтирами, значно віддаленим від місця зльоту (гори, дерева і т. Д.).

Зліт з пробігом (по-літаковому) із заповишених (засніжених) майданчиків виконується як і з звичайних майданчиків, але відрив вертольоту (збільшення потужності двигунів до злітної) виконується після проходження заповишеного (засніженого) хмари. До виходу з нього напрямом розбігу витримувати за

вказівником курсу, крен вертольоту контролювати по авіагоризонт. Вертоліт виходить із запиленого (снігового) хмари на швидкості 25 - 30 км / ч. Слід пам'ятати, що зліт з пробігом (по-літакового) дозволяється проводити за неутрамбованому снігу сніжному покриву товщиною до 15 см при повній впевненості, що під снігом перешкоди відсутні.

ОСОБЛИВОСТІ ПОСАДКИ НА КУРНИЙ (ЗАСНІЖЕНИЙ) МАЙДАНЧИК ОСОБЛИВОСТІ ПОСАДКИ ПО-ВЕРТОЛІТНОМУ НА КУРНИЙ (ЗАСНІЖЕНИЙ) МАЙДАНЧИК

При посадці по-вертолітному на запилений (засніжений) майданчик зависання виконувати на висоті, вільної від курної (снігової) хмари, піднятого струменем від НГ.

Посадкова маса вертольоту для виконання посадки на запилену (засніжену) майданчик не повинна перевищувати маси, що забезпечує висіння поза зоною впливу землі.

Посадку виконувати строго проти вітру.

Після зависання зниження вертольоту виконувати плавно з таким розрахунком, щоб до моменту погіршення горизонтальній видимості була забезпечена надійна вертикальна видимість аж до моменту приземлення. При вертикальному зниженні не допускати переміщень вертольоту в сторони.

По мірі входу вертольоту в запилену (снігову) хмару видимість намічених для посадки орієнтирів погіршується, а потім виключається повністю. Тому з погіршенням видимості деталей рельєфу необхідно припинити зниження, виконати зависання і спробувати роздмухати запилену (снігову) хмару. Продовжувати вертикальне зниження можна тільки в тому випадку, якщо через переднє заklenня буде проглядатися земля. При відсутності видимості земної поверхні вертикальне зниження і приземлення, а також пошук орієнтиру шляхом переміщень у землі забороняється.

Якщо під час зниження орієнтир прив'язки буде втрачено, припинити зниження і негайно піти на друге коло.

На зниженні, і особливо в момент приземлення, не допускати розворотів і бічних зсувів. Особливу небезпеку бічні зміщення представляють при посадці на засніжену майданчик з товщиною снігу, що перевищує 10см.

Після приземлення, переконавшись, що вертоліт твердо стоїть на поверхні, плавно зменшити загальний крок до мінімального значення. У разі нахилу вертольоту, яке може статися через прихованих під снігом нерівностей рельєфу, збільшити загальний крок, відокремити вертоліт від землі на висоту 0,5 - 1 м і якщо дозволяє горизонтальна видимість, вибрати поблизу нове місце посадки і провести приземлення.

У зимовий час не виключена можливість використання в якості тимчасових посадкових майданчиків для вертольотів крижаного покриву річок і озер.

Потрібна товщина ($H_{\text{л}}$) В сантиметрах прісноводного льоду для посадки вертольоту на колесах з польотної масою (m) В тонах визначається за формулами:

$$H_{\text{л}} = 16\sqrt[3]{m} \quad \text{при } t_{\text{НВ}} \leq -100\text{С},$$

$$H_{\text{л}} = 22\sqrt{m} \quad \text{при } t_{\text{НВ}} = 0 \text{ до } 100\text{С}.$$

Якщо вертоліт обладнаний лижним шасі, потрібна товщина льоду може бути зменшена в 1,3 рази.

ОСОБЛИВОСТІ ПОСАДКИ З ПРОБІГОМ (ПО-ЛІТАКОВОМУ) НА КУРНИЙ (ЗАСНІЖЕНИЙ) МАЙДАНЧИК

Посадку з пробігом (по-літаковому) на засніжені майданчики дозволяється виконувати при глибині неутрамбованому снігу до 15 см в тому випадку, коли відсутні перешкоди під снігом.

Посадка з пробігом (по-літаковому) до моменту приземлення виконується як і в звичайних умовах. У момент приземлення на засніжені майданчики переднє колесо опускається швидше, ніж в звичайних умовах, тому що вертоліт гальмується не тільки силою тертя коліс, а й силою, що діє на колеса при продавлюванні снігу.

Разом з тим в момент приземлення сніжна хмара наздоганяє і накриває вертоліт. На пробігу РУ потрібно затримати в тому положенні, в якому вона перебувала в момент приземлення, плавно опустити важіль КРОК-ГАЗ і прибрати корекцію. При цьому колеса шасі вдавлюються в сніг. В результаті неоднакової щільності снігу в різних місцях пробігу можуть з'явитися поперечні або шляхові коливання. Зі зменшенням потужності двигунів і швидкості пробігу видимість поліпшується і напрямом можна витримувати, як в звичайних умовах. Заданий напрям руху необхідно зберігати дуже плавним відхиленням педалей, не допускаючи руху вертольоту юзом, тому що в цьому випадку з'являється небезпека виникнення перекидальних моментів.

ХАРАКТЕРНІ ПОМИЛКИ :

1. Різке збільшення загального кроку несучого гвинта при відриві і вертикальному наборі висоти. Причинами такої помилки є неврахування приємності двигунів і прагнення пілота швидше виконати зліт. При цьому відхилення важеля КРОК-ГАЗ проводиться з темпом менше 5 с., що призводить до перетяжеління несучого гвинта, т. ч. зменшення частоти його обертання нижче мінімально допустимої. Вертоліт, відірвавшись від землі і набравши певну висоту, починає зниження. Після цього пілот може допустити не менше небезпечну помилку, прагнучі утримати вертоліт від зниження подальшим збільшенням загального кроку, що призведе до ще більшого зменшення тяги і грубого приземлення. Щоб уникнути перетяжеління несучого гвинта, важіль КРОК-ГАЗ для збільшення потужності двигунів слід відхиляти з темпом не менше 5 с.

2. Зниження вертольоту в момент переходу з висіння на розгін швидкості

при зльоті по-вертолітному. Причиною помилки може бути неправильна оцінка злітних можливостей вертольоту при виконанні контрольного висіння або надмірно довге і різке по темпу переміщення ручки управління вперед для переведу вертольоту на поступальний рух. В цьому випадку зниження вертольоту відбувається з низько опущеною носовою частиною, що може привести до удару передніми колесами об землю. Особливу небезпеку ця помилка представляє при зльоті на завантаженому вертольоті.

3. Наявність бокового зміщення при зльоті по-літаковому з розгоном на носовому колесі. Дана помилка може привести до поломки стійки передніх коліс. Для виключення помилки необхідно перед зльотом попереду вертольоту намітити орієнтир і строго по ньому витримувати напрямок зльоту.

4. Невитримування заданого напрямку в процесі розгону швидкості. Помилка може бути допущена як при зльоті по-вертолітному, так і при зльоті з пробігом (по-літаковому). Основною її причиною є несвоєчасне реагування пілота на тенденції вертольоту до розворотів і нахилу, які з'являються внаслідок наступаючого розбалансування в міру зміни загального кроку несучого гвинта і швидкості польоту. Особливо помітна тенденція до нахилу і розвороту вправо, коли вертоліт досягає швидкості 60 - 70 км / г. Відхилення від заданого напрямку польоту, що з'являються під час розгону, усувати координованими відхиленнями ручки управління і педалей. Крім того, при зльоті з боковим вітром необхідно боротися зі знесенням.